



19 ES	11	NUMERO	430.873	10 A1
	21			
	22	FECHA DE PRESENTACION	10.10.74	

PATENTE DE INVENCION

P.- 58.768  
PHN 7179  
Spain  
HK/EV

60 PRIORIDADES:	62 FECHA	63 PAIS
61 NUMERO		
7314036	12.10.73	Holanda

47 FECHA DE PUBLICIDAD	61 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H05G	

64 TITULO DE LA INVENCION
"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN APARATO INTEGRADO POR UN TUBO ELECTRONICO Y POR MEDIOS PARA SUMINISTRAR Y AJUSTAR LA ALIMENTACION DE CORRIENTE DE FILAMENTO"

71 SOLICITANTE (S)
N.V. PHILIPS 'GLOEI LAMPENFABRIEKEN

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

72 INVENTOR (ES)
Jan Joseph Mattheus Mulleneers

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ



El invento se refiere a un dispositivo que incluye un tubo electrónico que funciona en alta tensión, en particular un tubo de rayos X, y medios para suministrar y ajustar la corriente de filamento para tal tubo en función de una tensión de control.

En tal dispositivo el problema es que han de controlarse (han de ajustarse de un modo predecible) diversas condiciones de funcionamiento, tales como la tensión del tubo (que determina la dureza de los rayos X producidos) y la corriente del tubo (que determina la intensidad de esta radiación) en instantes en que el tubo no está en funcionamiento. En particular, cuando se hacen radiografías, el paciente no debe estar expuesto innecesariamente a los rayos X y también el tubo no debe disipar energía innecesariamente, ya que esto implicaría pérdidas innecesarias y destrucción térmica del ánodo; de ahí que se utilicen tiempos de exposición cortos durante los cuales el tubo se pone en funcionamiento, mientras que la exposición se finaliza desconectando el tubo, en particular desconectando la tensión a través del tubo o reduciéndola a un valor tal que sustancialmente no fluye corriente en el tubo.

Sin embargo, si no fluye corriente a través del tubo, es un problema fijar la corriente del tu-

22 ENE 1975

bo en un valor deseado, por ejemplo por comparación con una corriente de ajuste deseada. El presente invento crea medios por los cuales, durante el tiempo en el cual no fluye corriente a través del tubo, pue  
5 de asegurarse un ajuste de corriente de filamento de tal modo que inmediatamente, cuando es conectada la tensión de funcionamiento total a través del tubo, co  
mienza a fluir la corriente de tubo predecible desea-  
da. Para este fin el invento está caracterizado por  
10 la disposición de - medios ( $I_1$ ) para convertir la ten  
sión ( $V_{RA}$ ) de control en una componente ( $a_1 V_{RA} + b_1$ )  
que depende linealmente de  $V_{RA}$ , -medios ( $I_2$ ) para con  
vertir la tensión ( $V_B$ ) de tubo en una componente ( $a_2$   
 $\log V_B + b_2$ ) que depende linealmente del logaritmo de  
15 la tensión de tubo, -medios ( $I_3$ ) para formar una com  
ponente que es proporcional al producto de la desvia-  
ción de la tensión ( $V_{RA}$ ) de control de un valor dado  
y de la desviación del logaritmo de la tensión de tubo  
de un valor dado, y -medios ( $\Sigma$ ) para sumar las menciona  
20 das componentes a fin de producir un valor (Sollwert  
 $I_{eff\ soll}$ ) deseado para la alimentación de corriente de  
filamento del tubo.

Se describirá ahora una realización del  
invento, a modo de ejemplo, con referencia a los dibu-  
25 jos esquemáticos que se acompañan, en los cuales,



22 ENF. 1975

La figura 1 es un diagrama de circuito que representa esquemáticamente los elementos básicos de un dispositivo de acuerdo con el invento,

5 La figura 2 es un diagrama que representa curvas características del filamento en función de la corriente de tubo deseada,

Las figuras 3, 4, 5, 6 y 8 son diagramas de circuito detallados de bloques representados en la figura 1, y

10 Las figuras 7 y 9 representan formas de onda de tensión de señales que ilustran el funcionamiento del dispositivo de acuerdo con el invento.

15 Con referencia ahora a la figura 1, están reopresentados un cátodo k y un ánodo a de un tubo electrónico, más particularmente un tubo de rayos X, cuyas condiciones de funcionamiento han de ajustarse de un modo predecible de acuerdo con una señal  $V_{RA}$  de control exterior. Esta señal de control puede ser ajustable manualmente, pero puede obtenerse alternativamente por medios adicionales que responden a los valores ajustados del tiempo de exposición, la dureza y la intensidad de la radiación a la cual ha de exponerse el objeto a irradiar, en este caso el paciente. El conjunto está controlado por medio de una señal de control exterior. Esta señal de control, que está designada por

20

25

22 ENE 1972

$V_{RA}$ , es una función dada de la corriente  $i_a$  de tubo de acuerdo con la fórmula:  $V_{RA} = c_1 \log i_a - c_2$ ; cuando  $V_{RA}$  está expresada en voltios e  $i_a$  en miliamperios,  $c_1$  es aproximadamente 8 y  $c_2$  es aproximadamente 20. Los márgenes de control pueden ser, por ejemplo, los siguientes:  $-10 \text{ voltios} < V_{RA} < +10 \text{ voltios}$  y  $20 \text{ mA} < i_a < 6,3 \text{ A}$ . Para fluoroscopia las corrientes de tubo son mas pequeñas en un factor de 100 con valores  $V_{RA}$  correspondientes.

