

286 510

286510

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE INVENCION
EN ESPAÑA POR: "SISTEMA DE TRANSMISION DE BANDA LATERAL
UNICA COMPATIBLE", A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A.
DOMICILIADA EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO, 5

El presente invento se refiere a sistemas de transmisión de banda lateral única compatibles, esto es sistemas de transmisión en los que la señal de banda lateral única y concretamente del tipo A3a con una portadora reducida, se modifica a fin de que un receptor de detección de amplitud de doble banda del tipo A3 pueda recibirla (con distorsión baja).

Estos sistemas permiten conseguir el beneficio de las ventajas bien conocidas de la transmisión en SSB (Single Side Band = Banda lateral única) mientras que se utilizan como receptores los convencionales de banda doble. Pueden utilizarse para radiodifusión cuando sea aceptable la instalación de un transmisor de SSB, más costoso y complicado, ya que no implican

./..

la modificación de receptores convencionales.

Ha sido propuesto el transmitir la portadora con su amplitud completa de 1 y una banda lateral única con una amplitud pico de 1 (modo de transmisión A3H, SSB con portadora no suprimida). Tal señal puede recibirse prácticamente sin distorsión con un receptor de detección de amplitud cuando la relación de modulación de la banda lateral es baja. Sin embargo, cuando esta relación es alta aparecerá en la recepción una distorsión armónica importante.

Es también bien sabido que una señal A3 puede ser emitida por un transmisor de SSB creando separadamente la portadora de amplitud 1 y dos bandas laterales de amplitud $1/2$, pero en este caso se necesitan dos filtros de banda lateral, pero la mayor parte de los transmisores móviles tienen sólo un filtro de banda lateral. La potencia portadora A3 así obtenida es igual a $1/4$ de la potencia de envolvente pico y la potencia de cada banda lateral es $1/16$ de dicha potencia pico.

Ha sido propuesto transmitir una señal compatible modificando un transmisor convencional de doble banda, por ejemplo en el artículo titulado "Compatible Single Sideband" (Banda Lateral Unica Compatible) descrito por Leonard R. Kahn en "Proceedings of IRE" de Octubre de 1961.

Finalmente, es conocido un procedimiento para transmitir señales compatibles utilizando un transmisor de banda lateral única. Es sabido que una señal de SSB puede considerarse como un producto de dos componentes, siendo una una componente modulada en fase y la otra una componente modulada en amplitud (siendo la componente métrica tanto más diferente de la señal de modulación como mayor sea la relación de modulación). En este procedimiento se suprimen los armónicos de la componente modulada en amplitud, haciendo esto que la señal transmitida sea más compatible.

De acuerdo con una característica del presente invento, se obtiene una señal compatible combinando una señal de banda lateral única con una señal de corrección en la que los armónicos de la componente modulada en am-

plitud de la señal de banda lateral única han sido modificados.

De acuerdo con otra característica del invento se provee un transmisor capaz de transmitir una onda de banda lateral única con una portadora no suprimida y este transmisor, a fin de obtener señales transmitidas compatibles, está provisto de un equipo que comprende medios para obtener separadamente la componente modulada en amplitud y la componente modulada en fase, de la señal de banda lateral única, de medios para separar el contenido armónico de la componente modulada en amplitud y de un modulador para volver a combinar dicho contenido armónico sólo con la componente modulada en fase, siendo la señal de corrección provista por dicho modulador, combinada en fase opuesta con la señal de banda lateral única, antes del paso final transmitido.

Según otra característica del invento, el equipo destinado a hacer compatibles las señales comprende medios para obtener la componente modulada en amplitud, medios para extraer de la misma el contenido armónico y un modulador para combinar dicho contenido armónico con la onda portadora, siendo la señal de dicho modulador inyectada como anteriormente.

Según otra característica del invento, el espectro de la señal provista por dicho modulador se limita en un filtro de paso bajo o de paso de banda de modo que la señal de corrección queda totalmente dentro de la banda de frecuencia de dicha señal de doble banda lateral equivalente y casi la totalidad de la energía de la señal transmitida queda dentro de la banda lateral única considerada.

