



10 NOV 1953

385398

INVENCIÓN TÉCNICA
REGISTRACION I.P.C.
CLASE <u>H02</u>
SUBCLASE <u>P</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA

de una Patente de Invención a nombre de:  
 LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-G.m.b.H., de  
 nacionalidad alemana, domiciliada en 6  
 Frankfurt 70, Theodor-Stern-Kai 1 (ALEMA  
 NIA); por: DISPOSITIVO REGULADOR PARA LA  
 REGULACION DE CORRIENTE DE RECTIFICADO -  
 RES, ESPECIALMENTE ACCIONAMIENTOS DE REC  
 TIFICADORES, EN EL MARGEN SATURADOR Y NO  
 SATURADOR".

-----ooo000ooo-----

5

En la técnica del accionamiento se ha impuesto am-  
 pliamente la alimentación con rectificadores para acciona -  
 mientos de corriente continua regulados. Accionamientos de  
 rectificadores regulados en cuanto a la tensión o al número  
 de revoluciones se ejecutan en general con regulación de co\_  
 rriente subordinada.

La Figura 1 muestra el cuadro de conexión de prin-  
 cipio de una regulación del número de revoluciones conocida  
 de acuerdo con el llamado proceso de conducción de corriente



con un rectificador como miembro de ajuste. La regulación de corriente subordinada tiene la misión de proteger de sobrecargas a los tiristores y al accionamiento por limitación de la corriente. En el ejemplo mostrado sirve como motor de accionamiento un motor en derivación de corriente continua excitado separadamente M. Una máquina de tacómetro T suministra el valor real del número de revoluciones  $n$ , que es comparado con el valor nominal del número de revoluciones  $n_s$  preestablecido. A partir de la desviación de regulación un regulador del número de revoluciones  $l$  forma un valor nominal  $I_{AS}$  para el circuito de regulación de corriente subordinado. El circuito de regulación de corriente abarca un regulador de corriente 2, en el cual se introduce la desviación de regulación formada por el valor nominal  $I_{AS}$  y un correspondiente al valor real de corriente de inducido  $I_A$ . En el caso de una desviación entre el valor nominal y el real, el regulador de corriente 2 actúa entonces sobre un aparato de impulsos IG, que suministra los impulsos de encendido para el rectificador de tiristores Str. L designa una bobina de impedancia de filtrado de corriente continua que se encuentra en el circuito de corriente del inducido.  $E_G$  es la fuerza electromotriz del generador (FEM) o tensión del rectificador y  $E_M$  es la fuerza electromotriz del motor.

La Figura 2 muestra el cuadro estructural de técnica de regulación de la disposición según la figura 1. Las magnitudes están normalizadas, es decir referidas a su valor nominal. El valor nominal está caracterizado por el índice N.El

385.398

10 NOV 1961



regulador del número de revoluciones 1 y el regulador de corriente 2 son ejecutados usualmente como reguladores en PI.

El lazo cerrado de regulación de corriente I contiene, además del regulador de corriente 2 con la amplificación en P  $K_2$  y

5 la constante de tiempo en PI  $T_2$ , un miembro de tiempo muerto 3 que describe de modo aproximado el comportamiento del rectificador con la amplificación  $K_t$  y el tiempo muerto  $T_t$  así como un miembro de retardo de primer orden 4, con la amplificación

de circuito de inducido  $K_A = \frac{U_{AN}}{I_{AN} \cdot R_A}$  y las constantes

10 de tiempo del inducido  $T_A = \frac{L_A}{R_A}$ . El lazo cerrado de FEM II

contiene, además del miembro  $VZ_1$  4 ya citado, un miembro en I 5 con la constante de tiempo mecánica  $T_M$ . La regulación de corriente es estabilizada usualmente con inducido firmemente frenado, es decir no existe el retorno de FEM. En este caso la

15 característica de frecuencia del lazo abierto I es la siguiente:

$$G_I = K_2 \cdot \frac{1+pT_2}{pT_2} \cdot \frac{K_t}{e^{pT_t}} \cdot \frac{K_A}{1+pT_A} \quad (1)$$