La curva característica de corriente de filamento del tubo de un tubo de rayos X muestra una relación aproximadamente lineal entre la corriente  $I_f$  de filamento y el logaritmo de la corriente  $i_a$  del tubo, con la tensión del tubo como parámetro. Si está disponible una señal de control proporcional al logaritmo de la corriente del tubo, ha de generarse en un generador de funciones una tensión que proporciona la corriente  $i_f$  de filamento para la corriente  $i_a$  de tubo deseada.

El diagrama de la figura 2 muestra curvas (a, b y c) que representan la función  $i_f = f(\log i_a)$ .

La realización técnica del mencionado generador de funciones parte de la curva a. Esta curva se divide en dos secciones y se aproxima entonces

22 ENE 1973

5 a un modo de variación lineal. De este modo cada sección requiere un ajuste independiente. La curva encontrada es correcta solamente para una tensión de tubo fija (de momento se ha escogido un valor de 80 kV).

Si la tensión  $V_B$  de tubo es más alta o más baja, ha de producirse una corriente de filamento más pequeña o más grande, respectivamente, para obtener corrientes de tubo iguales.

10 Sin embargo, el valor por el cual ha de corregirse la curva  $a$  depende también de la corriente del tubo. Con corrientes de tubo pequeñas han de realizarse correcciones más pequeñas en función de la tensión de tubo que con corrientes de tubo grandes.

15 Inicialmente, con un valor de  $V_{RA}$  fijo la curva  $a$  está corregida en un valor  $\Delta I f_1$  para tensiones de tubo de 40 kV (curva  $a'$ ) y 125 kV (curva  $a''$ ).

20 Estas curvas son paralelas a la curva  $a$  inicial. Para obtener las curvas  $b$  y  $c$  deseadas se realiza otra operación que proporciona un tercer coeficiente  $\Delta I f_2$ , con el resultado de que se hacen girar las curvas  $a'$  y  $a''$  de línea discontinua alrededor de los puntos P y Q, respectivamente, para dar las curvas  $b$  y  $c$ .

25 Este coeficiente de corrección es propor



cionado por un multiplicador, más particularmente un multiplicador de cuatro cuadrantes, que suministra una tensión que depende linealmente del logaritmo de la tensión  $V_B$  de tubo.

5 La corrección  $\Delta I_{f_2}$  es nula para  $V_{RA} = V_{RAO}$  y/o para  $V_B = 80$  kV (curva a). Para otros valores, el signo de  $\Delta I_{f_2}$  puede leerse directamente de la figura.

10 Un transformador T de corriente de filamento para el cátodo k tiene una toma central sobre el primario. Se establece alternativamente una tensión continua  $V_0$  entre los extremos de una y otra de las mitades del arrollamiento primario a través de los transistores  $T_1$  y  $T_2$  de conmutación. Los trenes de impulsos que están aplicados para este fin a las bases de estos transistores están desfasados relativamente en  $180^\circ$ . Mediante variación del ancho de impulso puede regularse el valor eficaz de la corriente de filamento.

20 La duración de impulso se determina en un circuito (bloque III) en el cual se comparan el valor deseado y el valor real o medido de la corriente  $i_f$  de filamento, que están aplicados a las entradas.

25 En funcionamiento normal, la duración de impulso será corregida hasta que la tensión de di-



ferencia en la entrada del bloque III sea sustancialmente de cero voltios.

5 El valor de  $I_{\text{eff-soll}}$  (valor deseado) se produce en un generador de funciones (bloque I) que selecciona el valor correspondiente de  $I_{\text{eff-soll}}$  al recibir una señal  $V_{\text{RA}}$  de entrada de tensión continua dada.

10 En el bloque II se determina el valor de  $I_{\text{eff-ist}}$  (valor real) a partir de la señal medida entre los extremos de una resistencia R incluida en el circuito primario de corriente de filamento.

Para un valor dado de la tensión  $V_{\text{RA}}$  de control, ha de fijarse la corriente  $i_a$  de tubo de acuerdo con la fórmula :  $V_{\text{RA}} = c_1 \log i_a - c_2$ .