Otros fines y características del presente invento serán evidentes por la siguiente descripción de formas del mismo dadas con referencia a los adjuntos dibujos en los cuales:

Las figs. 1 y 2 representan una señal de banda lateral única antes y después de la limitación.

La fig. 3 representa una forma del invento.

La fig. 4 representa otra forma del invento.

Considérese una señal de banda lateral única:

Si la señal de modulación es una onda sinusoidal pura de pulsación ω y amplitud 1 y si la pulsación de la portadora de amplitud 1 es Ω , la señal transmitida se expresará con la fórmula:

$$(1) \quad S = 2 \cos \frac{\omega t}{2} \cos \left(\Omega t + \frac{t}{2} \right)$$

75

La envolvente de la señal de alta frecuencia tiene una pulsación ω y la señal detectada por un detector de amplitud se representa por:

$$2 \left| \cos \frac{\omega t}{2} \right| = f(\omega t) \quad \text{cuya envolvente Fourier es como sigue:}$$

$$f(\omega t) = \frac{4}{\pi} + \frac{8}{3\pi} \cos \omega t - \frac{8}{15\pi} \cos 2\omega t + \frac{8}{35\pi} \cos 3\omega t +$$

$$(-1)^{n+1} \frac{2}{\pi(n^2 - 1/4)} \cos n\omega t = \frac{4}{\pi} + \frac{8}{3\pi} \cos \omega t + H(\omega t)$$

80

La señal transmitida es equivalente a la señal que se obtendría modulando en amplitud una portadora de frecuencia $\Omega + \frac{\omega}{2}$ y amplitud 1 por la función $f(\omega t)$, comprendiendo un término constante $\frac{4}{\pi}$, una señal útil de frecuencia ω y amplitud $\frac{8}{3\pi}$ y una serie ilimitada de armónicos representados en lo anterior por $H(\omega t)$. Pero la portadora considerada

85

efectuará un cambio de fase de π en cada cruce de cero de la señal $\cos \frac{\omega t}{2}$. Esta portadora se denominará $\psi \left(\Omega t + \frac{\omega t}{2} \right)$.

La función ψ se escribe:

$$\psi \left(\Omega t + \frac{\omega t}{2} \right) = \cos \left(\Omega t + \frac{\omega t}{2} + i\pi \right) \quad \text{con} \quad \begin{cases} i = 0 \text{ pr } \cos \frac{\omega t}{2} > 0 \\ i = 1 \text{ pr } \cos \frac{\omega t}{2} < 0 \end{cases}$$

90

desarrollada en series Fourier la función se escribe como sigue:

$$\psi = \frac{2}{\pi} \cos \Omega t \dots + (-1)^{n+1} \frac{2}{\pi} \frac{1}{2n-1} \cos (\Omega + n\omega) t - (-1)^{n+1} \frac{2}{\pi} \frac{1}{2n+1} \cos (\Omega - n\omega) t$$

La señal transmitida se designa: $f(\omega t) \cdot \psi \left(\Omega t + \frac{\omega t}{2} \right)$.

95

Dicho de otro modo, la señal puede expresarse bajo la forma del producto de una componente modulada en amplitud $f(\omega t)$ y una componente modulada en fase $\psi \left(\Omega t + \frac{\omega t}{2} \right)$.

Ha de observarse que aunque $f(\omega t)$ y $\psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2})$ cada una comprende una serie infinita de armónicos, sin embargo la señal transmitida está constituida por dos líneas espectrales diferenciadas, y sólo dos, siendo esto debido a la propia definición de f y ψ .

Según el invento, generando una portadora idéntica a la que se acaba de describir por la función ψ , modulada sólo por armónicos $H(\omega t)$ en oposición de fase con los armónicos de la señal $f(\omega t)$ y sumando esta señal a la señal S se obtiene:

$$(2) S' = f(\omega t) \psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2}) - H(\omega t) \psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2}), \text{ ó}$$

$$(2') S' = \frac{4}{\pi} (1 + \frac{2}{3} \cos \omega t) \psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2})$$

Un detector de amplitud que no detecta los cambios de fase de la señal recibe entonces una señal equivalente a la producida por una portadora con una amplitud $\frac{4}{\pi}$ modulada en un 66,6%.

