

337283

P. 34.331

JL/pl-3043/67-C.E.A.
"D.3232-P-Régulation
de fréquence"



337283

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

PATENTE DE INVENCION

formulada el 25 de febrero de 1967 con el nº 337.283

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad
francesa, establecida en 29, rue de la Fédération, París,
Francia, por:

"DISPOSITIVO DE REGULACION PARA UN EMISOR RECEPTOR
SUPERHETERODINO"

El invento se refiere a los dispositivos de
regulación para emisores-receptores superheterodinos con
osciladores de hiperfrecuencia que tienen un mando elec-
trónico de frecuencia (klystrones-reflex, carcinotrones,
5 tubos de ondas progresivas del tipo TPO, etc); concierne
mas particularmente, pero no exclusivamente, a los dispo-
sitivos destinados a la regulación en frecuencia y en fa-
se de los "emisores-receptores superheterodinos de klystro



337283

nes-reflex para el estudio de la resonancia paramagnética electrónica.

5 Tiene, sobre todo, por finalidad, perfeccionar los dispositivos de regulación, especialmente en lo que concierne a la precisión de la subordinación tanto en frecuencia como en fase.

10 Un dispositivo de regulación según el invento, para un emisor-receptor superheterodino con osciladores de hiperfrecuencia de mando electrónico de frecuencia, especialmente con klystrones-reflex, a saber, un oscilador o klystron principal que suministra una primera señal, a la frecuencia principal de trabajo, aplicada sobre la unidad de utilización, constituida, en particular, por una cavidad de medición de una resonancia paramagnética electrónica, y un oscilador o klystron local que suministra una segunda señal, a la frecuencia local de heterodino, aplicada, eventualmente después del desfasaje, sobre un mezclador de recepción, que recibe igualmente una tercera señal, constituida por la onda reflejada por dicha unidad de utilización, y suministra una cuarta señal a la frecuencia intermedia de recepción, incluyendo cada uno de estos osciladores o klystrones-reflex un elemento de mando o reflector cuyo potencial negativo determina, en una zona estrecha de frecuencias operativas, la frecuencia del funcionamiento efectivo del oscilador o klystron correspondiente, se caracteriza por el hecho de que comprende

25 por una parte, un conjunto de medios, conocido en sí mismo, para realizar -por batimiento, en un mezclador de emisión, de dicha primera señal suministrada por

337283

16 MAR 1961

el oscilador o klystron principal y de dicha segunda se-
ñal suministrada por el oscilador o klystron local, con
objeto de obtener una quinta señal a la frecuencia inter-
media de emisión, y por comparación de fase entre esta
5 quinta señal y una sexta señal de referencia suministrada
por un oscilador de referencia estable, tal como un osci-
lador de cuarzo, - el enganche de la fase de dicha quinta
señal a la frecuencia intermedia de emisión sobre la de
dicha sexta señal de referencia, aplicando sobre el ele-
10 mento de mando o reflector del oscilador o klystron local
una tensión de control que es función de la diferencia en-
tre las fases de dicha quinta señal y de dicha sexta se-
ñal y que modifica el potencial de este elemento o reflec-
tor para anular esta diferencia de fase,
15 y, por otra parte, un conjunto para asegurar
-por una detección, especialmente síncrona - el sincronis-
mo entre dicha quinta señal a la frecuencia intermedia de
emisión y dicha cuarta señal a la frecuencia intermedia
de recepción, siendo aplicada la tensión producida por di-
20 cha detección, especialmente síncrona, que recae sobre el
término imaginario puro de dicha cuarta señal y, por lo
tanto, de dicha tercera señal, sobre el elemento de mando
o reflector del oscilador o klystron principal para modifi-
car su potencial con el fin de asegurar dicho sincronismo,
25 mientras que la tensión producida por dicha detección, es-
pecialmente síncrona, que recae sobre el término real de
dicha cuarta señal, y, por lo tanto, de dicha tercera se-
ñal, constituye una señal de medición, que representa, en
particular, la absorción de dicha primera señal por la ca-
30 vidad de medición.

337283



El invento persigue más particularmente la aplicación a los espectrómetros de resonancia paramagnética electrónica.

5 Y podrá ser, de todos modos, bien comprendido, con ayuda del complemento de descripción que sigue, así como del dibujo anejo, cuyos complemento y dibujo están dados, naturalmente, sobre todo a título de indicación.

