

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



(18) ES	(11) NUMERO 456.146	(19) A I
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION 22-2-1977	

PATENTE DE INVENCION

P.- 65.020
PHN 83 13
Spain - HK/MC

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO 76/01844	24-2-76	Holanda

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL H02K	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(64) TITULO DE LA INVENCION
"UN MOTOR DE AVANCE PASO A PASO PERFECCIONADO"

(71) SOLICITANTE (S)
N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

(72) INVENTOR (ES)
Bernardus Henricus Antonius Goddijn

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

1 La presente invención se refiere a un motor -
de avance paso a paso con circuito activador o de suminis-
tro de energía, para la activación paso a paso de dos fa-
ses cada vez, habiéndose adoptado medidas para mejorar --
5 el amortiguamiento del movimiento del rotor en torno (a -
uno y otro lado) de la posición de equilibrio que corres-
ponde a la condición de activación pertinente.

10 La publicación periódica "Proceedings of the -
IEE" ("Actas del Instituto de Ingenieros Electricistas"),
vol. 122, nº 8, Agosto 1975, págs. 819...824 contiene un
artículo de A. Hughes y P.J. Laurenson en el cual se des-
cribe el amortiguamiento electromagnético para motores de
15 avance paso a paso. (En el) se pone de manifiesto que las
propiedades de amortiguamiento del motor pueden mejorarse
mediante una adaptación de parámetros del motor tales co-
mo la resistencia y la autoinducción de los arrollamientos
de fase.

20 En general, la adaptación de los parámetros de
motor en beneficio de las propiedades de amortiguamiento
no constituye una solución interesante, porque hay otras
propiedades del motor que vienen determinadas también por
estos parámetros. En el caso de los motores de avance pa-
25 so a paso que reciben energía de una fuente con resisten-
cia interna relativamente alta respecto a la impedancia -
de los arrollamientos de fase, lo cual es ventajoso en re-
lación con la máxima frecuencia de avance paso a paso al-
canzable, esto tiene incluso poco efecto.

30 Es objeto de la presente invención un método -

de amortiguamiento para motores de avance paso a paso acti-
vados por corriente, que no requiere adaptación alguna de
los motores; y la invención se caracteriza por el hecho de
que el circuito de activación comprende unas fuentes, de
resistencia interna relativamente elevada respecto a los
arrollamientos de fase, para suministrar corrientes activa-
doras a las dos fases que se van a activar, y una malla de
circuito activa para generar dos corrientes que están sus-
tancialmente en oposición de fase y cuya intensidad es fun-
ción de la diferencia entre las tensiones que hay en las
dos fases; corrientes éstas que se hallan en mutua oposi-
ción de fase y pueden aplicarse cada una a uno de los arro-
llamientos de fase, de tal manera que el movimiento del ro-
tor se amortigua activamente.

El circuito de activación para un motor de
avance paso a paso del tipo arriba citado se caracteriza
por comprender unos terminales de conexión primero y segun-
do a los cuales es posible conectar los arrollamientos de
fase que se van a excitar o activar, y una malla de circui-
to activa para generar dos corrientes que están sustancial-
mente en oposición de fase y cuya intensidad es función de
la diferencia (existente) entre las tensiones presentes en
los dos terminales de conexión, disponiéndose de estas dos
corrientes, que están en mutua oposición de fase, en los
terminales de conexión.

La invención se basa en el reconocimiento del
hecho de que, en el caso de los motores de avance paso a
paso activados en dos fases la diferencia entre las tensio-
nes que hay en las fases activadas da la medida del desvío
o apartamiento del rotor respecto a su posición de equili-

brio; y de que, con arreglo a una función adecuadamente seleccionada, es posible derivar de dicha diferencia unas corrientes que pueden ser aplicadas a las fases con el fin de ejercer una fuerza adicional de amortiguamiento sobre el rotor.