Según la conocida regulación de ajuste, para uno de tales circuitos

20 de regulación de corriente de inducido se escoge la constante de tiempo del regulador en PI 2 para  $T_2 = T_A$ . Se obtiene entonces la igualdad

$$G_I = K_2 \cdot K_t \cdot K_A \cdot \frac{1}{pT_A} \cdot \frac{1}{e^{pT_t}} \quad (2)$$

25 La amplificación en P del regulador se escogerá ahora de tal



modo que el circuito de regulación obtenga un determinado comportamiento de resonancia - por ejemplo una única sobremodulación con un impulso de guía -. El tiempo de regulación del circuito para un impulso de guía es determinado por el tiempo muerto estático medio  $T_t$  del rectificador y en el caso de una conexión de puente de corriente alterna trifásica correspondiente a la figura 1 se encuentra dentro del orden de magnitud de 10 ms.

Bajo estas condiciones, el lazo de FEM II puede ser despreciado para una consideración dinámica, dado que la FEM varía, después de un impulso de guía, esencialmente de modo más lento que el valor real de corriente. Para el circuito de regulación del número de revoluciones (lazo III) se obtiene entonces el cuadro estructural simplificado de acuerdo con la figura 3. El circuito de regulación de corriente subordinado es representado en este caso por un bloque 6 con la característica de frecuencia  $G_I^*$ . El circuito de regulación del número de revoluciones tiene, debido al miembro en I 5 con la constante de tiempo mecánica  $T_M$  y el regulador en PI 1, un comportamiento doblemente integrador. El regulador es diseñado correspondientemente a las prescripciones de ajuste existentes para tales circuitos - por ejemplo al valor óptimo simétrico.

Las consideraciones realizadas hasta ahora sirven para el funcionamiento del rectificador con corriente no saturadora. El funcionamiento no saturador es garantizado en general por elección adecuada de la bobina de impedancia de filtrado de corriente continua  $L_o$ , en el caso de rectificadores de in-



versión, por correspondiente ajuste de la corriente del circui-  
to. La tendencia en el caso de accionamientos de rectificadores  
se dirige no obstante a suprimir la bobina de impedancia de fil-  
trado de corriente continua y emplear para rectificadores de  
5 inversión conexiones libres de corriente circulante. Entonces  
la mayor parte de las veces no puede evitarse ya que el recti-  
ficador funcione en cuanto al trabajo con corriente saturadora  
y no saturadora. Con corriente saturadora el tramo de regula-  
ción de corriente muestra no obstante un comportamiento dinámi-  
co diferente que con corriente no saturadora. Para esto, son  
10 decisivos dos puntos:

1.- La amplificación del tramo de regulación de co-  
rriente depende en el caso de corriente saturadora de la mag-  
nitud de la corriente, y en el caso de corrientes muy por de-  
bajo del límite de saturación es esencialmente menor que en el  
15 caso de corriente no saturadora.

2.- La constante de tiempo de inducido  $T_A = \frac{L_A}{R_A}$  ya  
no es eficaz en cuanto a la técnica de regulación.

De este modo, con corriente saturadora e inducido  
20 firmemente frenado se obtiene para el lazo de regulación de co-  
rriente I el cuadro estructural de acuerdo con la figura 4. El  
tramo de regulación contiene, además, del miembro de tiempo  
muerto 7 con la amplificación  $K_7 = 1$  un miembro en P 8 con la  
amplificación dependiente de la corriente  $K_L$ . La característica  
de frecuencia del lazo abierto I con corriente saturadora es  
25 como sigue:



$$G_{I_L} = K_2 \cdot \frac{1 + pT_2}{pT_2} \cdot \frac{1}{e^{pT_t}} \cdot K_L \quad (3)$$

5 El regulador en PI 2 es ajustado sobre el tramo de regulación de corriente con corriente no saturadora, dado que el comportamiento de resonancia en el límite de corriente es decisivo para la protección del rectificador. Con este regulador, en el caso de corriente saturadora, se obtienen tiempos de regulación esencialmente más largos que con corriente no saturadora. Estos, en el caso de corrientes muy pequeñas, pueden encontrarse dentro del orden de magnitud de segundos.