15 El bloque I comprende un circuito representado esquemáticamente en la figura 3. La señal  $V_{\text{RA}}$  de control exterior es aplicada a un paso  $I_1$  lineal que convierte  $V_{\text{RA}}$  en  $I_{f0} = a_1 \cdot V_{\text{RA}} + b_1$  y también a un paso  $I_3$  multiplicador, en el cual el valor  $V_{\text{RA}}$  es multiplicado por  $\log V_B$  de acuerdo con la multiplicación de cuatro cuadrantes:  $\Delta I_{f2} = a_3 (V_{\text{RA}} - V_{\text{RAO}})$  multiplicado por  $(\log V_B - b_3)$ , mientras que se deduce de la tensión  $V_B$  de tubo una señal proporcional a  $\log V_B$ , que es aplicada no solamente al mencionado paso  $I_3$  sino también

20 a un paso  $I_2$  lineal que suministra una corriente  $\Delta I_{f1} =$

25

$a_2 \cdot \log V_B + B_2$ . En un paso  $\Sigma$  sumador son sumadas las tres corrientes  $I_{f0}$ ,  $\Delta I_{f1}$  y  $\Delta I_{f2}$  resultantes, de modo que la señal  $I_{eff}$  resultante está en la relación funcional deseada con  $V_{RA}$ . Ha de esperarse entonces que la corriente  $i_a$  de tubo que fluye durante la exposición (es decir con la tensión  $V_B$  de tubo conectada en el circuito) cumple exactamente la igualdad  $V_{RA} = c_1 \log i_a - c_2$ . Si en la práctica hubiese aún una desviación de esta igualdad, puede corregirse del modo siguiente.

10                    Midiendo la corriente  $i_a$  de tubo (en una unidad A exterior), convirtiéndola en un valor  $V'_{RA}$  de acuerdo con la fórmula  $V'_{RA} = C_1 \cdot \log i_a - c_2$  y aplicando el valor resultante a un amplificador diferencial en un bloque IV, se obtiene una corriente  $DI_{f3}$  que es realimentada degenerativamente al paso sumador del bloque I. El bloque IV incluye adicionalmente un conmutador (electrónico) que deja pasar la corriente  $DI_{f3}$  al paso  $\Sigma$  sumador solamente si está conectada en circuito la tensión  $V_B$  de tubo en toda su magnitud.

20                    La unidad A puede estar realizada en la forma del circuito representado en la figura 4. El circuito está basado en la propiedad de los transistores (y diodos) de que el logaritmo de la corriente es proporcional a la tensión base emisor de acuerdo con la fórmula:

25

$$U_D = \frac{kT}{q} \ln \frac{i_1}{i_0}$$

22 FEB 1975

La corriente  $i_a$  entrante es suministrada a un amplificador 1 operacional, cuya salida está conectada a la base de un primer transistor 2. Este transistor está conectado, en serie con un transistor 3, entre un terminal al cual es alimentada la corriente  $i_a$  y un terminal al cual es alimentada una corriente  $i_r$  de referencia que también es alimentada a la entrada de un amplificador 4 operacional. La salida del último amplificador está conectada a los emisores interconectados de los transistores 2 y 3, de modo que se forma un bucle de reacción negativa que hace que la corriente  $i_1$  sea sustancialmente igual a la corriente  $i_a$  y que la corriente  $i_2$  sea sustancialmente igual a la corriente  $i_r$ . Para una tensión  $e_1 = U_{D2} - U_{D3}$ , se tiene ahora

$$e_1 = \frac{kT}{q} \ln \frac{i_a}{i_r}$$

de modo que una elección adecuada de la corriente  $i_r$  permite el ajuste del valor deseado de  $e_1$ .

El bloque II de la figura 1 puede tomar la forma de un convertidor de digital a analógico de configuración convencional. Suministra una señal  $I_{eff-ist}$  de corriente continua cuyo valor corresponde al valor eficaz de los impulsos de corriente que fluyen a través de la resistencia R.

22 1975

El amplificador III diferencial suministra una tensión continua que es una medida de la diferencia entre el valor aplicado de  $I_{f_{soll}}$  y el valor de  $I_{f_{ist}}$  dado por el sistema de medida.

5 La mencionada tensión continua está aplicada a un modulador de duración de impulso que se describirá posteriormente con referencia a la figura 6. En la salida de este circuito se suministran dos trenes de impulsos de una frecuencia fija, por ejemplo de  
10 200 Hz, que están desfasados mutuamente en  $180^\circ$  (figura 9).

La duración de los impulsos depende de la tensión continua aplicada al modulador de impulsos.

15 Los mencionados trenes de impulsos controlan los transistores  $T_1$  y  $T_2$  de conmutación conectados en el circuito primario del transformador de corriente de filamento.

20 En este circuito se mide nuevamente el valor eficaz de la corriente de filamento, de modo que se cierra el bucle de control. Cuando se utiliza una orden de disponibilidad se cierra el bucle de control solamente después de un tiempo dado.

