

331413



PATENTE DE INVENCION

=====  
Case No. M-54303  
=====

*Memoria Descriptiva*

*sobre*

" Perfeccionamientos en servosistemas".

..=..=..=..=.

*Solicitante:*

UNITED STATES STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residente en 525 William Penn Place, Pittsburgh Estado de Pensilvania, EE.UU. de A.

..=..=..=..=.

Esta invención se relaciona en general con un sistema de servocontrol y mas particularmente con un controlador enteramente eléctrico para su uso con sistemas que tienen tiempos de respuesta relativamente largos.

5.



Es extremadamente común en muchos tipos diferentes de sistemas de tratamiento y producción, controlar los parámetros de operación de estos sistemas por medio de válvulas. Por ejemplo, en la fundición continua de acero, la temperatura de la fundición se controla mediante el ritmo de flujo de agua pulverizada sobre la pieza de fundición al retirarse ésta del molde. El ritmo de flujo (medido por la presión en la tobera de pulverización) se desvía del deseado y entonces se produce una señal de error que puede usarse para iniciar el funcionamiento de un controlador que a su vez determina la posición de la válvula y cambia así el ritmo de flujo del agua a fin de llevar la señal de error a un valor mínimo. Cuando se reduce al mínimo la señal de error, se pulveriza el agua sobre la pieza de fundición al ritmo deseado.

En muchas aplicaciones industriales se emplea un control por válvula neumáticas. Cuando el error en la característica de operación que se está controlando finalmente está representado por la magnitud de una señal eléctrica, resulta necesario convertir la señal de error en una señal de control neumático. Esta conversión requiere un transdador. Además, cualquier sistema que tenga un sistema neumático junto con un sistema eléctrico requiere dos tipos enteramente diferentes de suministros de energía.

En consecuencia, es uno de los fines de esta invención proporcionar un sistema de control enteramente eléctrico a fin de reducir la complejidad y gasto de un sistema de control eléctrico-neumático.



- Por regla general, los controladores eléctricos que pueden emplearse son dispositivos costosos que no solo dan lugar a un gran gasto inicial, sino que además requieren un grado indeseable de mantenimiento. Los
5. conocidos accionadores de válvulas eléctricas incorporan un servomotor para accionar la válvula y un tren de engranajes bastante largo a fin de reducir la velocidad del servomotor a las velocidades relativamente bajas requeridas a fin de efectuar un control efectivo
10. sobre la posición de la válvula. Tales servosistemas generalmente oscilan alrededor de puntos particulares. En los puntos donde se produce la oscilación hay una tendencia a un desgaste localizado de los engranajes del
15. tren de ellos y por consiguiente surge un problema de mantenimiento.

- En consecuencia, otra finalidad principal de esta invención es proporcionar un controlador enteramente eléctrico que evite la incorporación de un servomotor o de un tren de engranajes en aplicaciones en las
20. que la válvula puede colocarse mediante conexión directa a un motor reversible a baja velocidad.

- Otra finalidad de la invención, es proporcionar los principales objetos antes mencionados en una versión y disposición que reduzca al mínimo el gasto el mantenimiento y al mismo tiempo proporcione un alto grado de
25. precisión en el control.

- Como se verá por la detallada descripción de la invención, otra finalidad de la misma es proporcionar un diseño de controlador que pueda adaptarse fácilmente al control de sistemas operantes que poseen
- 30.



una amplia variedad de tiempos de respuesta, así como una gran variedad de características de respuesta.

- Resumiendo, esta invención implica el empleo de un control de tipo "conexión-desconexión" que posea un área de banda muerta dentro de la cual las señales de error no inician una acción de control. Específicamente, las señales de error inferiores a un nivel de magnitud absoluta y predeterminada dejarán de iniciar una acción de control, sirviendo así para evitar problemas de oscilación y estabilidad.
- 5.
- 10.

- Se emplea un amplificador magnético biestable adecuadamente polarizado para responder a la señal de error, proporcionando esta una salida de señal de control cuando la señal de error tiene una magnitud absoluta superior al valor predeterminado. La salida del amplificador magnético activa entonces un relé que completa un circuito con un motor reversible que ajusta luego la posición del vástago valvular.
- 15.

- Se incorpora un medio para tener en cuenta el lapso de tiempo transcurrido entre el momento en que se alcanza la deseada posición de la válvula y el momento en que la señal de error desciende dentro de la banda muerta. Después de hacerse efectiva la señal de corrección se impone una corriente neutralizadora sobre el secundario del amplificador magnético. La corriente neutralizadora establece un contraflujo que desconecta al amplificador magnético antes de que la señal de error haya descendido dentro de la banda muerta y así "anticipa" la respuesta del sistema a la señal correctora.
- 20.
- 25.
- 30.



Otros objetos y ventajas de esta invención resultarán evidentes con la siguiente descripción detallada y con los dibujos adjuntos, que la ilustran a modo de ejemplo.

5. La figura 1 es un diagrama en bloque de un sistema que emplea el controlador de esta invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de una primera versión del controlador de esta invención.

10. La figura 3 es un diagrama esquemático de una segunda versión del controlador de esta invención; y

La figura 4 es un diagrama esquemático de una tercera versión del controlador de esta invención.

15. La figura 1 ilustra el servosistema 10 dentro del cual funciona el controlador 12 de la invención. Será conveniente al exponer el funcionamiento del circuito del servomecanismo 10 considerar el sistema controlado 14 como un sistema pulverizador de agua refrigerante a utilizar con un procedimiento de fundición continua. Los pulverizadores de agua, como es bien sabido, se

20. emplean para enfriar la pieza de fundición parcialmente solidificada. Un transductor 16, que en este caso pudiera ser un transductor de presión en el colector de pulverización de agua, proporciona una señal eléctrica  $E_0$

25. que tiene una magnitud que es función de la presión del agua en el colector. El operario establece una señal eléctrica  $E_d$  para igualar la de salida del transductor 16, que se obtendría cuando la presión del agua en el sistema controlado 14 sea exactamente de la magnitud deseada.