10 La figura única de este dibujo ilustra, en forma de bloques funcionales, un modo de realización dado a título de ejemplo no limitativo, de un emisor-receptor dotado de los perfeccionamientos según el invento y destinado a mediciones de resonancia paramagnética electrónica.

15 Según el invento, al proponerse realizar un emisor-receptor con klystrones-reflex, con regulación de frecuencia y de fase, se procede como sigue o de una manera análoga.

20 Sea un emisor-receptor superheterodino con dos klystrones-reflex 1 y 2, a saber

25 - Un klystron principal 1, cuya cavidad la suministra una primera señal s_1 a la frecuencia principal de trabajo F_p , por ejemplo (como se representa) a través de un aislador de ferrita 3, un atenuador variable 4 y un circulador de ferrita 5, sobre la unidad de utilización 6 (que puede estar constituida por una cavidad de medición 7 de resonancia paramagnética electrónica que contiene en este caso -entre los dos polos de un electroimán 8 que crea un campo magnético uniforme \vec{H} de intensidad H - una muestra de una sustancia paramagnética que in

30

337283

16 MAR 1957



cluye electrones no emparejados), f

5 - un klystron local 2, cuya cavidad 2a suministra una segunda señal s_2 a la frecuencia local de heterodino F_1 , por ejemplo (como se representa) a través de un aislador de ferrita 9, un atenuador fijo 10 y un desfasador 11, sobre el mezclador de recepción 12 (que puede ser un mezclador preamplificador), que recibe igualmente una tercera señal s_3 constituida por la onda reflejada por dicha unidad de utilización 6 y suministra una
10 cuarta señal s_4 a la frecuencia intermedia de recepción F_r ,

incluyendo cada uno de estos klystron-reflex 1,2 un reflector o electrodo reflector, respectivamente 13 para el klystron 1, y 14 para el klystron 2, cuyo potencial negativo (que rechaza mas o menos los electrones enviados por un cañón de electrones y modulado en velocidad por la cavidad 1a, 2a, del klystron) determina, en una zona estrecha de frecuencias operativas, la frecuencia del funcionamiento efectivo del klystron correspondiente, es decir, respectivamente, la frecuencia F_p de
15 la señal s_1 del klystron 1, y la frecuencia F_1 de la señal s_2 del klystron 2.

Se sabe que los klystrones no presentan una estabilidad perfecta en frecuencia y en fase y es por esto por lo que se está obligado, en la mayoría de sus aplicaciones (especialmente para las mediciones de resonancia paramagnética electrónica), a estabilizar, en un emisor-receptor, tanto la frecuencia de la señal emitida por el
25 klystron principal como la frecuencia intermedia de emisión que resulta de un batimiento entre la frecuencia prin
30

337283



principal de trabajo y la frecuencia local.

A este efecto, se prevé, conforme al invento,

5 - por una parte, un conjunto de medios 15, en sí mismo conocido, para realizar por batimiento, en un mezclador de emisión 16, de una fracción de dicha primera señal s_1 , suministrada por el klystron principal 1 y derivada por un acoplador directivo 17 sobre el cual está igualmente ramificada una carga 17a, y de una fracción de dicha segunda señal s_2 , suministrada por el klystron local 2 y tomada por una T mágica 18 sobre la cual está igualmente ramificada una carga 18a, con objeto de obtener una quinta señal s_5 , a la frecuencia intermedia de emisión F_e , que después de la amplificación en un amplificador 19, es comparada, desde el punto de vista de la fase, en un discriminador de fase 20, con una sexta señal s_6 suministrada por un oscilador de referencia estable 21, tal como un oscilador de cuarzo -- el enganche de la fase de dicha quinta señal s_5 sobre la de dicha sexta señal s_6 del oscilador de referencia 21, aplicando sobre el reflector 14 del klystron local 2 una tensión de control t_1 , que es función de la diferencia entre las fases de dicha quinta señal s_5 y de dicha sexta señal s_6 , y que modificada el potencial de este reflector 14 para anular esta diferencia de fase,

25 - y, por otra parte, un conjunto 22 para asegurar, por detección síncrona, en detectores síncronos 23 y 24, el sincronismo entre dicha quinta señal s_5 (después de la amplificación en el amplificador 19), a la frecuencia intermedia de emisión F_e , y dicha cuarta señal

337283



s_4 (después de la amplificación en un amplificador 25) a la frecuencia intermedia de recepción F_r , siendo aplicada la tensión t_2 producida por la detección síncrona en el detector síncrono 24, que recae sobre el término
5 imaginario puro de la señal s_4 y, por lo tanto, de la señal s_3 (desfasando el desfasador 26 de la señal s_5 en $\pm \frac{\pi}{2}$), sobre el reflector 13 del klystron principal 1 para modificar su potencial con el fin de asegurar dicho sincronismo, mientras que la tensión t_3 producida por la detección
10 síncrona en el detector síncrono 23, que recae sobre el término real de la señal s_4 y, por lo tanto, de la señal s_3 , constituye una señal de medición, que representa, en particular, la absorción de dicha primera señal s_1 por la cavidad de medición 7.