25 Está incluida la última característica para permitir que el paso final sea excitado plenamente de modo que el filamento del tubo de rayos X se eleve



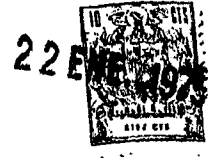
más rápidamente hasta la temperatura de funcionamiento (intensificación de tensión).

5 Esto se debe a que el sistema regulador considera solamente el valor eficaz de la corriente de filamento y no considera la temperatura del cátodo.

10 La figura 5 es un diagrama de circuito que representa esquemáticamente los elementos básicos del mencionado circuito. El tiempo durante el cual, después de la orden de disponibilidad, el circuito regulador no está aún cerrado se determina en el circuito de intensificación.

15 En el estado inoperante no están excitados los relés  $S_1$  y  $S_3$ . Se aplican dos tensiones a un comparador K. La tensión en la entrada 1 del comparador es igual a  $-I_{soll}$ . En el estado inoperante, está aplicada cualquiera de las dos tensiones  $-I_{ist}$  ó  $V_3$  a la entrada 2.  $V_3$  es una tensión que corresponde a la corriente de precalentamiento del foco.

20 Si se realiza siempre fluoroscopia con un foco pequeño y el aparato es conmutado entonces a radiografía con foco grande, entonces la orden  $I_{f_{ist}}$  de disponibilidad es igual a la corriente de filamento que proporciona el foco pequeño. Sin embargo, este valor  
25 lor no se aplicaría a la entrada del comparador.



Ha de aplicarse una tensión que corresponde a la corriente de filamento que, cuando está presente la orden de disponibilidad, fluye a través del foco de radiografía (tensión  $V_3$ ).

5 En el caso de fluoroscopia y radiografía con el mismo foco, no está excitado un relé  $S_2$ . Pero en este caso  $I_{f_{ist}}$  es la corriente de filamento que fluye a través del foco de radiografía en la orden de disponibilidad.

10 Tan pronto como se excita el relé  $S_1$ , es almacenado el valor  $I_{f_{ist}}$  en un condensador C (contacto a abierto). Al mismo tiempo, se inicia el funcionamiento de un integrador por intermedio de los contactos b y c, de modo que se aplica una tensión que crece linealmente a la entrada 2 del comparador.

15 Tan pronto como esta tensión excede de la tensión  $I_{f_{soll}}$ , el comparador K cambia bruscamente su nivel de tensión, se excita el relé  $S_3$  y se cierra el bucle de regulación.

20 De este modo, el tiempo de intensificación depende de:

- a) la corriente de filamento que atravesó el foco de radiografía durante el período de disponibilidad-arranque (historial),
- 25 b) la corriente de filamento requerida para radiografía.



22 ENE. 1975

Mientras no se haya cerrado aún el relé  $S_3$  después de la orden de disponibilidad, se aplica una tensión  $V_2$  a la entrada de un limitador L. Como resultado, el modulador suministra un tren de impulsos de duración de impulsos máxima, de modo que la corriente de filamento es elevada a un máximo.

El limitador tiene la función de limitar la tensión de salida del modulador a un valor inferior a  $V_L$  para impedir que el modulador suministre trenes de impulsos cuya duración de impulso excedería del valor de 2 ms. La variación de  $V_L$  permite incluso la limitación a duraciones de impulso de menos de 2 ms. De este modo,  $V_L$  es un ajuste que permite la selección de la duración máxima de impulso y, por tanto, de la corriente de filamento máxima.

El circuito de duración de impulso está representado en la figura 6. En este circuito la tensión  $V_1$  continua producida por el amplificador diferencial se compara en un comparador con una tensión ( $V_2$ ) que tiene una frecuencia y forma de onda fijas.

Está aplicada a una entrada 1 del comparador una tensión exponencial (figura 7) que se repone a una frecuencia fija de, por ejemplo, 400 Hz.

La duración  $\tau$  de impulso depende del valor de la tensión  $V_1$  de acuerdo con la fórmula:



$$\tau = RC \ln \frac{V_2}{V_2 - V_1}$$

El valor eficaz de la corriente de filamento es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de  $\tau$ , de acuerdo con la relación  $dI_{eff}:d\tau = 1:\sqrt{\tau}$ . Para duraciones de impulso pequeñas  $\frac{dI_{eff}}{d\tau}$  es máxima. En el modulador de duración de impulso,  $\frac{d\tau}{dV_1}$  es mínima para duraciones de impulso pequeñas.

Por medio de cálculos, el generador RC está dimensionado de modo que la función de transferencia dinámica entre  $V_1$  e  $I_{ff}$  es aproximadamente constante para cualquier valor de  $I_{eff}$ .

Esto proporciona la ventaja de que en el circuito del bucle de regulación solamente se necesita tener en cuenta un único valor de la función  $I_{eff} = f(V_1)$  de transferencia.