10 Si se ajusta la regulación del número de revoluciones a la rápida regulación de corriente con corriente no saturadora, en el caso de corrientes saturadoras muy pequeñas se vuelve inestable por la regulación de corriente, que ahora es muy lenta. Si se ajusta la regulación del número de revoluciones a la regulación de corriente muy lenta con corriente saturadora, se obtienen tiempos de regulación muy grandes, tanto con corriente saturadora como también con corriente no saturadora.

20 El presente invento se refiere por lo tanto a un dispositivo de regulación para la regulación de corriente de rectificadores, especialmente de accionamientos de rectificadores, con corriente saturadora y no saturadora. La misión del invento es proporcionar un regulador que se acomoda ampliamente al comportamiento del tramo de regulación de corriente, y cuyo empleo proporciona una buena dinámica de regulación tanto en el caso de corriente saturadora como también en el caso de corriente no saturadora.

25



Para la solución de este problema el invento parte de la siguiente consideración:

Mediante el empleo de un regulador en PI con corriente no saturadora resulta la característica de frecuencia de acuerdo con la ecuación (2) para el circuito de regulación de corriente abierto. Si se quiere alcanzar una característica de frecuencia igual - y por consiguiente una dinámica de regulación igual - con corriente saturadora, se debe emplear en el caso de corriente saturadora un regulador en I con la característica de frecuencia  $\frac{1}{pT_L}$  ( $T_L =$  constante de tiempo del regulador en I con corriente saturadora). Resulta entonces

$$G_{I_L} = K_L \cdot \frac{1}{pT_L} \cdot \frac{1}{e^{pT_t}} \quad (4)$$

Las características de frecuencia según las igualdades (4) y (2) son iguales, cuando se satisface la siguiente condición:

$$\frac{K_L}{T_L} = \frac{K_2 \cdot K_t \cdot K_A}{T_A} \quad (5)$$

Un regulador autoajutable ideal para el circuito de regulación de corriente debe satisfacer según ello las siguientes condiciones:

1. Comportamiento en PI en el caso de corriente no saturadora
2. Comportamiento en I en el caso de corriente saturadora
3. Reajuste de las constantes de integración  $T_L$  de tal modo que se satisfaga la igualdad (5).



La misión que es base del invento podrá ser resuelta ahora mediante una conexión de regulador de acuerdo con la figura 5 - posible en principio que satisface las condiciones antes citadas -. La conexión de regulador contiene un amplificador 9 correspondientemente conectado así como un dispositivo conmutador con los interruptores  $S_1$  y  $S_2$ , que son abiertos o cerrados alternativamente al pasar por debajo y por encima del límite de saturación. En el caso de corriente no saturadora el interruptor  $S_2$  es abierto y el interruptor  $S_1$  es cerrado, el potenciómetro  $R_0$  se encuentra en la posición 1. El regulador trabaja como regulador en PI normal con la amplificación en P  $K_2 = \frac{R}{R_2}$  y la constante de tiempo en PI  $T_2 = R \cdot (C_1 + C_2)$ . Al pasar por debajo del límite de saturación, es decir con corriente saturadora, se cierra  $S_2$  y se abre  $S_1$ . El regulador trabaja ahora como regulador en I con las constantes de tiempo  $T_L = C_1 \cdot R_2 \cdot K$ . En este caso el factor K depende de la posición del potenciómetro  $R_0$ , por ejemplo:  $K = 1$  (en posición 1) o  $K = 0$  (en posición 0). Dependiendo de la amplificación  $K_L$ , ahora se puede reajustar  $T_L$  mediante el potenciómetro  $R_0$ . Un amplificador 10 sirve en este caso como convertidor de impedancia. En el caso de una realización técnica de esta conexión,  $S_1$  y  $S_2$  podrían ser reemplazados por interruptores electrónicos y  $R_0$  por un multiplicador de por sí conocido.