15 El funcionamiento del dispositivo según la figura única es el siguiente :

El klystron principal 1 envía una señal u onda s_1 , emitida por su cavidad la a la frecuencia principal de trabajo F_p , a la cavidad de medición 7, a través
20 del aislador 3 que impide el retorno de cualquier onda hacia la cavidad la del klystron 1, permitiendo el atenuador 4 regular el nivel de la onda que llega a la cavidad de medición 7 y permitiendo el circulador 5, como se representa por las flechas, que la onda s_1 atenuada por el
25 atenuador 4, llegue a la cavidad 7 y dirigiendo la onda eventual reflejada por la cavidad, y que constituye la señal s_3 , hacia el mezclador-preamplificador 12.

En el caso de una medición de resonancia paramagnética electrónica, la muestra paramagnética de la cavidad 7
30 presenta una frecuencia de resonancia f dada por la fórmula

337283



$f = \frac{g \cdot b}{h} \cdot H$, en la cual g es el factor de Landé para el electrón, b es el valor del magnetón de Bohr, h es la constante de Planck, y H (como se ha indicado anteriormente) la intensidad del campo magnético \vec{H} aplicada a la cavidad 7.

5
10
15
Si la frecuencia F_p enviada por el klystron 1 a la cavidad 7 es igual a f frecuencia de resonancia de esta cavidad, la onda o señal s_1 es absorbida completamente y no existe reflexión desde la cavidad 7 hacia el mezclador-preamplificador 12 a través del circulador 5; por consiguiente, la señal s_3 es nula. Por el contrario, cuando F_p es diferente de f , la intensidad de la señal s_3 (la intensidad de la onda reflejada por la cavidad 7) es proporcional a la pendiente de la curva de absorción de la

El klystron local 2 está destinado esencialmente a realizar el cambio de frecuencia en el mezclador-preamplificador 12 y envía, por consiguiente, una parte de la onda o señal s_2 emitida por su cavidad 2a hacia esta unidad 12 a través del aislador 9 impidiendo que cualquier onda vuelva a la cavidad 2a, sirviendo la T mágica 18, y el atenuador 10 para regular el nivel y permitiendo el desfasador 11 regular la fase de manera que la señal f_2 , que se aplica finalmente sobre el mezclador-preamplificador 12, tenga la fase correcta con relación a la señal u onda s_3 . Este mezclador-preamplificador 12 suministra una señal s_4 a la frecuencia intermedia de recepción F_r , que es amplificada por el amplificador 25.

30
Una pequeña fracción de la señal s_2 es enviada hacia la otra rama de salida de la T mágica 18, para

337283



alcanzar un mezclador 16 que recibe igualmente una parte de la onda o señal s_1 suministrada por el klystron principal 1 y derivada por el acoplador directivo 17, por ejemplo 20 decibeles. El movimiento o batimiento de frecuencia F_p de s_1 y de F_1 de s_2 en el mezclador 16, proporciona la señal s_5 a la frecuencia intermedia de emisión $F_e = F_p - F_1$. La señal s_5 es amplificada en el amplificador 19, antes de ser aplicada en el discriminador de fase 20 que recibe como referencia la señal u onda s_6 suministrada por el oscilador de cuarzo 21. Por ejemplo, la frecuencia de este oscilador (y, por consiguiente, la frecuencia intermedia de emisión) es de 30 MHz. La tensión continua t_1 , que es una función creciente de la diferencia de fase entre las señales s_6 y s_5 , es enviada sobre el reflector 14 del klystron local 2 para actuar sobre este con el fin de obligar a la fase de la frecuencia media de la señal s_5 a permanecer fija sobre la fase de la onda s_6 suministrada por el oscilador de cuarzo 21. Se puede obtener así una sincronización de fase con un error inferior a 2° . Se realiza, pues, por el conjunto 15, una subordinación en fase del klystron local 2 con relación al oscilador de cuarzo 21.