30. La señal  $E_d$  que representa una deseada presión del agua,

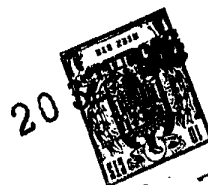


se compara con la señal  $E_o$ , que representa la presión efectiva del agua, mediante un circuito comparador 18 para proporcionar una salida eléctrica de señal de error  $E_e$ . La red 18 del comparador puede ser de cualquier tipo de los conocidos, tal como un circuito de puente.

La señal de error  $E_e$  acciona al controlador 12 para proporcionar al motor 20 una señal de control  $E_c$  cuya duración y polaridad es función de la magnitud y polaridad de la señal de error  $E_e$ . La señal  $E_c$  de control del motor difiere de la señal de error  $E_e$  por lo menos en tres aspectos.

En primer lugar, la señal  $E_c$  de control del motor, cuando se encuentra en conexión, no es más que la entrada de energía a un motor 20 que puede ser un motor reversible a baja velocidad; así, la señal de control  $E_c$  no varía en magnitud, como lo hace la señal de error  $E_e$ . Sin embargo, la señal de control  $E_c$  cambia de fase o polaridad cuando la señal de error  $E_e$  cambia de polaridad, de manera que el motor 20 invertirá su dirección para ajustar a la válvula 22 en la dirección adecuada. Además, el controlador 12 responde a la señal de error  $E_e$  de tal manera que proporcione una señal de control  $E_c$  cuya duración sea función de la magnitud de la señal de error  $E_e$ . Así, cuanto mayor sea la señal de error  $E_e$  más tiempo estará conectado el motor 20 y mayor será el ajuste de la válvula 22.

El segundo aspecto en el que la señal de control  $E_c$  difiere de la señal de error  $E_e$  consiste en que no hay ninguna señal de control  $E_c$  cuando la señal de



error  $E_e$  es inferior a una magnitud absoluta, predeterminada. Así, se crea una banda muerta alrededor del cero, de manera que pequeñas señales de error  $E_e$  no generen una señal de control  $E_c$ .

5. Un tercer aspecto en el que la señal de control  $E_c$  difiere de la señal de error  $E_e$  consiste en que no coinciden en el tiempo. La señal de control  $E_c$  corta bastante antes de que la señal de error  $E_e$  descienda a la banda muerta, a fin de evitar una sobre-corrección.
10. Se muestran tres versiones de un controlador 12 que proporciona una señal de control  $E_c$  que tiene la relación antes indicada con la señal de error  $E_e$ .
15. Como se verá al examinar las figuras 2 a 4, el diagrama en bloques de la figura 1 en cierto modo una supersimplificación. El controlador 12 proporciona una señal  $E_c$  que cierra a uno de dos contactos de relé 35a ó 36a con el motor 20. El contacto de relé que se cierra determina la fase relativa de las corrientes en dos devanados 21 y así determina la dirección en que se
20. hará girar al motor 20. La señal de control  $E_c$  tiene una magnitud absoluta constante, una polaridad que es función de la polaridad de la señal de error  $E_e$ , una duración que, como se explicará, es función de la magnitud de la señal de error  $E_e$ . Se comprenderá igualmente que la válvula 22 y el transductor 16 son partes
25. integrantes del sistema controlado 14, pero están separados en la figura 1 a efectos del diagrama en bloque, con el fin de hacer mas clara la secuencia de fenómenos. Así, se comprenderá que la figura 1 es simplemente una
30. primera aproximación al sistema de esta invención.



En la versión de la figura 2, dos amplificadores magnéticos biestables separados 30 y 31 se acoplan a la señal de error  $E_e$  a través de sus respectivos devanados de control 32 y 33. La señal de error  $E_e$  es una señal de corriente continua que, cuando tiene una primera polaridad, tiende a conectar el amplificador magnético 30 y cuando tiene una segunda polaridad tiende a conectar el amplificador magnético 31. La dirección de flujo que tiende a conectar el particular amplificador magnético 30 ó 31 se indica mediante una flecha.  $E_e$  es una señal de error cuya polaridad depende de que la presión del agua sea demasiado elevada o no suficientemente elevada. Cuando la presión del agua no es suficientemente elevada, la señal de error  $E_e$  tendrá una polaridad tal que conectará al amplificador magnético 31 para activar al relé de demora ajustable 36. Cuando la presión del agua es demasiado elevada, la señal de error  $E_e$  tendrá una polaridad tal que tenderá a conectar el amplificador magnético 30 que a su vez activará al relé de demora ajustable 35.

Una banda muerta alrededor de una señal de error de magnitud cero es deseable para evitar oscilación y cálculo largo. Esta banda muerta se obtiene mediante la señal polarizante  $E_d$  y puede cambiarse mediante un ajuste en el reostato ajustable R1. Es normalmente deseable mantener la banda muerta tan pequeña como sea posible, a fin de acentuar la precisión del control.

Si la presión del agua es demasiado elevada, es deseable disminuir tal presión. La señal de error  $E_e$



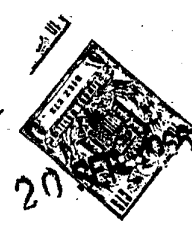
5. 'conectará al amplificador magnético 30 que proporcionará una salida que conecte al relé de demora ajustable 35. Cuando se conecta este relé 35, se cierran los contactos 35a para dar corriente al motor reversible 20 causando su rotación en una dirección que ajuste la válvula de control 22 de manera que se disminuya la presión del agua.

10. Sin embargo, si la presión del agua no es suficientemente elevada, es entonces deseable incrementarla. Bajo tal condición, la señal de error  $E_e$  tendrá una polaridad tal que conecte al amplificador magnético 31 para proporcionar una salida que conecte al relé de demora ajustable 36. Con este relé 36 conectado, los contactos 36a normalmente abiertos se cierran dando corriente al motor 20 para causar su rotación en una dirección que ajuste a la válvula de control a fin de incrementar la presión del agua.

20. Uno de los problemas relacionados con un sistema de control del tipo hasta ahora descrito en relación con la figura 2, consiste en que la presión del agua no cambia instantáneamente en respuesta a un cambio en la posición de la válvula 22. Así, es necesario incorporar en el sistema eléctrico ciertas demoras de avances temporales para acoplarlas al tiempo de ajuste ( a veces denominado tiempo de respuesta) del sistema controlado. Si la presión del agua es demasiado elevada, de manera que el relé 35 se conecte causando la rotación del vástago valvular en una dirección de disminución de la presión, es deseable interrumpir el

25.