Después del comparador el impulso es convertido en un nivel adecuado para tratamiento lógico.

El tren de impulsos de 400 HZ procedente del modulador de duración de impulso está aplicado a un circuito como se representa en la figura 8.

Sobre una línea de este circuito hay un tren de impulsos de onda rectangular simétrica de 200 Hz que está en fase con el tren de impulsos de 400 Hz presente sobre la otra línea (figura 9).

Debido a que el inversor dispuesto en una de las entradas de una puerta ll "Y" inversora invierte la señal de entrada de 200 Hz, un impulso  $p_4$  de salida estará desfasado en  $180^\circ$  con relación a un impulso  $p_3$  de salida. Los trenes  $p_3$  y  $p_4$  de impulsos están aplicados a los transistores  $T_1$  y  $T_2$  de conmutación del circuito primario del transformador de corriente de filamento.

5

10

#### REIVINDICACIONES

15

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 recogen en las reivindicaciones siguientes:

20

1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un aparato integrado por un tubo electrónico y por medios para suministrar y ajustar la alimentación de corriente de filamento, en donde dicho tubo electrónico funciona en alta tensión, siendo en particular un tubo de rayos X,

25

10-7-76

- 16 -



y dichos medios suministran y ajustan la alimentación de corriente de filamento para tal tubo en función de una tensión de control, caracterizados por la disposición de medios ( $I_1$ ) para convertir la tensión ( $V_{RA}$ ) de control en una componente ( $a_1 \cdot V_{RA} + b_1$ ) que depende linealmente de  $V_{RA}$ , medios ( $I_2$ ) para convertir la tensión  $V_B$  de funcionamiento en una componente ( $a_2 \cdot \log V_B + b_2$ ) que depende linealmente del logaritmo de la tensión de funcionamiento, medios ( $I_3$ ) para producir una componente que es proporcional al producto de la desviación de la tensión ( $V_{RA}$ ) de control desde un valor dado y de la desviación del logaritmo de la tensión de funcionamiento de un valor dado, y medios ( $\Sigma$ ) para sumar las mencionadas componentes a fin de producir un valor ( $I_{\text{eff soll}}$ ) deseado para la alimentación de corriente de filamento del tubo.

2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizados por la disposición de medios (A) para convertir la corriente  $i_a$  de funcionamiento en una tensión ( $V'_{RA}$ ) que depende linealmente del logaritmo de la mencionada corriente de funcionamiento y que, después de la comparación con la tensión ( $V_{RA}$ ) de control, produce una componente de corrección adicional del mencionado valor deseado.

3ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizados por la disposición de medios (B) para convertir la corriente  $i_a$  de funcionamiento en una tensión ( $V'_{RA}$ ) que depende linealmente del logaritmo de la mencionada corriente de funcionamiento y que, después de la comparación con la tensión ( $V_{RA}$ ) de control, produce una componente de corrección adicional del mencionado valor deseado.

vindicación 1ª o la reivindicación 2ª, caracterizados porque el mencionado valor ( $I_{eff\ soll}$ ) deseado y una tensión proporcional a la corriente  $I_{eff}$  real de filamento se aplican a un comparador cuya salida controla un modulador de duración de impulso que proporciona impulsos de corriente de duración modulada al filamento del tubo.

4ª.- Perfeccionamientos introducidos en un aparato integrado por un tubo electrónico y por medios para suministrar y ajustar la alimentación de corriente de filamento.

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 dieciocho hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13. JUN. 1976

P.A.

Alberto de Eizaburu  
Por Poder

10-7-76  
VGD.