El circuito presupone que se determine con exactitud el límite de saturación dependiente de la modulación del rectificador. Además, el reajuste de  $T_L$  debe tener lugar en función



de la corriente y de la modulación del rectificador. El gasto para los miembros de determinación necesarios para ello, de generadores de funciones y de multiplicadores puede ser considerable.

5                    Dado que dicho gasto no es soportable en muchos casos de la práctica, el presente invento propone otra solución más ventajosa. Según esto, la misión que es base del invento se resuelve de acuerdo con el invento previendo un regulador con comportamiento de tiempo conmutable, que en el margen no saturador y durante la conducción de corriente en el margen saturador tiene un comportamiento en PI, y por el contrario en las lagunas de corriente del margen saturador tiene un comportamiento en I. De acuerdo con otra característica del invento el correspondiente comportamiento de tiempo se puede lograr en los márgenes indicados haciendo que con el regulador esté asociado un dispositivo conmutador, que gobierne el regulador en función del valor real de corriente de tal modo que este con corrientes por encima de un valor ajustable (límite de respuesta) posea comportamiento en PI y con corrientes por debajo de este valor posea comportamiento en I.

10

15

20

Al conmutar el regulador pueden aparecer eventualmente saltos en la tensión de partida del amplificador, que entonces en algunos casos conduciría a desplazamientos inadmisibles de selección de rectificador. Con el fin de evitar esto, en una realización adicional ventajosa del invento se prevé que el regulador esté constituido por una conexión en serie de dos amplificadores conectados, de los cuales el primero es conmuta-

25



ble a comportamiento en P o en PD, mientras que el segundo es  
tá conectado como integrador. La conexión en serie de un am -  
plificador conectado en P con un amplificador conectado en I  
proporciona un miembro en I, es decir un regulador en I. Por  
5 otro lado la conexión en serie de un amplificador conectado en  
PD con un amplificador conectado en I proporciona un miembro  
en PI, es decir un regulador en PI. La conmutación del primer  
amplificador desde el comportamiento en P al comportamiento  
en PD proporciona por consiguiente el deseado comportamiento  
10 en I o en PI del regulador.

Una forma de realización ventajosa del regulador pre  
vé que el primer amplificador abarque ramales de contrarrea-  
cción que determinen el comportamiento en P o en PD del ampli-  
ficador, los cuales pueden ser hechos inactivos cada uno por  
15 si solo. En esta forma de realización la conmutación desde el  
comportamiento en PI al comportamiento en I del regulador por  
cortocircuito de la señal de contrarreacción que determina el  
comportamiento en PD del primer amplificador puede tener lugar  
a cero.

20 Otras características determinantes del invento con  
sisten en que el dispositivo de conmutación consiste en un com  
parador o en un amplificador conectado como comparador así co-  
mo en un interruptor electrónico, el cual es gobernado por la  
señal de partida del comparador o del amplificador conectado  
25 como comparador. Convenientemente se introduce en este caso en  
el comparador o en el amplificador conectado como comparador  
una tensión correspondiente al límite de respuesta de corrien-



te preestablecido, ajustable en un potenciómetro, así como una tensión correspondiente al valor real de corriente, de tal modo que al pasar por encima y por debajo del límite de respuesta a través del valor real de corriente tenga lugar en cada caso una variación de la señal de partida del comparador o del amplificador.

Otras particularidades y ventajas, así como el modo de trabajo resultan de la siguiente descripción de un ejemplo de realización del invento representado en los dibujos.

La Figura 6 muestra la conexión de un regulador de acuerdo con el invento.

La Figura 7 muestra el transcurso de variación de la corriente en función del tiempo en el margen de saturación con dos puntos de tiempo de selección diferentes del rectificador así como el modo de trabajo del regulador.