En la salida del amplificador 19, se toma una fracción de la señal s_5 amplificada, para realizar, en la unidad 22, una detección sincrónica de la señal s_4 amplificada en el amplificador 25. A este respecto, se observará que el cristal o elemento no lineal del mezclador-preamplificador 12 está polarizado por la onda s'_2 , ajustada por el atenuador 10 y el desfasador 11, y es la señal de batimiento s_4 , que sale del mezclador-preamplificador 12 y

337283

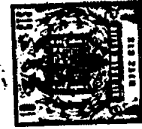


amplificada en el amplificador 25, la que es sometida a una doble detección sincrónica en los detectores síncronos 23 y 24, estando constituida la referencia para estos dos detectores, como se ha indicado anteriormente, por la señal s_5 amplificada en el amplificador 19. El detector 23 recibe la señal s_5 no desfasada, mientras que el detector 24 recibe esta señal desfasada en $\pm \frac{\pi}{2}$.

La onda s_3 reflejada por la cavidad de medición 7, cuando F_p es diferente de f , presenta una componente real y una componente imaginaria pura. Cuando se toma, como fase de referencia, la fase de la componente real, es decir, la señal s_5 no desfasada, la detección sincrónica en el detector 23 no es sensible mas que a las componentes reales reflejadas por la cavidad 7 y suministradas por el mezclador-preamplificador 12, ajustando el desfasador 11 precisamente la fase de s_2 a este efecto.

Por el contrario, en el detector 24, la referencia está constituida por una onda desfasada en $\pm \frac{\pi}{2}$ con relación a s_5 , y la detección sincrónica no es sensible mas que en el término imaginario puro de s_4 y, por consiguiente, de s_3 . Ahora bien, este último término corresponde al deslizamiento de las frecuencias de sintonización de la cavidad 7 con relación al klystron principal 1, es decir, al deslizamiento de frecuencia entre F_p y f . La tensión t_2 , suministrada por el detector síncrono 24, es, pues, función del deslizamiento de frecuencia, y actúa sobre el reflector 13 del klystron principal 1 para corregir este deslizamiento de frecuencia. Se realiza así la subordinación en frecuencia del klystron principal 1 a la frecuencia de resonancia de la cavidad 7.

337283



En cuanto a la componente real de s_3 y de s_4 , representa la absorción de la onda s_1 en la cavidad 7. Por este motivo, la tensión de salida t_3 del detector síncrono 23 es representativa de la señal de absorción χ'' para la muestra paramagnética de la cavidad 7 sometida al campo magnético de intensidad H. Se ve, pues, que el registro de t_3 permite el estudio de la absorción y que, por consiguiente, el conjunto de la figura única puede funcionar como espectrómetro de resonancia paramagnética electrónica con registro automático, estando subordinado el klystron principal 1 en frecuencia a la resonancia de la cavidad 7, mientras que el klystron local 2 está subordinado, por una parte, en frecuencia, con relación al klystron principal 1 y, por otra parte, en fase con relación al cuarzo del oscilador de referencia 21, no excediendo el error de frecuencia entre los dos klystrones 1 y 2 de 0,005 Hz.

Se establece así un dispositivo de regulación para emisores-receptores superheterodinos con klystrones-reflex, que presenta, con relación a los dispositivos de regulación anteriores de la clase en cuestión, numerosas ventajas, especialmente las siguientes:

En primer lugar, permite realizar mediciones precisas y automáticas, especialmente de resonancia paramagnética electrónica.

Garantiza una excelente subordinación en frecuencia del klystron principal a la resonancia de la cavidad u otra unidad de medición.

Realiza la subordinación en frecuencia del klystron local con relación al klystron principal.

337283

16



Realiza, finalmente, una subordinación en fase del batimiento de frecuencia media con relación a un oscilador de referencia.

5 Con un solo cristal, y por lo tanto una sola frecuencia HF (a 30 MHz), permite subordinar los dos klystrones y la FM y efectuar una detección superheterodina en un detector de fase.

10 Como es evidente, y como resulta ya, además, de lo que precede, el invento no se limita en absoluto a aquellos modos de aplicación, así como tampoco a aquellos modos de realización de sus diversas partes que han sido más especialmente considerados; abarca, por el contrario, todas las variantes.

15 Especialmente, se puede utilizar, en lugar de los klystrones, otros osciladores de hiperfrecuencia que poseen un elemento de mando electrónico, especialmente carcinotrones y tubos de ondas progresivas del tipo TPO. Por lo demás, la detección de la señal FM podría ser de un tipo distinto que síncrono.