22 ENES 1953

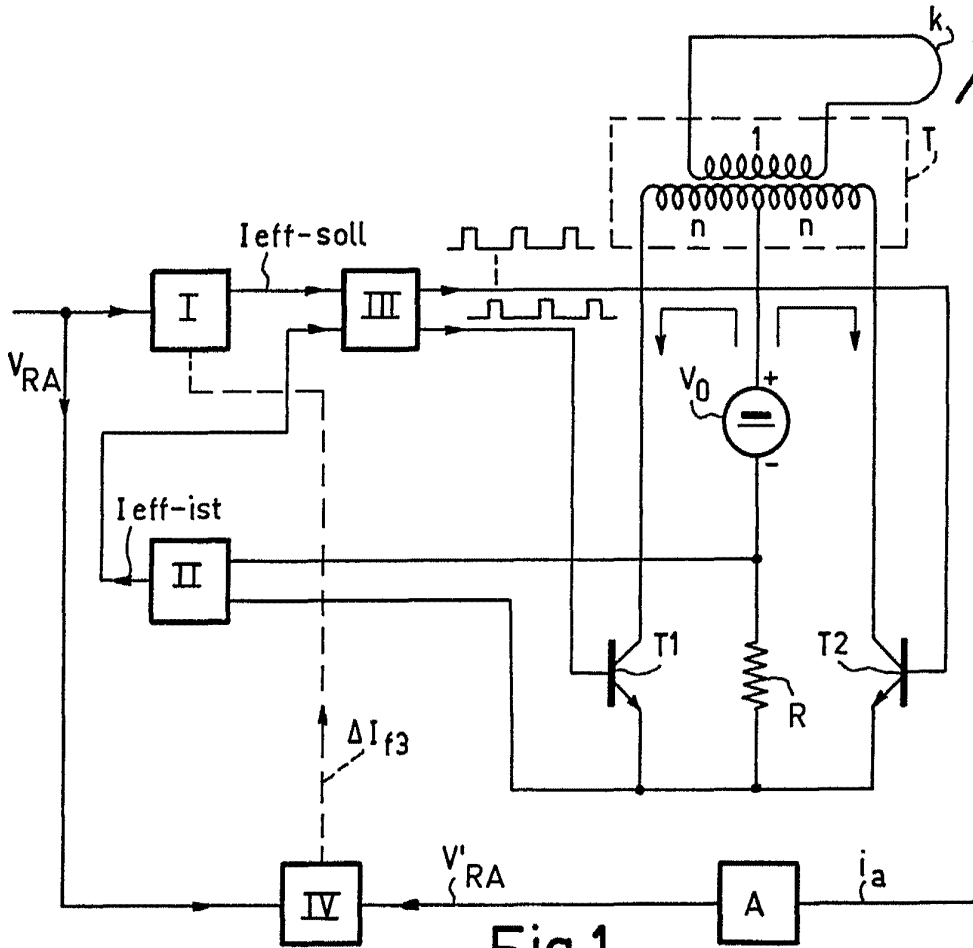


Fig.1

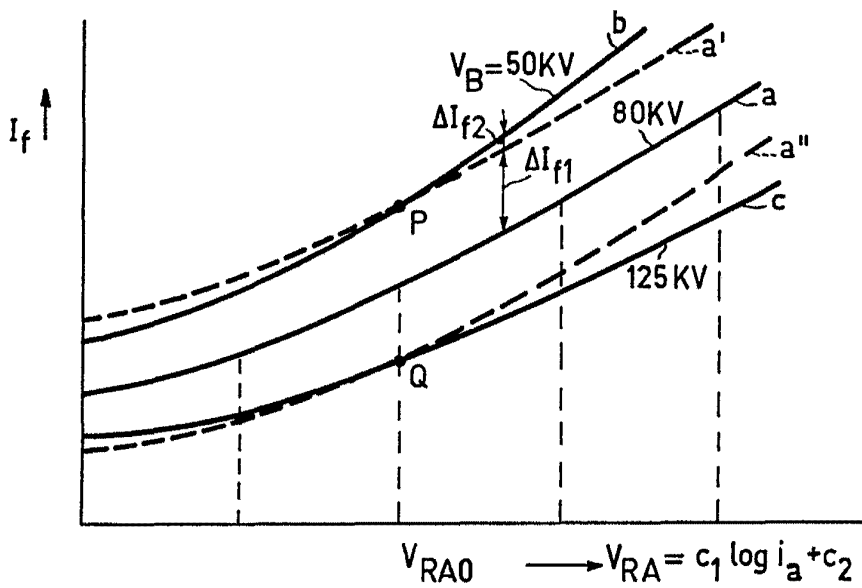


Fig.2

22 ENR 1975

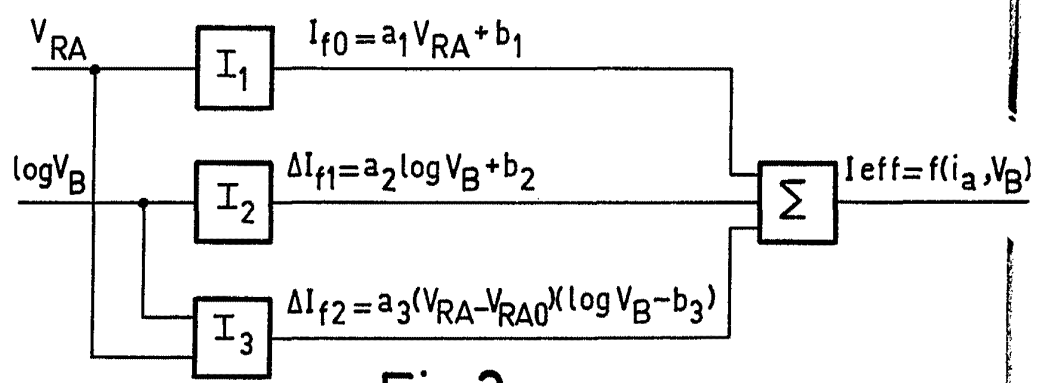