Respecto a la malla de circuito activa, es ventajoso, con arreglo a otro rasgo característico de la invención, que la malla de circuito activa comprenda: un convertidor de tensión en corriente, con una entrada y una salida, siendo la relación entre la tensión U aplicada a la entrada y la corriente I obtenida a la salida la que se deriva de la expresión $U = ZI$, en la que Z es una impedancia con un argumento comprendido entre -90° y $+180^\circ$; unos primeros medios para derivar la tensión U de entrada sustancialmente en fase con la diferencia $U_1 - U_2$ existente entre la tensión U_1 presente en uno (primero) de los arrollamientos de fase y la tensión U_2 presente en el otro arrollamiento de fase; y unos segundos medios para suministrar al primer devanado de fase una corriente que esté sustancialmente en fase con la corriente de salida I , y al otro devanado de fase una corriente que esté sustancialmente en oposición de fase con la misma.

Una forma de ejecución adecuada de dicho convertidor de tensión en corriente se caracteriza por el hecho de que el convertidor de tensión en corriente incluye un amplificador con una entrada inversora y una entrada no inversora, al cual se aplica la tensión U como tensión diferencia (diferencia de tensiones), y con una salida que va conectada a un punto de tensión fija, por medio de una impedancia que corresponde a la impedancia Z .

Otra forma de ejecución con arreglo al presente invento es la caracterizada por el hecho de que las fuentes para suministrar las corrientes de activación comprenden un primer amplificador y un segundo amplificador a cuyas entradas se aplica una señal de referencia y cuyas salidas se llevan a los arrollamientos de fase primero y segundo, respectivamente, recibiendo los dos amplificadores una retroacción o realimentación negativa por unos medios que detectan las corrientes que hay en dichos arrollamientos; de que los primeros medios para derivar la tensión U comprenden un acoplamiento entre la salida del primer amplificador y la entrada no inversora del amplificador diferencial, y un acoplamiento entre la salida del segundo amplificador y la entrada inversora del amplificador diferencial; y de que los segundos medios para suministrar la corriente I comprenden un circuito de realimentación positiva entre un detector de corriente, que detecta la intensidad de corriente que recorre dicha impedancia, y el primer amplificador, y un circuito de realimentación negativa entre dicho detector de corriente y el segundo amplificador.

La invención se describirá con mayor detalle haciendo referencia al dibujo adjunto, en el cual:

- la figura 1 representa esquemáticamente dos arrollamientos de fase con unas fuentes de corriente, de modo que definen las tensiones y corrientes;

- la figura 2 es un esquema de circuitos de un motor de avance paso a paso con circuito de activación conforme al presente invento; y

- la figura 3 es una forma de ejecución de un circuito activador conforme al presente invento.

La invención es aplicable a todo tipo de motor electromecánico de avance paso a paso, adecuado para su activación en dos fases. Además, el método de avance paso a paso del motor es indiferente para la invención. Con el fin de ilustrar esta invención, se describirá tan solo aquella parte del circuito activador que entre en acción durante la activación de dos fases concretas y específicas.

La fig. 1 muestra dos bobinas 1 y 2 correspondientes a dos fases activadas. Las bobinas pueden ser unas bobinas de estator, o bien unas bobinas de rotor. Las bobinas 1 y 2 se activan o excitan desde unas fuentes de corriente 3 y 4, respectivamente. La fuente de corriente 3 lleva una corriente I_1 , y la fuente de corriente 4 una corriente I_2 . La corriente I_1 produce una tensión U_1 en bornes de la bobina 1, y la corriente I_2 produce una tensión U_2 en bornes de la bobina 2. Las diversas tensiones y corrientes están siempre definidas con respecto al sentido de las corrientes de excitación, de modo que el sentido de arrollamiento de las bobinas es indiferente para los cálculos.

Las fuentes de corrientes 3 y 4 llevan unas corrientes, I_1 e I_2 respectivamente, que satisfacen las ecuaciones siguientes:

$$I_1 = I_0 + I ; \quad I_2 = I_0 - I , \quad (1)$$

en las que I_0 son las corrientes de excitación o activación e I las corrientes que determinan el amortiguamiento. La corriente I se deriva de las tensiones presentes en las bobinas 1 y 2, con arreglo a la función:

$$U_1 - U_2 = IR + L(dI/dt) = ZI , \quad (2)$$

donde R es una cantidad óhmica, L un coeficiente de auto-

inducción y dI/dt la primera derivada respecto al tiempo. Si, por medio de estas expresiones para las corrientes I_1 e I_2 , se calculan las propiedades de amortiguamiento del motor, se encuentra que estas propiedades de amortiguamiento pueden llevarse a un punto óptimo mediante la elección adecuada de los parámetros L y R . Con el fin de evitar síntomas de producción de resonancia, la cantidad R ha de ser siempre menor que la suma de las resistencias internas de las dos bobinas excitadas. Los valores óptimos para R y L , para cada tipo de motor, pueden determinarse tanto empíricamente como teóricamente.