20 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Francia, el 26 de Febrero de 1966, con el número 51.249, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

337283
N O T A



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 siguientes:

- 5 1.- Dispositivo de regulación para un emisor-receptor superheterodino con osciladores de hiperfrecuencia de mando electrónico de frecuencia, especialmente con klystron-reflex, a saber, un oscilador o klystron principal que suministra una primera señal a la frecuencia principal de trabajo, aplicada sobre la unidad de utilización, constituida, en particular, por una cavidad de medición de una resonancia paramagnética electrónica, y un oscilador o klystron local que suministra una segunda señal, a la frecuencia local de heterodino, aplicada, eventualmente después del desfasaje, en un mezclador de recepción, que recibe igualmente una tercera señal, constituida por la onda reflejada por dicha unidad de utilización, y suministra una cuarta señal a la frecuencia intermedia de recepción, incluyendo cada uno de estos osciladores o klystrones-reflex un elemento de mando o reflector cuyo potencial negativo determina, en una zona estrecha de frecuencias operativas, la frecuencia de funcionamiento efectivo del oscilador o klystron correspondiente, caracterizado por el hecho de que comprende, por una parte, un conjunto de medios, en sí mismo conocido, para realizar - por
- 10
- 15
- 20
- 25

337283



batimiento, en un mezclador de emisión, de dicha primera
señal suministrada por el oscilador o klystron principal
y de dicha segunda señal suministrada por el oscilador o
klystron local, con objeto de obtener una quinta señal a
5 la frecuencia intermedia de emisión, y por comparación de
fase entre esta quinta señal y una sexta señal de referencia
suministrada por un oscilador de referencia estable,
tal como un oscilador de cuarzo - el enganche de la fase
de dicha quinta señal a la frecuencia intermedia de emi-
10 sión sobre la de dicha sexta señal de referencia, aplicando
sobre el elemento de mando o reflector del oscilador o
klystron local una tensión de control que es función de la
diferencia entre las fases de dicha quinta señal y de di-
cha sexta señal y que modifica el potencial de este elemento
15 to o reflector para anular esta diferencia de fase, y, por
otra parte, un conjunto para asegurar - por una detección,
especialmente síncrona - el sincronismo entre dicha quin-
ta señal a la frecuencia intermedia de emisión y dicha
cuarta señal a la frecuencia intermedia de recepción, siendo
20 do aplicada la tensión producida por dicha detección espe-
cialmente síncrona, que recae sobre el término imaginario
puro de dicha cuarta señal y, por tanto, de dicha tercera
señal, sobre el elemento de mando o reflector del oscila-
dor o klystron principal para modificar su potencial, con
25 el fin de asegurar dicho sincronismo, mientras la tensión
producida por dicha detección, especialmente síncrona, que
recae sobre el término real de dicha cuarta señal, y por
lo tanto, de dicha tercera señal, constituye una señal de
medición, que representa, en particular, la absorción de
30 dicha primera señal por la cavidad de medición.

337283



2.- Dispositivo de regulación para un emisor receptor superheterodino.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