El regulador mostrado en la figura 6 consta de un primer amplificador 11 con una conexión susceptible de ser conmutada al comportamiento en P o en PD, y un segundo amplificador 12, que se encuentra en serie con relación a éste, que está conectado como integrador y posee por consiguiente comportamiento en I. A través de una primera resistencia de entrada  $R_1$  del amplificador 11 se introduce el valor nominal de corriente  $I_g$  y a través de una segunda resistencia de entrada  $R_2$ , preferiblemente de igual valor, se introduce el valor real de corriente I. La comparación entre el valor real y el valor nominal tiene lugar de manera conocida por conexión en oposición de ambos valores. El amplificador 11 tiene un primer circuito de contrarreactión con las resistencias óhmicas  $R_3$  y  $R_4$  y un



condensador  $C_0$  conectado frente a cero, así como un segundo  
con la resistencia óhmica  $R_5$ . El amplificador 12 tiene una  
resistencia de entrada  $R_6$  y un circuito de contrarreacción con  
un condensador  $C_6$ . La señal de partida del amplificador 12 in-  
5 fluye por ejemplo sobre un aparato de impulsos, que suminis-  
tra los impulsos de encendido para un rectificador.

El amplificador 11 posee comportamiento en P cuando  
el ramal de contrarreacción es inactivo a través de  $R_3$  y  $R_4$   
por ejemplo por cortocircuito del condensador  $C_0$ . Si el ramal  
10 de contrarreacción es liberado a través de  $R_3$  y  $R_4$ , el ampli-  
ficador 11 posee comportamiento en PD con la condición de que  
 $R_5 \geq R_3 + R_4$ . Esta condición puede ser observada por ejemplo  
en los circuitos de regulación de corriente de inducido usua-  
les. En otro caso la contrarreacción podría ser hecha inactiva  
15 a través de  $R_5$  análogamente a la que se efectúa a través de  
 $R_3$  y  $R_4$ , cuando estas últimas son desconectadas. El regulador  
consistente en la conexión en serie de los amplificadores 11 y  
12 tiene comportamiento en I cuando  $C_0$  está en cortocircuito,  
y por el contrario comportamiento en PI cuando se suprime el  
20 cortocircuito de  $C_0$ .

El cortocircuito del condensador  $C_0$  se realiza por  
un interruptor electrónico 14. Para este interruptor se puede  
emplear por ejemplo una conexión con un transistor de efecto de  
campo. El interruptor 14 es gobernado por el amplificador 13  
que trabaja como comparador. Con el potenciómetro  $R_7$  se ajus-  
25 ta un límite de respuesta para la corriente I. El valor medido  
en el potenciómetro  $R_7$  es comparado a través de una resisten-  
cia  $R_8$  con el valor real de corriente I introducido a través de



una resistencia  $R_g$ , por conexión en oposición. Si el valor real de corriente  $I$  sobrepasa el límite de respuesta preestablecido, entonces el amplificador 13 bascula de uno de los límites de modulación al otro y el interruptor 14 antes cerrado es -  
abierto: el regulador es conmutado desde el comportamiento en  $I$  al comportamiento en PI (véase también la figura 7). Para el trabajo estable del amplificador 13, éste puede ser provisto con una ligera histéresis.