La impedancia Z que define la relación existente entre $U_1 - U_2$ e I ha de tener un carácter sustancialmente inductivo. En el caso de motores en los que la autoinducción sea relativamente alta y la resistencia interna relativamente baja, la cantidad L debe ser positiva y la cantidad R , siempre que sea relativamente pequeña, no es crítica e incluso puede ser negativa. En el caso de motores de una autoinducción relativamente baja y una resistencia interna relativamente alta, tales como los motores de un arrollamiento de rotor autoportante, R ha de ser positiva y la cantidad L , siempre y cuando sea relativamente pequeña, no es crítica e incluso puede ser negativa. Por lo tanto, puede suponerse que el argumento para la impedancia Z se halla comprendido entre -90° y $+180^\circ$.

La fig. 2 muestra un esquema de principio de un circuito de activación conforme al presente invento. Los arrollamientos de fase 1 y 2 están alimentados con corrientes de excitación I_0 procedentes de unas fuentes 9 y 10 que tienen gran resistencia interna en relación con la impedan-

5
10
cia de los arrollamientos de fase. Entre los puntos de conexión 5 y 7 de los arrollamientos de fase 1 y 2 y las fuentes 9 y 10 de corriente activadora hay incluida una impedancia activa 11 que, según la diferencia de tensión $U_1 - U_2$, genera la corriente I con arreglo a la función deseada. Las corrientes que circulan por los arrollamientos de fase 1 y 2 son, pues, $I_0 + I$ e $I_0 - I$, respectivamente. En principio, ni las corrientes activadoras procedentes de las fuentes 9 y 10 ni las corrientes de amortiguamiento I en los dos arrollamientos de fase, que están en oposición de fase, tienen por qué ser iguales.

15
20
Si uno de los dos arrollamientos está bobinado en oposición con el otro, la corriente activadora para el primero de ellos tendrá, en general, una polaridad opuesta a la polaridad de la corriente activadora para el otro arrollamiento. Lo mismo cabe decir, pues, de las tensiones en bornes de los arrollamientos 1 y 2. Para medir la diferencia de tensión $U_1 - U_2$, pues, no es posible intercalar simplemente una impedancia activa 11 entre los puntos 5 y 7.

25
30
La fig 3 ilustra una forma de ejecución del circuito activador conforme al presente invento. Los arrollamientos de fase 1 y 2 están intercalados, en serie con las resistencias medidoras 12 y 13, respectivamente, entre las salidas de amplificador diferencial K_1 y K_2 , respectivamente, y un punto de potencial fijo que, en el presente caso, es el potencial de masa. Los puntos de conexión 6 y 8 de los arrollamientos de fase 1 y 2 respectivamente, y las resistencias de medición 12 y 13 respectivamente, están conectados por medio de unas resistencias 14 y 15 a las entradas inversoras 16 y 17 de los amplificadores diferenciales

K_1 y K_2 , respectivamente. Estas entradas 15 y 16 van conectadas al punto de potencial fijo por medio de unas resistencias 18 y 19, respectivamente. Las entradas no inversoras 20 y 21 de los amplificadores diferenciales K_1 y K_2 , respectivamente, van conectadas al punto de potencial fijo por medio de unas resistencias 22 y 23, respectivamente, y a las salidas 26 y 27 de las fuentes 28 y 29, respectivamente, por medio de unas resistencias respectivas 24 y 25, fuentes que, si se van a activar los arrollamientos de fase 1 y 2, producen una tensión de referencia adecuada por sus salidas. El punto 5 del arrollamiento de fase 1 está conectado a la entrada no inversora 30 de un amplificador diferencial K_3 cuya entrada inversora 31 va conectada al punto 7 del arrollamiento de fase 2. La salida 32 del amplificador diferencial K_3 está conectada al punto de potencial fijo por medio de una conexión en serie de una inductancia 33 y una resistencia 34. El punto de conexión 35 de la inductancia 33 y la resistencia 34 va conectado a la entrada no inversora 20 del amplificador diferencial K_1 por medio de una resistencia 36, y a la entrada inversora 17 del amplificador diferencial K_2 por medio de una resistencia 37.