30. ajuste del vástago valvular en algún punto anterior



- al momento en que la presión alcance la magnitud deseada y mantener al vástago en posición hasta que el sistema se ajuste. Surge un problema por el hecho de que la requerida posición de la válvula se habrá conseguido en un momento antes de que la presión del agua sea reducida a la magnitud deseada, puesto que se invertirá un tiempo considerable en la disminución de la presión del agua en respuesta a un cambio en la posición de la válvula. Esta desconexión adelantada y mantenimiento se consiguen, en la figura 2, mediante una combinación de una corriente continua neutralizadora dirigida desde los terminales 39A a través del devanado de control 37 para desarrollar un contraflujo que desconecte al amplificador magnético 30 cuando la señal de error  $E_e$  desciende a un nivel predeterminado, y el aspecto de demora del relé 35, que asegura que el periodo de tiempo entre sucesivas señales de corrección  $E_e$  será por lo menos igual al tiempo de ajuste del sistema controlado.
- 5.
- 10.
- 15.
20. La magnitud de la corriente continua de "desconexión" y por consiguiente del contraflujo, se controla mediante el ajuste del reostato R2 de manera que se desconecte al amplificador magnético 30 cuando la señal de error  $E_e$  ha descendido a una magnitud predeterminada fuera de la región de la banda muerta. La magnitud predeterminada de  $E_e$ , con que la corriente neutralizadora causa la desconexión del amplificador 30, es seleccionada de manera, que sea tal, que la corrección de la posición de la válvula 22 se efectúe normalmente en una operación del motor y por consi-
- 25.
- 30.



5. guiente con un cambio escalonado grande en  $E_e$ . Si el error inicial es suficientemente pequeño para la señal de error  $E_e$  desarrollada sea inferior a esta magnitud predeterminada de  $E_e$ , entonces el controlador hará que el motor 20 gire a pequeños saltos hasta que el error descienda dentro de la banda muerta. Estos pequeños saltos ocurrirán porque se produce una inevitable demora en la respuesta a la desconexión del amplificador magnético 30 y del relé 35. Puede ser incluso deseable, bajo ciertas circunstancias, seleccionar unos componentes que aseguren una corta demora de desconexión.

10. Como la desconexión adelantada del amplificador magnético 30 tendrá por resultado un desequilibrio en el sistema, de tal manera que continuará obteniéndose un voltaje de error  $E_e$  hasta que haya transcurrido el tiempo de ajuste, resulta necesario incluir determinada técnica que impida conectarse al relé 35 de nuevo durante el periodo de tiempo de ajuste. Es por esta razón que el relé 35 es un relé de demora. Se ajusta de manera que tenga una demora, antes de conectarse, ligeramente superior al tiempo de ajuste. Después de que el amplificador magnético 30 es desconectado, continuará habiendo una señal de error  $E_e$  suficientemente grande para conectar de nuevo al amplificador magnético 30. Pero, como el relé 15. 20. 25. 30. 35 tiene una demora incorporada, tal relé no se conectará hasta después de que el sistema haya tenido suficiente tiempo para alcanzar su punto de ajuste. Si el ajuste de la válvula 22 ha sido adecuado, entonces la señal de error  $E_e$  descenderá a un punto en el que el sistema queda dentro de la banda muerta y el relé de demora 35 no



5. se conectará entonces, puesto que el amplificador magnético habrá sido desconectado en virtud del descenso en la magnitud de  $E_e$ . Sin embargo, si el ajuste no ha sido suficientemente, entonces permanecerá una señal de error  $E_e$  que causará la repetición del ciclo u operación.

10. En relación con el amplificador magnético 31 se establece una disposición completamente similar, que implica la aplicación de una corriente continua desde los terminales 39B, que tienen una adecuada polaridad, a través de un reostato de ajuste R3 y de un contacto normalmente abierto 36B, al devanado de control 38, a fin de establecer un contraflujo deseado, y una demora en el relé 36. Por regla general, la demora establecida para el relé 36 de demora ajustable será igual  
15. a la del relé de demora 35. Sin embargo, es concebible que en ciertos sistemas controlados el tiempo de ajuste de un incremento en la presión del agua sea diferente al tiempo de ajuste en una disminución de la presión.  
20. Esto exige diferentes ajustes para la demora en los dos relé 35 y 36.

25. Se incluye la red del condensador C1 y del reostato R4 en la entrada a los devanados 21 del motor 20 para proporcionar el adecuado ajuste de fase para causar la inversión del motor 20 en respuesta al cierre del contacto adecuado 35a ó 36a.

30. La figura 3 es una ilustración esquemática de una segunda versión de la invención. En la citada figura, la señal de error  $E_e$  alimenta a los devanados de control 42 y 43 de dos amplificadores magnéticos bies-

20 SEP  


5. tables separados 40 y 41. El amplificador magnético 40 se conecta en respuesta a una señal de error  $E_e$ , de una polaridad que represente una presión demasiado elevada, y cuando se conecta proporciona una salida que activa al relé 45. Este relé, cuando es activando, causa el cierre de su contacto 45a, causando así la rotación del motor 20 en una dirección que cierra a la válvula 22. Como resultado, disminuye la presión del agua. Esta disminución en la presión del agua tiene por resultado una reducción en la magnitud de la señal de error  $E_e$ , que desconecta finalmente al amplificador magnético 40.

15. El amplificador magnético 41 está dispuesto de manera que se conecte en respuesta a una señal de error  $E_e$  de una polaridad opuesta a la que tiende a conectar al amplificador magnético 40. Así, el amplificador 41 se conecta y el relé 46 se activa cuando se desea incrementar la presión del agua. Cuando se activa el relé 46, que está conectado a través de la salida del amplificador magnético 41, su contacto 46a se cierra, causando así el giro del motor 20 en una dirección que tiende a abrir la válvula 22, objeto de control.