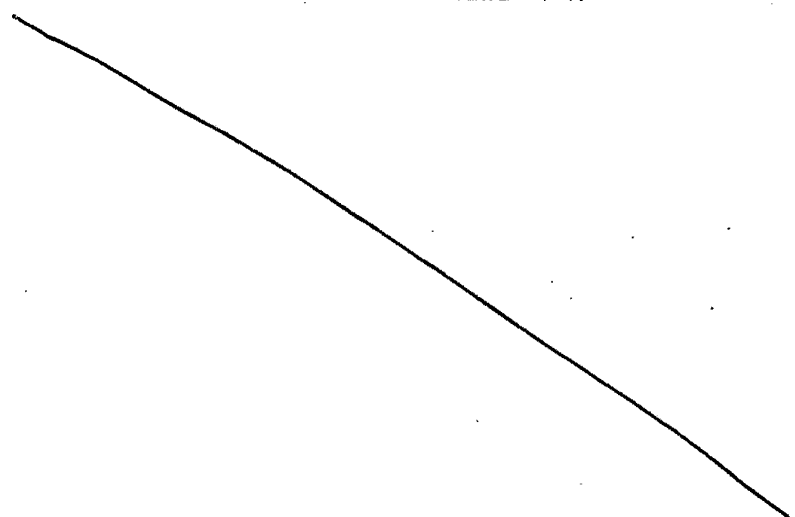
La figura 7 explica el modo de trabajo del regulador de acuerdo con el invento. Se representa el transcurso de variación de la corriente en el margen de saturación en función del tiempo. En el ejemplo mostrado se supone que después de la segunda semionda se llevó a cabo una variación repentina del punto de tiempo de selección. Si la corriente sobrepasa un límite de respuesta que se encuentra un poco por encima de la corriente nula, entonces el regulador es conmutado para el comportamiento en PI, y si la corriente pasa por debajo de este límite de respuesta, es conmutado de nuevo al comportamiento en  $I$ . En el caso de corriente no saturadora - este margen no está mostrado en la figura 7 - el regulador trabaja como regulador en PI. Al pasar por debajo del límite de respuesta el regulador comienza a conmutar en las lagunas de corriente al regulador en  $I$ . Cuando más pequeña se hace la corriente, tanto más largo se hace el intervalo de tiempo en el cual el regulador trabaja como regulador en  $I$  y tanto más corto se hace el intervalo de tiempo en el cual el regulador trabaja como regulador en PI. En el caso de corriente nula, este está conectado de modo permanente como regulador en  $I$ . En la figura 7 se



indica por debajo de las abscisas el correspondiente comportamiento en función del tiempo del regulador en los intervalos de tiempo individuales del margen de saturación.

5 Con este modo de trabajo se logra por un lado que el límite de saturación dependiente de la modulación del rectificador no necesite ser determinado. Por otro lado, mediante la conmutación del regulador desde el comportamiento en PI al comportamiento en I, modulada en amplitud de impulsos por el valor real de corriente, en el caso de corriente de saturación, tiene lugar una cierta acomodación al transcurso dependiente de la corriente de la amplificación en  $P K_L$ , de modo que pueda suprimirse un reajuste de la constante de integración  $T_L$ . El regulador conmutable puede poseer por lo tanto parámetros fijamente ajustados.

15 Ensayos adecuados han confirmado que con el regulador simplificado de acuerdo con el invento se pueden lograr muy buenos resultados. El regulador proporciona una buena dinámica de regulación tanto en el caso de corriente saturadora como también en el caso de corriente no saturadora.





-----N O T A-----

Se reivindica como nuevo y de propia invención:

1.- Dispositivo regulador para la regulación de corriente de rectificadores, especialmente accionamientos de rectificadores, en el margen saturador y no saturador, caracterizado porque está previsto un regulador con comportamiento en el tiempo conmutable, que en el margen no saturador y durante la conducción de corriente en el margen saturador tiene un comportamiento en PI y por el contrario en las lagunas de corriente del margen saturador tiene un comportamiento en I.

2.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque con el regulador está asociado un dispositivo conmutador, que gobierna al regulador en función del valor real de corriente de tal modo que con corrientes por encima de un valor ajustable (límite de respuesta) posee comportamiento en PI y con corrientes por debajo de este valor posee comportamiento en I.

3.- Dispositivo según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el regulador está constituido por una conexión en serie de dos amplificadores conectados, de los cuales el primero es conmutable desde el comportamiento en P al comportamiento en PD, mientras que el segundo está conectado como integrador.

4.- Dispositivo según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer amplificador abarca dos ramales de contrarreacción que determinan el comporta-

*Ref.*



miento en P o en PD del amplificador, cada uno de los cuales puede ser hecho inactivo por si sólo.

5           5.- Dispositivo según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la conmutación desde el comportamiento en PI al comportamiento en I del regulador tiene lugar por cortocircuito de la señal o ramal de contrarreacción que determina el comportamiento en PD del primer amplificador a valor nulo.

10           6.- Dispositivo según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo de conmutación consta de un comparador o de amplificador conectado como comparador así como de un interruptor electrónico, el cual es gobernado por la señal de partida del comparador o del amplificador conectado como comparador.