Fig. 3

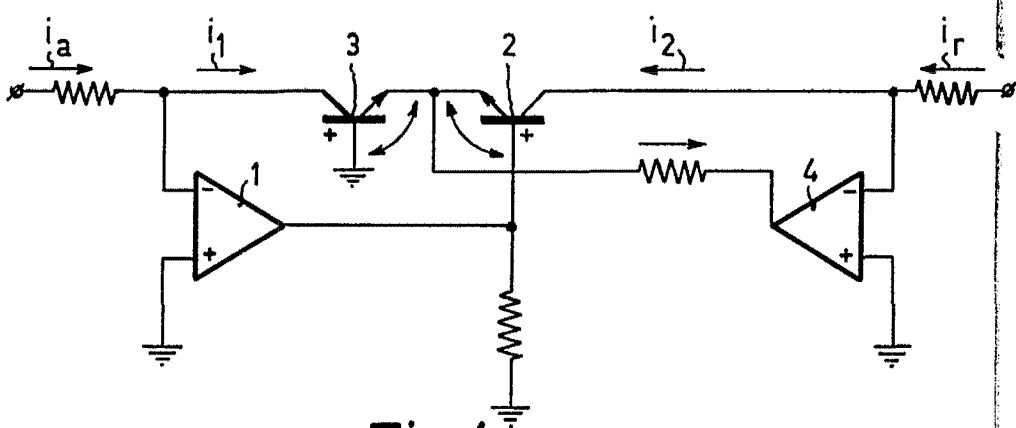
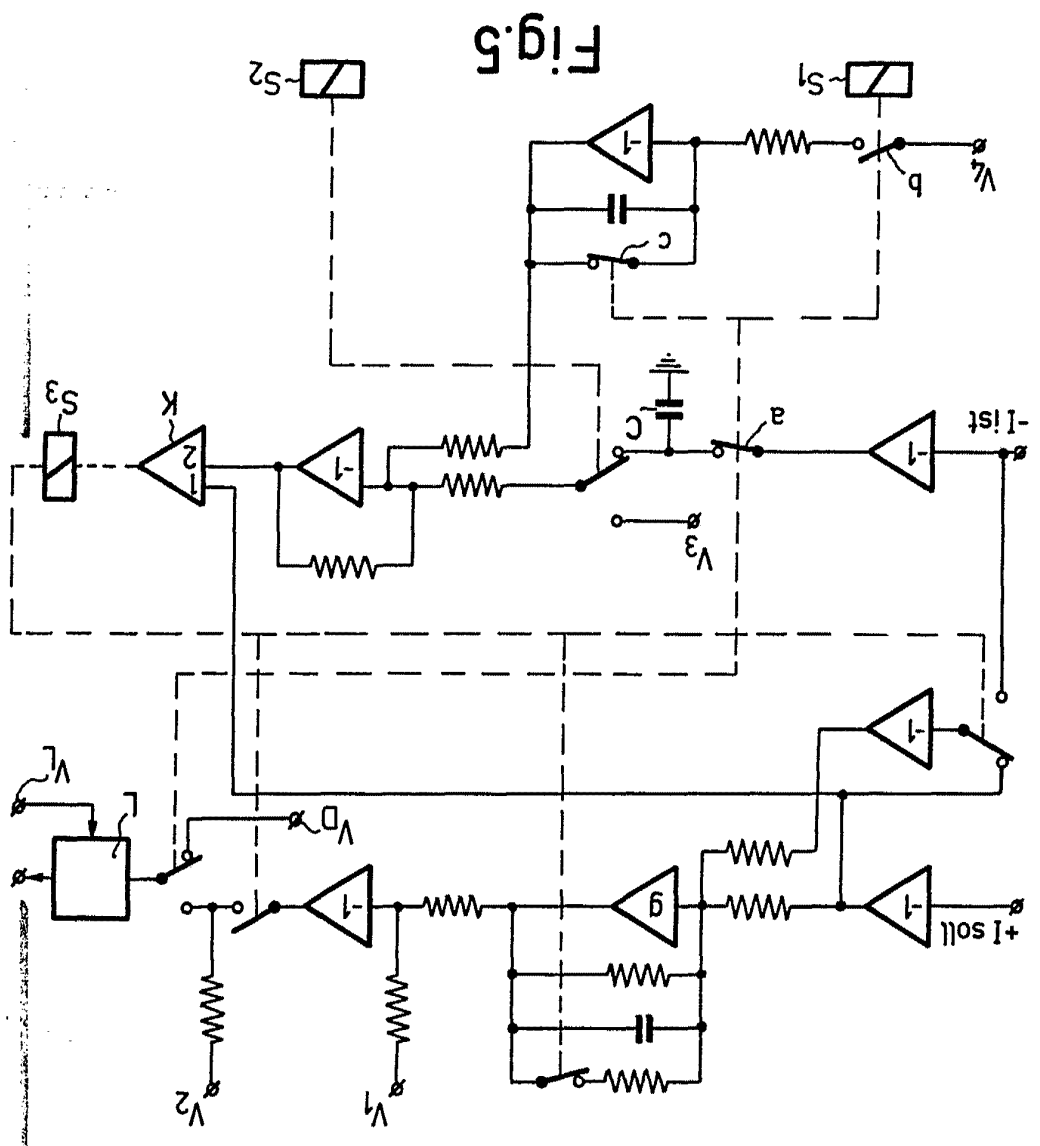
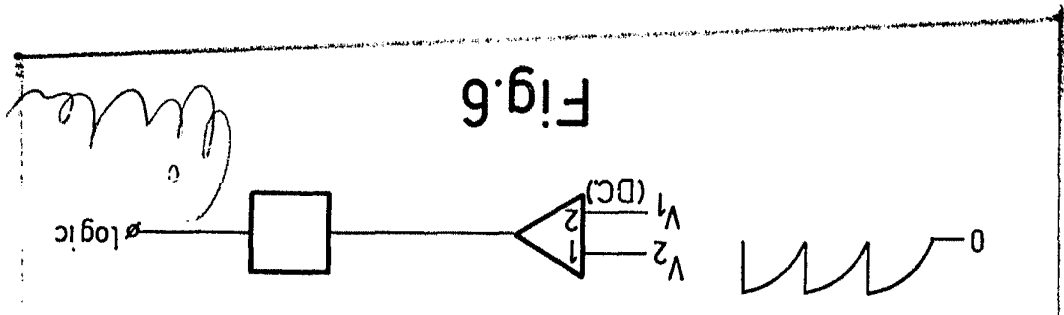