25. En la figura 3, los medios destinados a compensar el lento tiempo de respuesta del sistema controlado incluyen un contraflujo establecido por una corriente continua para causar la desconexión de los amplificadores magnéticos 40 y 41 cuando la señal de error  $E_e$  desciende a un valor predeterminado, y (2)  
30. una red RC o de resistencia-capacitancia, acoplada a



cada uno de los amplificadores magnéticos 40 y 41, poseyendo además una constante temporal que coincide, sustancialmente con la constante del tiempo de ajuste del sistema controlado.

5. Como se ha explicado en relación con la versión de la figura 2, habrá un lapso considerable entre la aplicación de una señal de corrección adecuada para llevar al motor a una posición deseada y el cambio deseado en la presión del agua. Aunque un cambio determinado en la posición de la válvula tendrá por resultado un correspondiente cambio de presión, este último no ocurrirá inmediatamente sino que requerirá cierto periodo de tiempo. Así, ha de detenerse el motor
10. 20 antes de que la señal de error  $E_e$  haya descendido dentro de la región de su banda muerta, a fin de evitar una sobre-corrección. El contraflujo, causa el cese de la corrección del motor 20 a una señal de error  $E_e$  que tenga una magnitud predeterminada fuera de la región de la banda muerta, cuya magnitud predeterminada es seleccionada como se describe en relación con la figura 2.

15. Además, es importante que el motor 20 no sea conectado de nuevo hasta después que ha pasado el tiempo de ajuste del sistema. En la figura 3, la constante temporal RC asegura este resultado de la manera
20. seguidamente descrita.

25. Cuando se activa el relé 45 (al haberse conectado el amplificador magnético 40) el contacto de relé 45B se cierra, de manera que la corriente
30. continua de los terminales 49A fluye a través del



devanado de control 47 del amplificador magnético 40 en una dirección que tiende a desconectar al amplificador magnético citado. La magnitud de la corriente continua que fluye a través del devanado secundario 47 es controlada mediante ajuste del reostato R5 de manera que el amplificador magnético 40 no sea desconectado hasta que la magnitud absoluta de la señal de error  $E_e$  desciende por debajo de un valor predeterminado. El reostato variable R5 se ajusta para controlar el nivel de la corriente neutralizadora, productora de contraflujo, y permitir así el control sobre el valor de  $E_e$  a que el amplificador magnético 40 pasará a su estado desconectado.

Una vez que el amplificador magnético 40 se desconecta, el relé 45 se desactivará y el contacto 45b se abrirá, de manera que dejará de fluir corriente desde los terminales 49A. Como la señal de error  $E_e$  se encuentra en un valor predeterminado fuera de su banda muerta, la señal citada tiene una magnitud suficiente para conectar normalmente de nuevo al amplificador magnético 40. Sin embargo, se ha acumulado una carga a través de un condensador C2 durante el periodo de tiempo anterior a la desconexión del amplificador 40 y esta carga es descargada a través del devanado secundario 47, como corriente que tiende a oponerse al efecto de la señal de error  $E_e$  y mantener así al amplificador magnético 40 en estado desconectado.

Específicamente, la corriente en el devanado 47 disminuirá a cero exponencialmente, determinado



- por la constante temporal  $\frac{(R5) (R6) (C2)}{R5 + R6}$ . Simultáneamente, la magnitud de la señal de error  $E_e$  disminuirá exponencialmente de acuerdo con la constante temporal del sistema controlado. Mediante un adecuado ajuste del reostato R6, la constante temporal de la caída de corriente en el devanado secundario 47 puede equipararse con la constante temporal de ajuste del sistema controlado y compensar así adecuadamente el lapso de tiempo en dicho sistema.
- 5.
10. Se ilustra una disposición enteramente similar en relación con el amplificador magnético 41, en el que la constante temporal de la decaída de corriente a través del devanado secundario 48, cuando se desconecta el amplificador magnético 41, se equipara con la constante temporal del sistema controlado, mediante ajuste del reostato R9. El reostato R8 realiza la misma función que el reostato R5 y sirve para ajustar el nivel de la corriente continua productora de contraflujo de los terminales 49B a cualquier magnitud que se requiera para causar la desconexión del amplificador magnético cuando la señal de error  $E_e$  desciende por debajo de una deseada magnitud absoluta predeterminada.
- 15.
20. Los reostatos R7 y R10 proporcionan una orden de ajuste de magnitud de la corriente neutralizadora en los devanados 47 y 48, respectivamente, cuando se cierran los contactos de relé 45b ó 46b.
25. Como los reostatos R6 y R9 son sustancialmente menores que los R5 y R8, respectivamente, la constante temporal de decaimiento es sustancialmente de  $(R6) (C2)$  y  $(R9) (C3)$ , respectivamente. Las constantes tem-
- 30.



porales de decaimiento se hacen entonces esencialmente iguales a las constantes temporales del sistema controlado, mediante ajuste en los reostatos R6 y R9. Por regla general, el tiempo de respuesta del sistema a un determinado incremento en la variable controlada puede diferir del tiempo de respuesta del sistema a una determinada disminución en la variable controlada y así, bajo ciertas circunstancias, pudiera ser necesario ajustar la constante temporal (R6) (C2) a un valor diferente al de la constante temporal (R9) (C3).

Así, puede verse que los condensadores C2 y C3 de la versión de la figura 3 realizan sustancialmente la misma función que la demora temporal en los relés 35 y 36 de la versión de la figura 2. Esta función consiste en evitar que el motor 20 sea puesto en funcionamiento de nuevo hasta después de haber pasado el tiempo de ajuste del sistema.

Si la presión del sistema controlado respondiese instantáneamente a cambios en la posición de la válvula, entonces el motor, un dispositivo de velocidad constante, cambiaría la presión a un ritmo constante S al activarse. Sin embargo, la presión en un sistema controlado que exhibe una respuesta esencialmente de primer orden, retrasará al motor en una proporción igual a ST, donde T es la constante temporal del sistema controlado. Por consiguiente, si R5 y R8 se ajustan de manera que los amperios-vueltas de los devanados 47 ó 48 (con los contactos 45b ó 46b cerrados) sean equivalentes a los amperios-vueltas debidas a un error  $E_e$  de ST, entonces la respuesta del sistema de control



será esencialmente una corrección de operación simple.