Los amplificadores diferenciales K_1 y K_2 controlan las corrientes que circulan por los arrollamientos de fase 1 y 2 de tal manera que, siempre y cuando los factores de ganancia de los amplificadores diferenciales sean suficientemente elevados, las tensiones en sus entradas inversoras, 16 y 17 respectivamente, son iguales a las tensiones en sus entradas no inversoras 20 y 21, respectivamente.

Si, para ilustrar el funcionamiento, se supo-

ne que los puntos 6, 8, 26, 27 y 35 están a las tensiones V_1 , V_2 , V_r , V_r y V_3 respecto al punto de potencial fijo, que las resistencias 14, 15, 19, 22, 24, 25, 36 y 37 tienen todas un (mismo) valor R_1 y que las resistencias 18 y 23 tienen un valor de $\frac{1}{2} R_1$, el citado control da la relación siguiente, para lo cual se supone que las impedancias de entrada de los amplificadores diferenciales K_1 y K_2 son relativamente altas respecto a la resistencia R_1 :

$$V_1 = V_r + V_3 ; \quad V_2 = V_r - V_3. \quad (3)$$

Si las corrientes I_1 e I_2 circulan por los arrollamientos de fase 1 y 2 respectivamente, y las resistencias medidoras 12 y 13 tienen el valor R_0 , se tiene entonces:

$$I_1 = (V_r + V_3) / R_0 ; \quad I_2 = (V_r - V_3) / R_0 \quad (4)$$

Si el valor R_0 de las resistencias medidoras 12 y 13 es pequeño respecto a la impedancia de los arrollamientos de fase 1 y 2, las tensiones en los puntos 5 y 6 son sustancialmente iguales a las tensiones U_1 y U_2 presentes en los arrollamientos de fase 1 y 2, respectivamente. Si se supone además que el factor de ganancia del amplificador diferencial K_3 es A , que el valor de la inductancia 33 es igual a L_3 y que el valor de la resistencia 34 es R_3 y es relativamente pequeño respecto a la resistencia R_1 , la corriente de salida I_3 del amplificador diferencial K_3 puede expresarse de la siguiente forma:

$$U_1 - U_2 = (R_3/A) I_3 + (L_3/A) (dI_3/dt) \quad (5)$$

Para la tensión V_3 es válida, pues, la ecuación siguiente:

$$V_3 = I_3 \cdot R_3 \quad (6)$$

La combinación de las expresiones (4), (5) y (6) y la comparación con la expresión (1) da las expresiones siguientes para la corriente activadora I_0 y la corriente de amortigua

miento I:

$$I_0 = V_r / R_0 ; \quad I = (R_3 / R_0) I_3 ;$$

$$U_1 - U_2 = (R_0 / A) I + (R_0 L_3 / R_3 A) (dI / dt) \quad (7)$$

La comparación de la expresión (7) con la expresión (2) da:

$$R = R_0 / A \quad \text{y} \quad L = R_0 L_3 / R_3 A \quad (8)$$

Como se apreciará de modo evidente, la invención no se limita al circuito de activación descrito. Para cada tipo de motor de avance paso a paso es posible encontrar la forma de ejecución más apropiada de circuito activador conforme a la invención. Por ejemplo, es posible también aplicar la invención a los motores paso a paso con arrollamientos de fase bifilares. Las corrientes de activación I_0 pueden entonces aplicarse a uno de los arrollamientos de los devanados bifilares y las corrientes de amortiguamiento al otro, teniendo en cuenta el sentido de devanado. Como alternativa, es posible aplicar las corrientes $I_0 + I$ e $I_0 - I$ a uno de los arrollamientos de los devanados bifilares, y medir las tensiones U_1 y U_2 en bornes del otro arrollamiento.