15           7.- Dispositivo según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el comparador o en el amplificador conectado como comparador se introducen una tensión correspondiente al límite de respuesta de corriente preestablecido así como una tensión correspondiente al valor real  
20 de corriente ajustables con un potenciómetro ( $R_7$ ) de tal modo que al pasar por encima y por debajo del límite de respuesta, mediante el valor real de corriente tenga lugar en cada caso una variación de la señal de partida del comparador o del amplificador.

25           8.- DISPOSITIVO REGULADOR PARA LA REGULACION DE CORRIENTE DE RECTIFICADORES, ESPECIALMENTE ACCIONAMIENTOS DE



RECTIFICADORES, EN EL MARGEN SATURADOR Y NO SATURADOR.

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva, que consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara y de sus correspondientes dibujos.

5

Madrid, 10 NOV. 1970

CARLOS FERNÁNDEZ CÁDIZ  
F.P.

Fig. 1

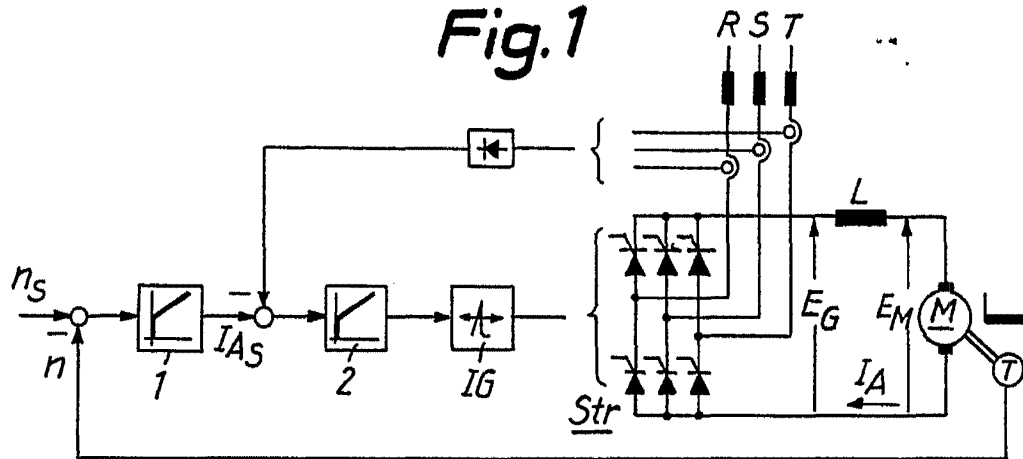


Fig. 2

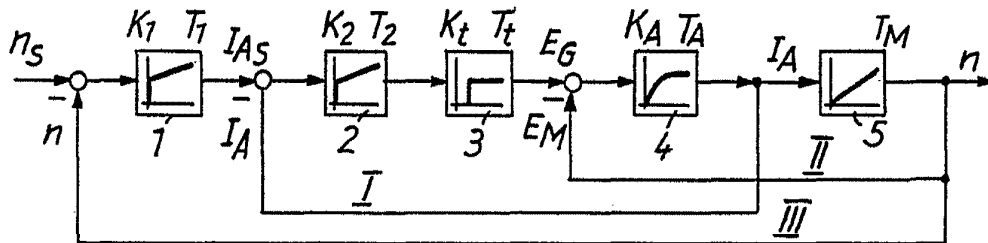


Fig. 3

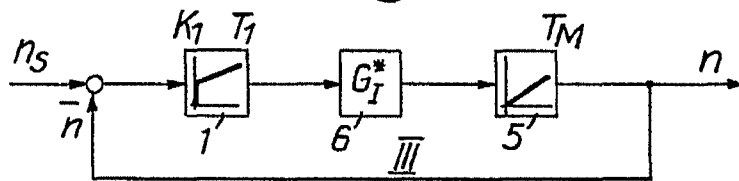
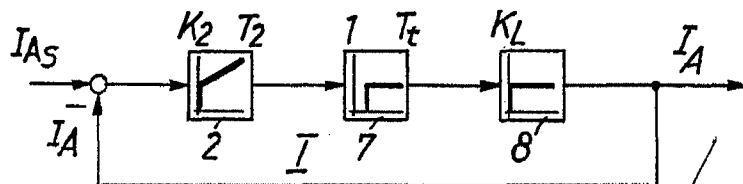


Fig. 4



Escala variable

Madrid, 10 Noviembre 1970

CARLOS FERRAZ CARDELAS

P.R.