- En la figura 4 se ilustra una tercera versión del sistema. Esta versión tiene particular aplicación al control de sistemas en los que la velocidad de respuesta del sistema es extremadamente baja respecto a la velocidad con que el motor puede ajustar la válvula de control. En la figura 4, se ajusta un relé de demora ajustable 62 de manera que tenga una demora algo mayor que el tiempo de ajuste del sistema controlado.
5. En este sentido, la versión de la figura 4 tiene cierta semejanza con la versión de la figura 2.
- 10.

- Sin embargo, a diferencia de las dos versiones anteriormente descritas, el periodo de tiempo de cada operación de corrección en la figura 4 es mas proporcional a la magnitud de la señal de error  $E_e$  que en el caso de las versiones de las figuras 2 y 3. En las versiones de estas dos figuras, la operación de corrección continua, hasta que la señal de error  $E_e$  ha descendido a cierto valor predeterminado. Este valor predeterminado se fija suficientemente bajo para que la señal de error descienda, dentro de la banda muerta, durante el siguiente periodo de tiempo de ajuste.
- 15.
- 20.
- En contraste, la versión de la figura 4 proporciona una serie de ajuste correctores, siendo cada ajuste proporcional a la magnitud de la señal de error iniciadora.
- 25.

- En su funcionamiento, la versión de la figura 4 opera como sigue. Si la presión del agua resulta demasiado elevada, se genera una señal de error  $E_e$  con una polaridad que conecta al amplificador magnético
- 30.



- biestable 50. La salida de este amplificador activa entonces al relé 55 cerrando los contactos normalmente abiertos 55a, 55b y 55c. El cierre del contacto 55c activa al relé de demora ajustable 62. Sin embargo, el relé de demora 62 tiene un tiempo de arranque demorado, de manera que el contacto normalmente abierto 62a permanece abierto durante un tiempo predeterminado. Aunque el cierre del contacto 55b hace parecer que permite el paso de una corriente neutralizadora a través del devanado de control 57 del amplificador magnético 50 de manera que se desconecte a este último, ello no ocurre inmediatamente, porque el reostato R12 actúa como derivación de corriente. La resistencia de R12 es seleccionada de manera que sea suficientemente inferior a las resistencias de R11 y R14, de manera que el grueso de la corriente suministrada desde los terminales 59A sea derivado a través del reostato R12 y haya un insuficiente paso de corriente neutralizadora a través del devanado secundario 57 para causar la desconexión del amplificador magnético 50.
5. 10. 15. 20.

- Sin embargo, después de que ha pasado el periodo de tiempo predeterminado, establecido por el relé de demora 62, el contacto 62a se cierra y da corriente al motor 20 causando su giro en dirección adecuada para reducir la magnitud de la señal de error  $E_e$ . Al mismo tiempo, se abre el contacto 62b desconectándose así al reostato de derivación R12 y permitiéndose el flujo de suficiente corriente a través del devanado 57 en una dirección que tiende a devolver al amplificador 50 a su estado de "desconexión". El amplificador 50 no
25. 30.



se desconecta inmediatamente porque la subida repentina e inicial de corriente se emplea para cargar el condensador C4. La corriente en el devanado 57 aumenta de acuerdo con una ecuación exponencial que es función de la magnitud del condensador C4, así como de la magnitud de los diversos reostatos empleados en el circuito asociado. La magnitud del reostato R14 (así como la magnitud de la resistencia del propio devanado 57) se selecciona de manera que sea muy pequeña en comparación con la magnitud de los reostatos R11 y R13. Teniendo los reostatos tal relación, la corriente en el devanado 57 puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

15. 
$$i = \frac{V}{K_1} [ 1 - \epsilon^{-K_2 t} ]$$

en la que i es el valor instantáneo de la corriente en el devanado 57 después de abrirse el contacto 62b; V es la magnitud del voltaje en la derivación del reostato 14; K1 es igual a R11 + R13; y K2 es igual a (R11 + R13)/(R11)(R13)(C4).

20. Evidentemente, mediante selección de la derivación en el reostato R14 y mediante selección de los reostatos R11 y R13, así como la selección del condensador C4, no solo puede seleccionarse cualquier constante temporal deseada para regular el ritmo con que asciende la corriente neutralizadora en el devanado 57, sino que además puede controlarse la magnitud a que asciende la corriente neutralizadora en el devanado 57 durante la constante temporal seleccionada.

30. La selección de la magnitud del voltaje V si



- tuando la derivación en el reostato R14 permite al operario un control sobre la magnitud de la corriente neutralizadora en el devanado 57 al cabo de un periodo de tiempo igual a la constante temporal K2 anterior. Además, la selección de la magnitud del condensador C4 y de los reostatos R11 y R13 permite un control sobre la magnitud de la constante temporal K2. De esta manera, el tiempo que invertirá la corriente neutralizadora en aumentar lo suficiente para superar la señal de error y desconectar al amplificador magnético 50, será en parte función de la magnitud de la señal de error  $E_e$ .

- Una vez que la corriente neutralizadora ha aumentado a un punto en el que el amplificador 50 es desconectado y por consiguiente desactivado el relé 55, se abrirá el contacto 55a y se detendrá el motor 20. Como el contacto 55b se abre simultáneamente, la corriente neutralizadora a través del devanado 57 cesará y la señal de error  $E_e$  tenderá a conectar el amplificador 50. Sin embargo, cuando el amplificador 50 se conecta de nuevo y el relé 55 es reactivado, de manera que todos los contactos 55a, 55b y 55c se cierren de nuevo, el motor 20 no será conectado durante un periodo de tiempo por lo menos igual al tiempo predeterminado que ha sido establecido en el relé de demora 62. Esto se debe a que la reactivación del relé 62 por el cierre del contacto 55c no tiene por resultado un cierre del contacto 62a durante este periodo de tiempo predeterminado. La demora temporal establecida en el relé 62 se hace ligeramente mayor que el tiempo de ajuste



te del sistema, de manera que la siguiente acción correctiva se efectúe en respuesta a una señal de error  $E_e$  que represente la condición de estado firme del sistema.