En la fig. 3 las bobinas están permanentemente conectadas al circuito por medio de los terminales de conexión 5, 6, 7 y 8. En realidad, pueden incorporarse unos interruptores (en el caso de un motor con más de dos devanados de fase) para incluir otros devanados o arrollamientos de fase entre estos terminales.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se re-

cogen en las reivindicaciones siguientes:

5
10
15
20
25
30

12.- Un motor de avance paso a paso perfeccionado con circuito activador para la activación escalonada de dos fases cada vez, habiéndose adoptado medidas para mejorar el amortiguamiento del movimiento del rotor en torno (a uno y otro lado) de la posición de equilibrio que corresponde a la condición de activación pertinente, caracterizado por el hecho de que el circuito de activación comprende unas fuentes de gran resistencia interna respecto a los arrollamientos o devanados de fase, para suministrar corrientes activadoras a las dos fases que se van a activar, y una malla de circuito activa para generar dos corrientes que están sustancialmente en oposición de fase y cuya intensidad es función de la diferencia entre las tensiones que hay en las dos fases, corrientes éstas que se hallan en mutua oposición de fase y pueden aplicarse a uno de los arrollamientos de fase, de tal manera que el movimiento del rotor se amortigua activamente.

25
30

23.- El motor de avance paso a paso de la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que la malla de circuito activa comprende: un convertidor de tensión en corriente con una entrada y una salida, siendo $U=ZI$ la relación entre la tensión U aplicada a la entrada y la corriente I obtenida a la salida, donde Z es una impedancia con un argumento comprendido entre -90° y $+180^\circ$; unos primeros medios para derivar la tensión U de entrada sustancialmente en fase con la diferencia $U_1 - U_2$ existente entre la tensión U_1 presente en uno (primero) de los devanados de fase y la tensión U_2 presente en el otro devanado de fase; y unos segundos medios para suministrar al primer devanado de fase una corriente que esté sustancialmente en fase con la corriente de salida I , y al otro devanado de fase una co

1 rriente que esté sustancialmente en oposición de fase con
la misma.

5 3ª.- El motor de avance paso a paso de la rei-
vindicación 2ª, caracterizado por el hecho de que el conver-
tidor de tensión en corriente incluye un amplificador con
una entrada inversora y una entrada no inversora, al cual
se aplica la tensión U como diferencia de tensiones y con
una salida que va conectada a un punto de tensión fija, por
medio de una impedancia que corresponde a la impedancia Z .

10 4ª.- El motor de avance paso a paso de la rei-
vindicación 3ª, caracterizado por el hecho de que las fuen-
tes para suministrar las corrientes de activación compren-
den un primer amplificador y un segundo amplificador a cu-
yas entradas se aplica una señal de referencia y cuyas sa-
15 lidas se llevan a los arrollamientos de fase primero y se-
gundo, respectivamente, recibiendo los dos amplificadores
una retroacción o realimentación negativa por unos medios
que detectan las corrientes que hay en dichos arrollamien-
tos; de que los primeros medios para derivar la tensión U
20 comprenden un acoplamiento entre la salida del primer am-
plificador y la entrada no inversora del amplificador dife-
rencial, y un acoplamiento entre la salida del segundo am-
plificador y la entrada inversora del amplificador diferen-
cial; y de que los segundos medios para suministrar la co-
25 rriente I comprenden un circuito de retroacción o realimen-
tación positiva entre un detector de corriente, que detec-
ta la intensidad de corriente que recorre dicha impedancia,
y el primer amplificador, y un circuito de realimentación
negativa entre dicho detector de corriente y el segundo am-
30 plificador.

1

52.- Un motor de avance paso a paso perfeccionado.

5

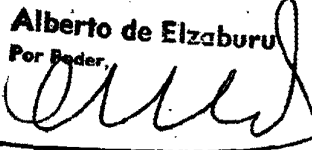
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

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

10

Madrid, 10. JUN 1977

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder.