Así, la potencia portadora sería (con referencia a la potencia pico 4):

$$\frac{16}{\pi^2 \times 4} = \frac{4}{\pi^2} \text{ de la potencia pico}$$

y la potencia de cada banda lateral sería:

$$\frac{4}{\pi^2} \times \frac{1}{9} \text{ de la potencia pico.}$$

La fig. 3 representa esquemáticamente una forma de transmisor de SSB compatible, según el invento. El transmisor comprende las unidades que pueden transmitir una señal de banda lateral única con una portadora no suprimida y el equipo adicional 1 antes detallado.

La señal de entrada de audiofrecuencia $\cos. t$ se aplica a través del terminal 2 al modulador de banda lateral única 3, el generador de onda portadora se conecta a la otra entrada de dicho modulador 3 seguido de un circuito de filtro de banda lateral única 5 en cuya salida el espectro de la señal tiene la forma representada en 6. La señal 6 y la onda portadora del generador 4 se combinan en el circuito 7 cuya señal de salida tiene un

125 espectro representado en 8. Entonces, dicha ~~señal puede aplicarse~~ a un amplificador lineal, no se muestra, cuya salida se conecta a una antena de transmisión.

Para obtener la señal de SSB según el invento, la señal S de espectro 8 se aplica, por un lado al detector 9 y por otro lado, al limitador 10 del equipo adicional 1. En la salida del detector 9 se obtiene la componente modulada en amplitud $f(\omega t)$, mientras que en la salida del limitador 10 es la componente $\psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2})$. La componente $f(\omega t)$ se aplica al integrador 11 a través del condensador C que elimina la constante $\frac{4}{\pi}$ de esta componente. Por otra parte, el integrador 11 recibe la señal de entrada de 135 audiodfrecuencia $\cos \omega t$ con el coeficiente $\frac{8}{3\pi}$ cuando pasa a través del atenuador 12. El circuito integrador 11 efectúa la operación:

$$\left(f(\omega t) - \frac{4}{\pi} \right) - \frac{8}{3\pi} \cos \omega t = H(\omega t)$$

En la salida del integrador 11 se obtiene así la parte armónica $H(t)$ que se aplica a una entrada del modulador simétrico 13 cuya segunda 140 entrada recibe la componente ψ . La señal de salida del modulador 13 es el producto de la función H por la función ψ . Dicha señal se aplica a un inversor de polaridad conectado al integrador 15 cuya salida recibe la señal S de espectro 8. A la salida del integrador 15 se obtiene así la señal antes mencionada S' que es compatible según la antes mencionada definición. La 145 señal S' se aplica a un amplificador lineal cuya salida se conecta a la antena de transmisión.

El limitador 10 da la función $\psi(\omega t + \frac{\omega t}{2})$ limitando la amplitud de los ciclos de alta frecuencia de la señal S para obtener señales de onda cuadrada de amplitud constante cuya fase no es alterada.

150 Las figs. 1 y 2 representan la señal S antes y después de la limitación. Muestran los cambios de fase π entre los ciclos correspondientes a valores positivos y negativos del $\cos(\frac{\omega t}{2})$. La señal cuadrada de la fig. 2 supone un limitador perfecto. En realidad, cerca de $\cos(\frac{\omega t}{2}) = 0$ una parte de la señal S no se somete a la acción del limitador imperfecto, pero puede

155 mostrarse que la fracción de la potencia total de la señal después del limitador correspondiente a esta parte no limitada de la señal S tiende hacia 0 cuando la eficacia del limitador aumenta indefinidamente,

160 Estará claro que para alcanzar este resultado, el transmisor tiene que transmitir todos los armónicos contenidos en $H(\omega t) \cdot \psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2})$. Esto no puede aceptarse desde el punto de vista de las normas vigentes. Por lo tanto, se provee limitar el espectro $H(\omega t) \cdot \psi(\Omega t + \frac{\omega t}{2})$ a las frecuencias de la banda transmitida y por lo tanto el filtro de paso de banda PB16 corta, por ejemplo, a ± 4 Kc. De acuerdo con la frecuencia de corte y la característica de respuesta de dicho filtro será posible obtener diferentes 165 frecuencias entre la distorsión y la radiación fuera de banda. Ha de observarse que esta posibilidad tiene una ventaja sobre los sistemas anteriormente propuestos ya que sólo es necesario añadir a una sola señal de banda lateral, esto es, a una señal con un ancho de banda bien definido, una señal de corrección cuyo paso de banda puede controlarse. En los anteriores sistemas las dos 170 señales que han de combinarse antes de la emisión tienen un espectro amplio y la combinación puede eliminar radiaciones fuera de banda sólo con la ayuda de filtros de paso alto, ésto es, filtros complejos; además, se necesitan ajustes de fase.