5. Cuando la presión resulta demasiado baja, la operación de la figura 4 es esencialmente similar a la que se acaba de describir, con la excepción de que el amplificador magnético 51 y su relé asociado 56 entran en funcionamiento causando la rotación opuesta del motor 20.

En la práctica,  $RL3$  se hace mucho mas reducido que  $RL1$ , de manera que la corriente en el devanado 57 ó 58, cuando se abren los contactos normalmente cerrados 62b, sea esencialmente:

15.

$$i = \frac{V}{R_{11}} \left[ 1 - \epsilon - \frac{1}{R_{13} C_4} \tau \right]$$

20.  $V$  se elige de tal manera que  $V/RL1$  por el número de vueltas en el devanado 57 ó 58 sea muy superior al número máximo de amperios vueltas que pudiera haber debido a  $E_e$ . Esto asegura que el grado de corrección aplicado por el motor 20 durante cada operación del proceso de corrección esté esencial y linealmente relacionado con la magnitud de la señal de error  $E_e$ .  $RL3$
25. se emplea, conjuntamente con  $C4$ , para ajustar el grado de corrección aplicado al sistema (tiempo de conexión del motor) para una determinada magnitud de la señal de error  $E_e$ . Asimismo, el tiempo de demora del relé 62 se ajusta de modo que sea ligeramente mayor que el tiempo de ajuste del sistema controlado.
- 30.



### DESCRIPCION GENERAL

- Pudiera facilitar la comprensión de la naturaleza de las tres versiones mostradas el comparar brevemente su funcionamiento. Como puede verse por la anterior descripción de las tres versiones, todos los controladores implican esencialmente una técnica para aplicar un contraflujo al flujo que conecta el amplificador magnético, a fin de desconectar a dicho amplificador antes de que la señal de error haya descendido al área de la banda muerta. Pero una vez que el amplificador magnético se ha desconectado, este contraflujo ha de suprimirse con el tiempo para permitir una ulterior respuesta a una señal de error, una vez que el sistema ha respondido a la corrección. En consecuencia, todas las versiones descritas ofrecen algún medio para mantener a los relés accionadores desconectados durante un periodo de tiempo igual al tiempo de ajuste.
- 5.
- 10.
- 15.

- En los tres casos, se incorpora en el sistema una demora anticipadora de manera que después de haberse efectuado una operación correctora, el controlador permanezca desconectado durante un periodo de tiempo que sea por lo menos igual al tiempo de ajuste del sistema. En dos casos (figuras 2 y 4) el periodo de tiempo entre las operaciones correctoras se establece por medio de una demora temporal establecida en los relés de demora. En un caso (figura 3), el periodo de tiempo entre operaciones correctoras se establece por medio de una constante temporal exponencial RC establecida de manera que se equipara a la constante  $\tau$
- 20.
- 25.
- 30.



poral de ajuste del sistema controlado.

5. Dos de las versiones (figuras 2 y 3) causan la aplicación de la operación correctora durante todo el tiempo necesario para descender la señal de error  $E_e$  a un valor predeterminado. A este valor predeterminado de  $E_e$ , el contraflujo que se hace fluir por los devanados de los amplificadores magnéticos implicados desconecta al controlador. La tercera versión (figura
10. 4) causa la aplicación de una acción correctora proporcional; concretamente, el grado de la corrección es función de la señal de error  $E_e$ . En el caso de la figura 4 esta relación se consigue determinando el incremento exponencial del contraflujo en función de una constante temporal RC.
15. Así, las versiones de las figuras 2 y 3 se destinan a proporcionar una acción correctora de operación simple en respuesta a una señal de error de cualquier magnitud. Esta única operación descende la señal de error a un valor predeterminado y luego mantiene al controlador en estado desconectado durante un periodo de
20. tiempo igual al tiempo de ajuste del sistema. Cuando la señal de error iniciadora es inferior al valor predeterminado (cuyo valor predeterminado, según deberá recordarse, está fuera del ámbito de la banda muerta), entonces el periodo de tiempo de cada operación correctora
25. es igual al tiempo invertido en la desconexión de los amplificadores magnéticos y relés implicados. El diseño del controlador de la figura 4 es tal, que se adoptan una serie de operaciones correctoras en respuesta a cualquier
30. señal de error  $E_e$  determinada. Cada operación co-



5. rrectora es proporcional a la magnitud de la señal de error iniciadora y la acción de control global es similar a la de un controlador de datos intermitentes en el que la señal de error es intermitente a intervalos algo superiores al tiempo de ajuste del sistema controlado, aplicándose una acción correctora proporcional cuando sea necesario.

10. El controlador de la figura 3 es particularmente aplicable a sistemas de control que tienen una sola constante temporal de ajuste, cuya constante temporal puede ser aproximadamente equiparada por una constante temporal RC. El controlador de la figura 2 tiene una aplicación mas general y es útil para controlar sistemas que tienen constantes temporales de cualquier orden. El controlador de la figura 4 está particularmente adaptado para controlar sistemas que tienen tiempos de ajustes relativamente largos, como anteriormente se explica.

15. Esta invención ha sido descrita en relación con tres versiones específicas para ofrecer algún concepto del ámbito de aquella. Un experto en el arte podría efectuar otras variaciones, sin apartarse del ámbito de la invención.

- N O T A -

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento correspon-

25.

30.