15

20

25

30

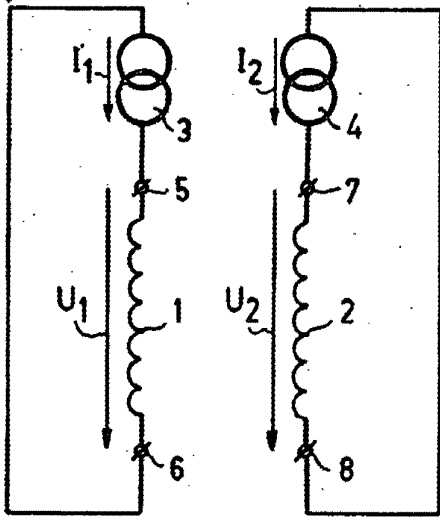


Fig. 1

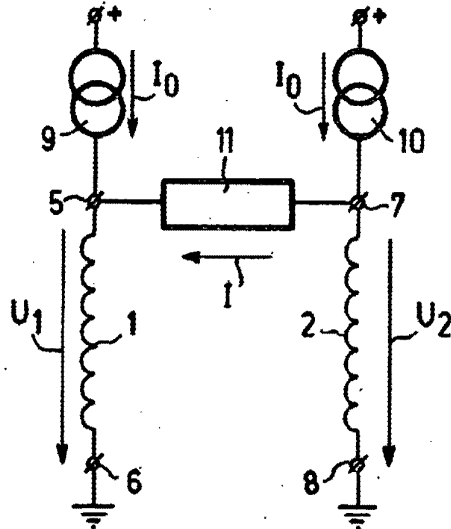


Fig. 2

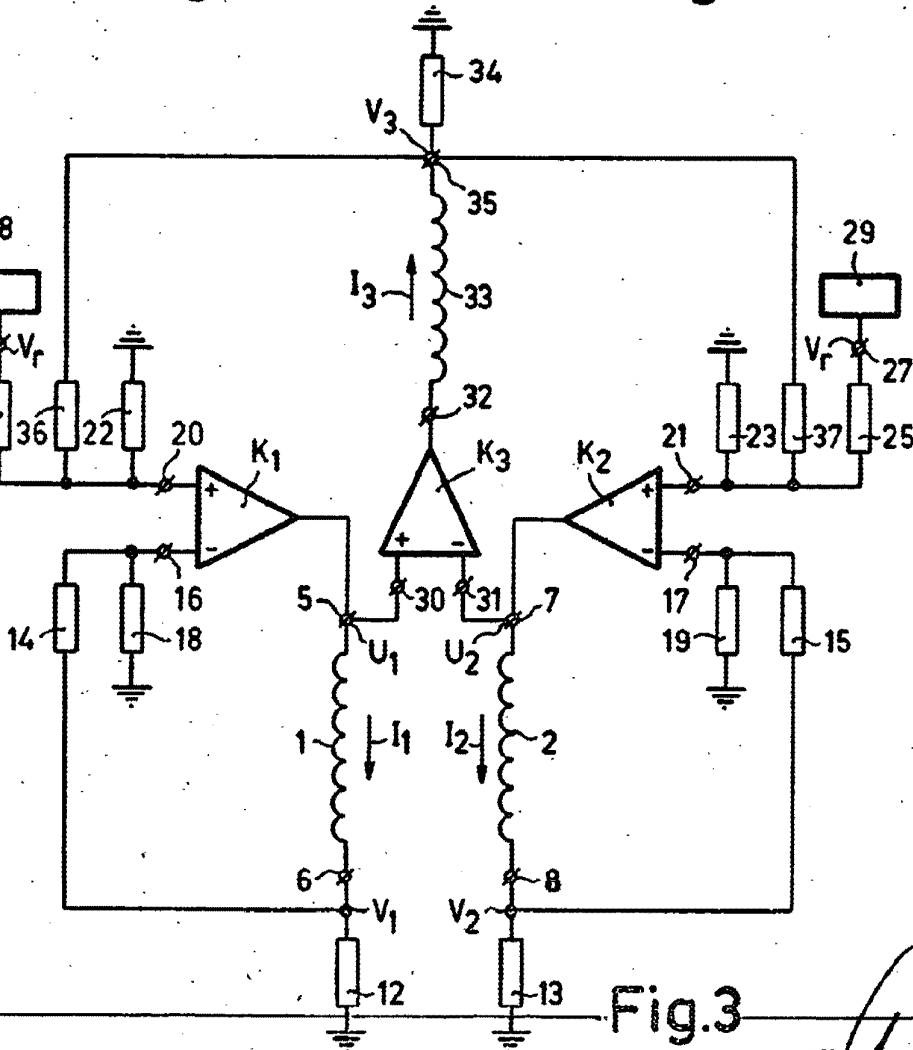


Fig. 3

Alberto de Ezaburu
Por Pedra