385398

Fig.5

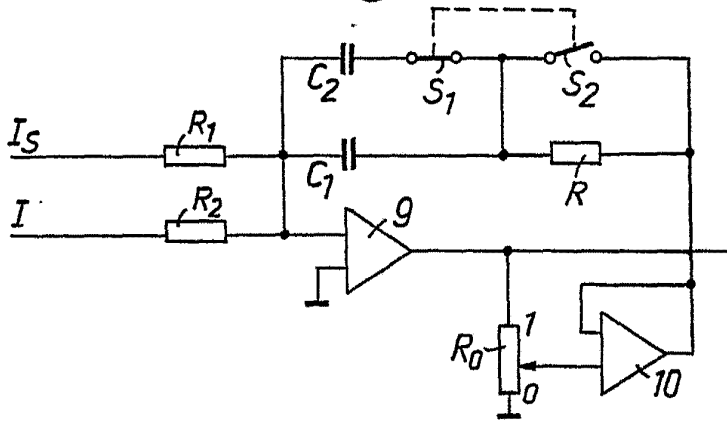


Fig.6

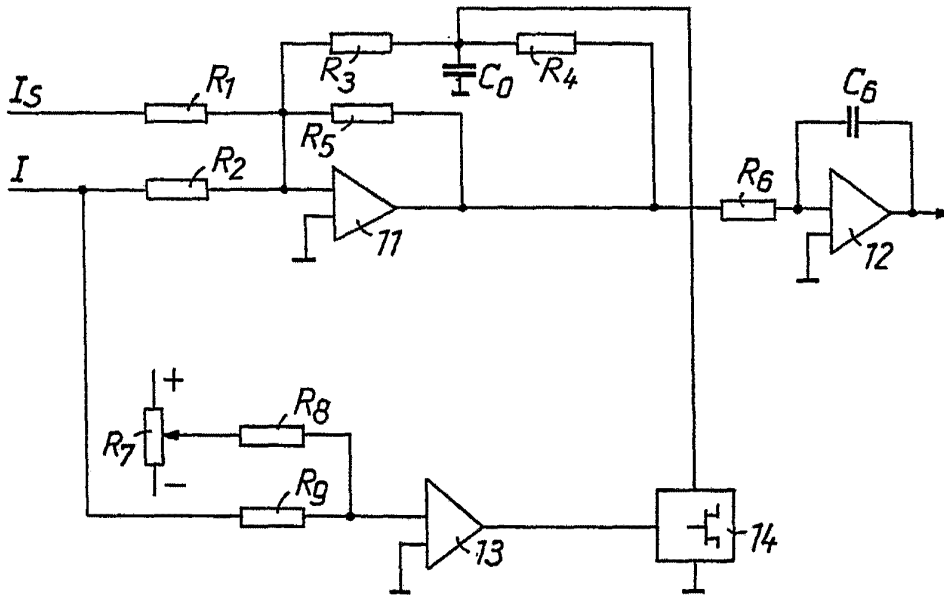
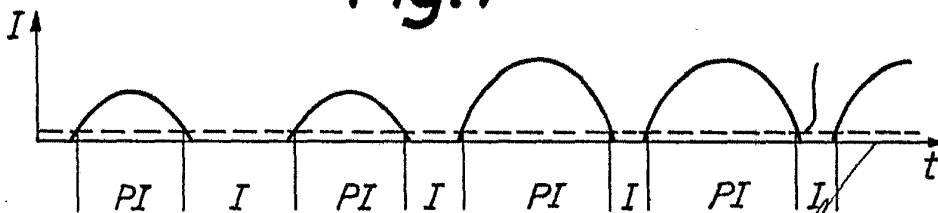


Fig.7



Escala variable

Madrid, 10 Noviembre 1970

Patent-Verwaltungs-GmbH

P.F.