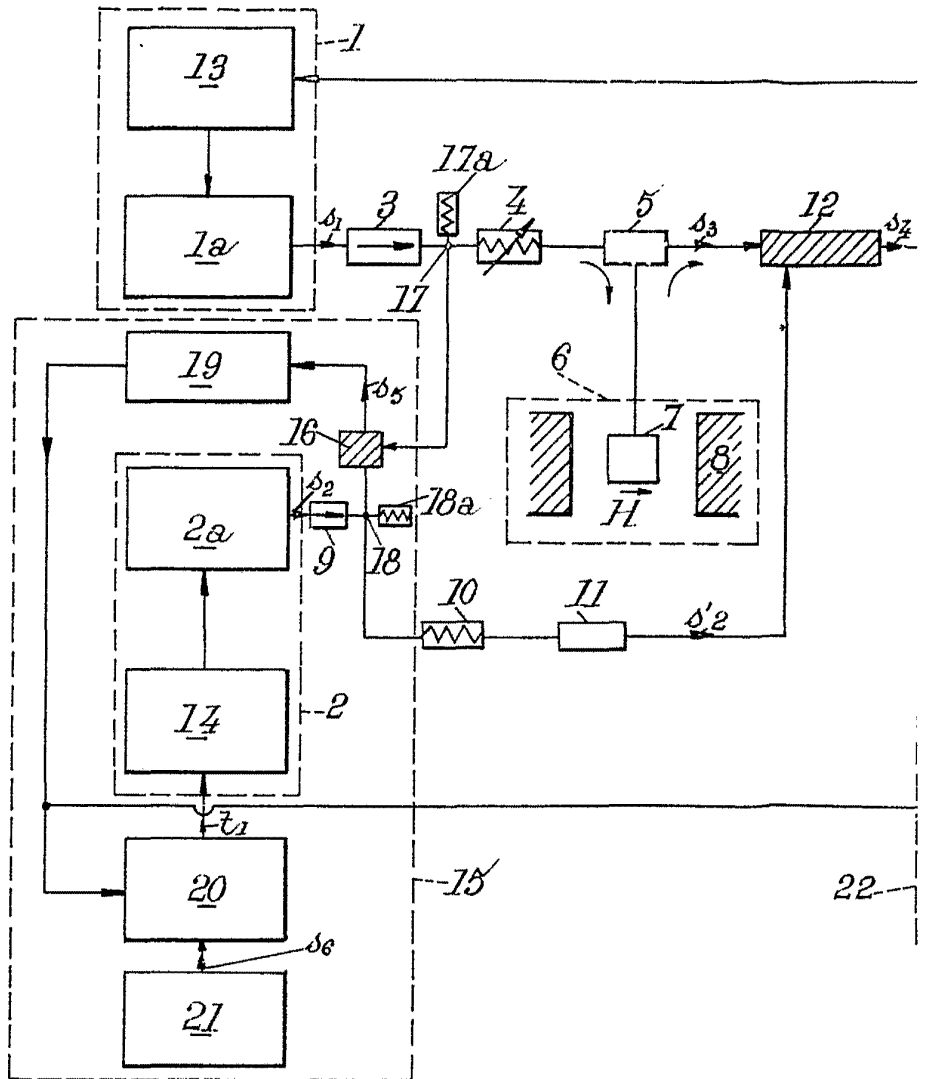
Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

16 MAR 1967

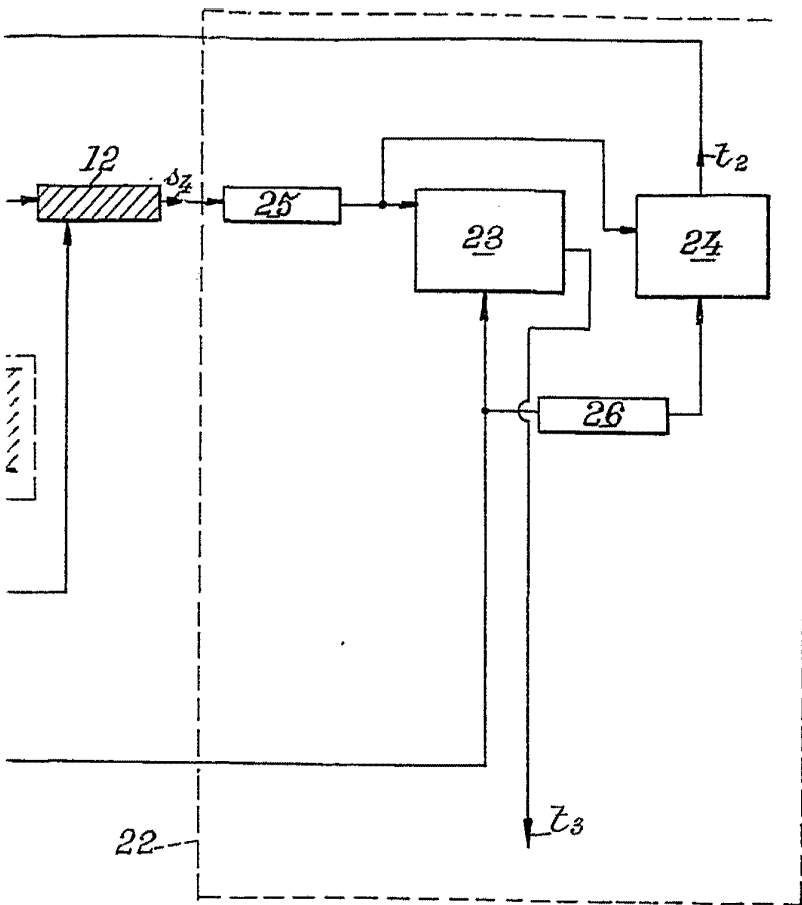
Madrid,

Alfredo de la Haza
Ingeniero

337283



337283



Qw