- de a una solicitud de patente presentada en North America rica con el número Ser. No. 488.851 de 21 de septiembre de 1965, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor,
5. siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por veinte años en España sobre: "PERFECCIONAMIENTOS EN SERVOSISTEMAS", caracterizándose por lo siguiente:
10. 1.-Perfeccionamientos en Servosistemas del tipo en el que un parámetro, por ejemplo el control de una válvula, de un sistema controlado, se controla mediante una señal de error que indica mediante su polaridad y magnitud la dirección y magnitud de desviación de dicho parámetro respecto a una magnitud
15. deseada, en este sistema señales de error situadas fuera de una banda muerta se acopla a un controlador eléctrico que crea una señal de control que causa la rotación de un motor reversible, en una dirección determinada por la polaridad de la señal para disminuir
20. la desviación y por consiguiente la señal de error, caracterizados porque se dispone un controlador que comprende un par de amplificadores magnéticos biestables, que se acoplan a la señal de error por medios que aplican una señal de una polaridad a un amplifi-
25. cador y una señal de la otra polaridad al otro amplificador, una fuente de corriente polarizante suficiente para desconectar cualquiera de dichos amplificadores cuando la citada señal de error tiene una magnitud absoluta inferior a un valor mayor que los valores
30. que definen dicha banda muerta, una fuente de energía



- que se puede conectar al motor para efectuar la rotación en una u otra dirección de acuerdo con la polaridad de las señales de error, dispositivos de relé de demora que reasocian a cada amplificador y reaccionan por una señal de error que se aplica a los mismos, y conexiones que se establecen mediante el accionamiento de un dispositivo de relé de demora y conexión de la fuente de corriente polarizante con los medios acopladores del respectivo amplificador y la fuente de energía con el motor, para una dirección de rotación de este último, que se relaciona dicho amplificador respectivo, inhabilitando los citados dispositivos de relés de demora a dichas conexiones después de un tiempo de operación relacionado con el tiempo o característica de respuesta del control del parámetro.
- 5.
- 10.
- 15.

2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizado porque el tiempo de funcionamiento de los dispositivos de relés de demora es por lo menos igual al lapso de tiempo entre un cambio en la posición del motor y el correspondiente cambio en el valor del parámetro.

20.

3.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye una red de resistencia-capacitancia en circuito con la fuente de corriente polarizante y que responde a su conexión con los medios acopladores del respectivo amplificador, dispuesta dicha red de manera que mantenga al citado amplificador en estado desconectado durante un periodo de tiempo predeterminado después de la corriente polarizante ha pasado al citado amplificador a dicho estado desconecta

25:

30.



do.

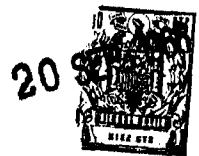
5. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque en la red se incluye un capacitor, disponiéndose de tal forma, que la citada fuente de corriente polarizante, cuando se conecta a un amplificador, carga a dicho condensador, de manera que tras la subsiguiente desconexión de dicha fuente, queda una carga en el referido condensador tendente a mantener al mencionado amplificador en dicho estado desconectado.

10. 5.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 4, caracterizados porque se incluye un reostato variable en paralelo en el citado condensador.

15. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque la constante temporal de la red de resistencia-capacitancia es por lo menos igual al lapso de tiempo entre un cambio en la posición del motor y el consiguiente cambio en la magnitud del parámetro.

20. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el dispositivo de relés de demora comprende un relé de demora asociado a cada amplificador e interruptores normalmente abiertos, cerrados por accionamiento de dichos relés y abiertos al término de la demora temporal, controlando un interruptor la conexión de la fuente de corriente polarizante a los medios acopladores del amplificador, controlando el otro interruptor la conexión del motor a la fuente de energía.

30. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación



- 1, caracterizados porque el dispositivo de relés de demora comprende un par de relés, estando asociado uno de ellos a cada amplificador y cerrando a interruptores normalmente abiertos tras el accionamiento de dicho amplificador por una señal de error, comprendiendo dichos interruptores un primer interruptor en la conexión de la fuente de corriente polarizante al citado amplificador y un segundo interruptor en la conexión del motor a la fuente de energía, y un tercer relé que tiene un tiempo de arranque demorado y es conectable a una fuente de voltaje activadora mediante dispositivo interruptor capaz de ser accionado mediante el funcionamiento de uno u otro de dicho par de relés, y en cuyo sistema se conecta una derivación de corriente, a través de la fuente de corriente polarizante y se dispone de manera que deje insuficiente corriente polarizante para desconectar un amplificador accionado por una señal de error, siendo dicho tercer relé capaz de cambiar el estado de pares de contactos que incluyen un par de contactos normalmente abiertos en serie con el segundo interruptor mencionado, y un segundo par de contactos normalmente cerrados en dicha derivación de corriente.

9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 8, caracterizados porque la derivación de corriente comprende medios de resistencias variables.

10.- Perfeccionamientos según la reivindicación 8, caracterizados porque se incluye un condensador de carga que se conecta a través de la fuente de corriente polarizante y en paralelo con la derivación



de corriente, seleccionándose y disponiéndose dicho condensador para recibir una carga suficiente para conmutar un amplificador en funcionamiento a un estado inactivo tras la apertura del segundo par mencionado de contactos.

5.

11.-" Perfeccionamientos en servosistemas", tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