175 Un examen del espectro $H(\omega t)$ especificará la ventaja de este proceso.

La tabla a continuación indica las amplitudes de los catorce primeros armónicos de $f(\omega t)$:

Frecuencia		Valor comparado con la fundamental - %
H1	$\frac{8}{\pi} \times 1/3$	100
180 H2	1/15	20
H3	1/35	8,6
H4	1/63	4,7
H5	1/99	3

286510

8.

	<u>Frecuencia</u>		<u>Valor comparado con la fundamental - %</u>
185	H6	1/143	2,1
	H7	1/195	1,4
	H8	1/255	1,2
	H9	1/323	0,9
	H10	1/399	0,7
190	H11	1/483	0,6
	H12	1/575	0,5
	H13	1/675	0,4
	H14	1/783	0,4

El armónico 2 solo representa 20% mientras que la relación de ar-
 195 mónicos total calculada de acuerdo con la anterior tabla es superior a 23%
 pero inferior a 25% (estimando la suma de los términos subsiguientes de la
 serie). Ahora, la transmisión de conversación transmitida por la clase de
 transmisión A3H es aún relativamente inteligible sin pasos de corrección es-
 peciales, siendo la razón el que una señal de conversación contiene múltiples
 200 frecuencias las cuales cada una separadamente, no modulan muy profundamente
 y la suma de las cuales rara vez modula hasta 100%. A través del proceso
 arriba descrito si es posible corregir los armónicos de las frecuencias funda-
 mentales baja y medias desde 300 hasta aproximadamente 1700 periodos, ha de
 esperarse una mejora en la calidad de transmisión pues, de cualquier modo,
 205 los armónicos de las frecuencias fundamentales superiores a 1700 periodos no
 son usualmente recibidos. Además, este proceso es también válido para la
 transmisión de música o cualquier otra señal, seleccionándose adecuadamente
 el ancho de banda.

Aunque los medios necesarios no están representados en la figura 3,
 210 quedará entendido que las conexiones entre el equipo adicional 1 y las otras
 partes del transmisor son en realidad conexiones que pueden modificarse per-
 mitiendo de una parte el funcionamiento del transmisor como un transmisor de
 SSB convencional ó, según se desee, como transmisor SSB compatible.

./..

Según una alternativa de una forma del invento, la señal

215 $-\frac{8}{3\pi} \cos t$ puede derivarse de la señal con espectro 6 por demodulación a fin de eliminar los cambios de fase introducidos por el filtro 5. Para este fin, se provee también un demodulador 17 conectado al generador 4, filtro 5 y atenuador 12.

220 Aunque el cálculo se ha hecho suponiendo una relación de portadora a banda lateral de 1, el mismo proceso puede aplicarse a diferentes relaciones de portadora a banda lateral; más particularmente, es posible reducir la portadora por debajo de la amplitud 1 a fin de aumentar la potencia en la banda lateral útil.

225 Los circuitos utilizados, más particularmente el detector 10, limitador 9, modulador equilibrado 13 y filtro de paso de banda 16 con frecuencia central fija (por ejemplo 100 Kc.), tienen que compararse con circuitos adicionales que se necesitarían para pasar desde clase A3a para obtener compatibilidad por transmisión de dos bandas laterales y de la portadora. Ha de observarse que los circuitos utilizados pueden llevarse a la práctica en forma relativamente sencilla. Incluso si hubiese un error de 10% en la compensación de los dos primeros armónicos que están a un nivel de 20% y 8,6%, la relación de distorsión final se reduciría desde 24% a 6,8% para una relación de modulación de 100%.