Fig. 4

Alberto de Elencoro  
 For Fig. 4



III/IV

N. V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN

486-7

22 ENVI

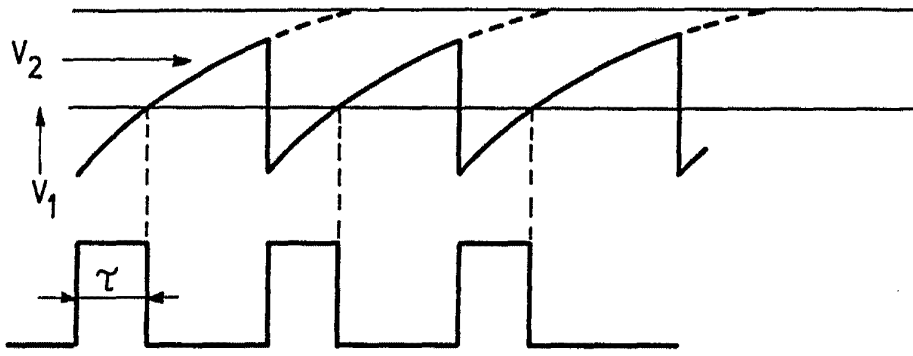


Fig.7

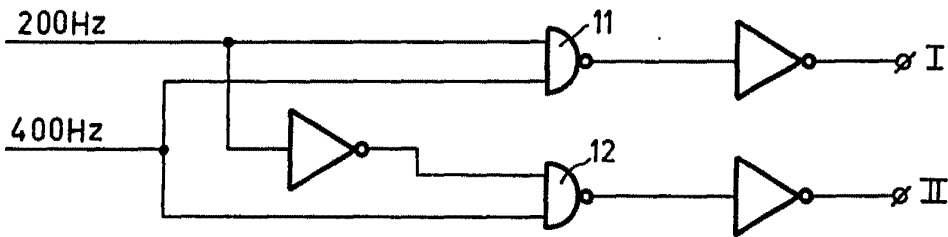


Fig.8

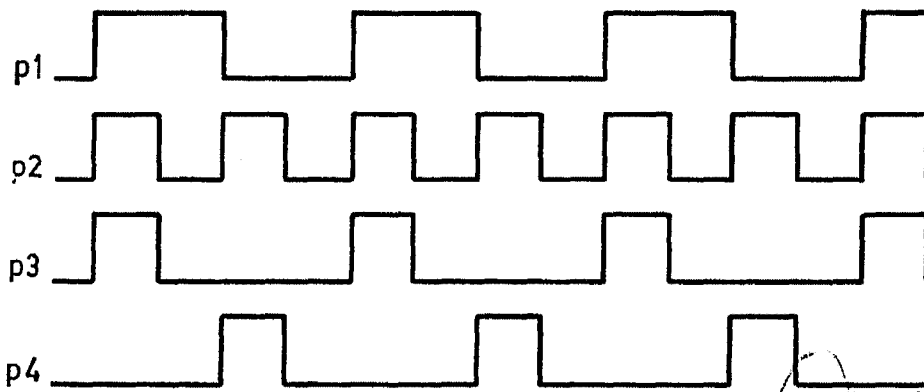


Fig.9

Alberto de Elzaduru  
Por Poder