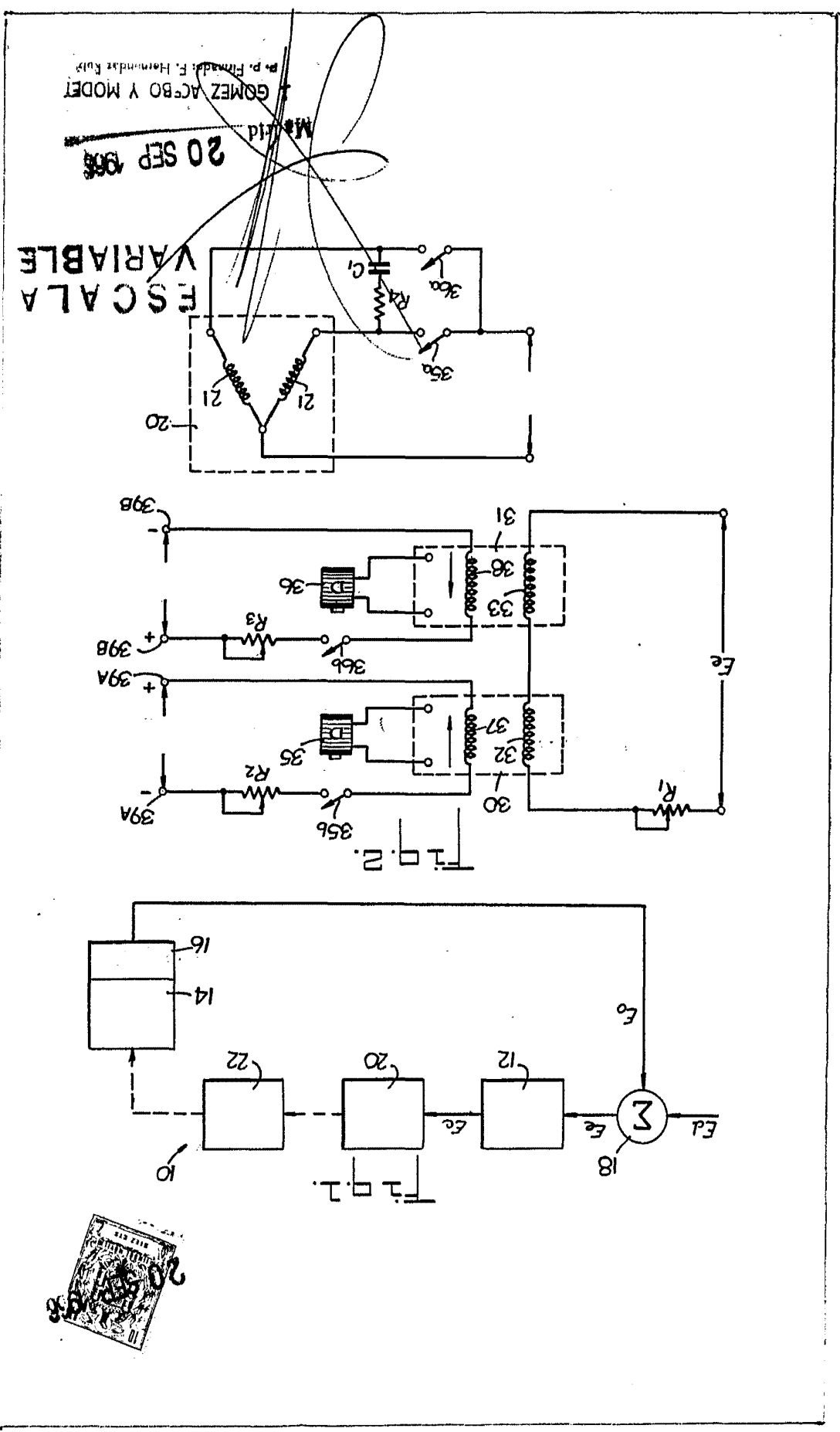
10. Esta Memoria consta de treinta hojas, escritas a máquina por una sola cara.

20 SEP 1936

Madrid,

UNITED STATES STEEL CORPORATION

J. GOMEZ ACEDO Y MODET  
Firmador: F. Hernández Ruiz



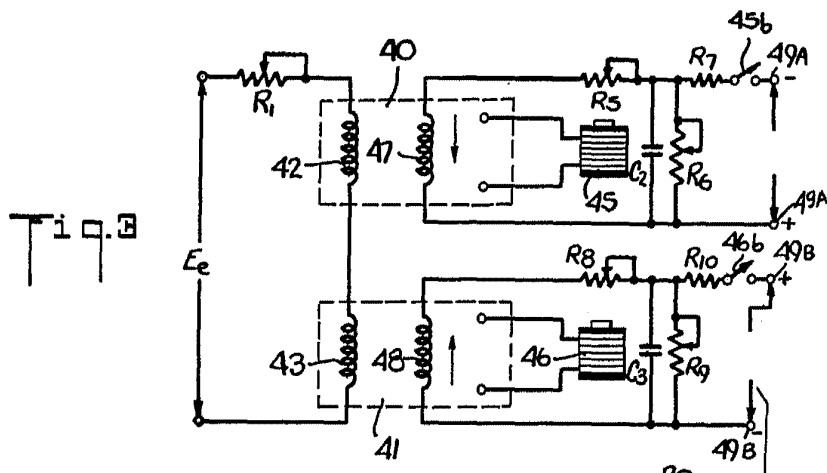
20 SEP 1966  
 M. P. Hernandez F. Hernandez Ruiz  
 GOMEZ ACERO Y MODESTO

ESCALA VARIABLE

T. 1. 2.

T. 2. 1.





# ESCALA VARIABLE

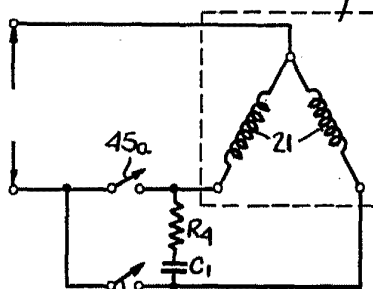
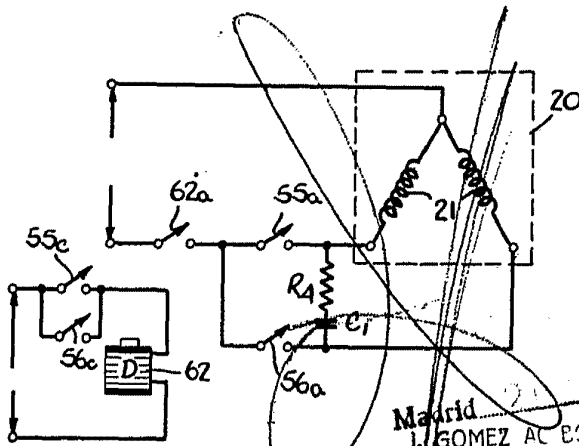
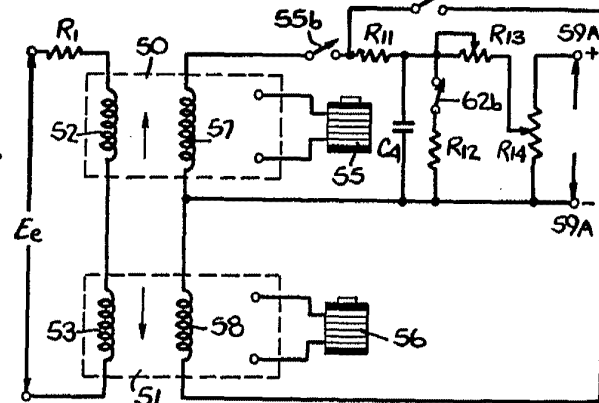


Fig. 4.



Madrid  
 J. GOMEZ ACEDO Y MODEI  
 P. Firmador: F. Hernández Ruiz