230

235 En la figura 4 se muestra otra forma del invento. De hecho, ha de observarse que el desarrollo del producto:

$$-H(\omega t) \cdot \Psi\left(\Omega t + \frac{\omega t}{2}\right)$$

comprende bandas laterales de orden 2 cuyas amplitudes son:

$$A_2 = \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{1}{30} \left[1 + \frac{1}{9} - \sum_{p=3}^{\infty} \frac{150}{(4p^2-1)} \cdot \frac{1}{(4p^2-1)(4p^2-25)} \right]$$

$$A_{+2} = \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{1}{30} \left[1 - \frac{1}{7} + \sum_{p=3}^{\infty} \frac{90}{(4p^2-1)} \cdot \frac{1}{(4p^2-9)} \right]$$

240 Estas dos expresiones tienen el mismo signo y su valor es:

$$A_2 = 0,034 \quad A_{+2} = 0,055$$

ésto significa que la amplitud de las bandas laterales superior e inferior es 5,5% y 3,4% del nivel portador de referencia 1.

245 Según el invento, una aproximación consiste así en reemplazar estas dos bandas laterales de amplitudes diferentes por dos bandas laterales que tengan el mismo signo e igual amplitud, obtenidas modulando $\cos \Omega t$ por $H(\omega t)$ con relación $-r$ determinada experimentalmente con un valor óptimo próximo a $-0,5$ correspondiendo al promedio de las dos bandas $\Lambda-2$ y $\Lambda+2$.

250 En la figura 4, los elementos comunes a la figura 3 y 4 tienen las mismas referencias que la figura 3. La señal de entrada de baja frecuencia $\cos t$ se aplica a través del terminal 2 al modulador 3, después la señal pasa a través del filtro 5 a cuya salida la señal tiene forma de un espectro mostrado en 6. Una parte de la señal 6 se transmite al circuito 23 mientras que la otra parte se transmite hacia el equipo adicional 18. La señal 6 se
255 combina con la onda portadora del generador 4 en el circuito 19 con lo que se obtiene una señal S de espectro 8. Como anteriormente, la señal S se trata en un detector de amplitud 9 a cuya salida aparece la componente $f(\omega t)$. El condensador C elimina de dicha componente la parte de corriente continua $\frac{4}{\pi}$; dicha componente se combina en el circuito 11 con la señal del atenuador 12
260 que tiene la misma función que anteriormente, la señal de salida $H(\omega t)$ se aplica entonces a la entrada del circuito de filtro de paso bajo 20, y después al atenuador 21 con un coeficiente de atenuación $-r$. La salida del circuito 21 se combina con la portadora obtenida del generador 4 en un modulador de amplitud 22. La señal de salida del modulador 22 puede representarse por:

265
$$\cos \Omega t \left[1-r (H_2 = H_3 \dots) \right]$$

y se aplica a una entrada del circuito de combinación 23 cuya señal de salida tiene el espectro representado en 24. Dicha señal 24 se aplica entonces a un amplificador lineal y después a una antena de transmisión.

270 Como es evidente, esta segunda forma es más sencilla que la primera pues permite evitar el uso del limitador 10.

Si bien se han descrito los principios del invento con relación a

formas específicas, ha de quedar claramente entendido que esta descripción se hace sólo a modo de ejemplo y no como limitación del alcance del mismo.

Este invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Francia el 29 de Marzo de 1.962 señalada con el número 892.750 y se acoge, por lo tanto, a los beneficios que otorgan los convenios internacionales vigentes.

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

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta patente de veinte años son los siguientes.

280 1 - Un sistema de transmisión de banda lateral única compatible en el que un transmisor de banda lateral única se utiliza con un equipo que modifica los armónicos de la componente modulada en amplitud de la señal de banda lateral única considerada como el producto de dicha componente por una componente modulada en fase, caracterizado porque para modificar dichos armónicos en dicha señal, ésta se combina con una señal de corrección en la que dichos armónicos han sido modificados.

285 2 - Un sistema según el punto 1 en el que el transmisor de banda lateral única está provisto de un equipo que incluye medios para obtener separadamente las dos componentes arriba mencionadas, medios para extraer una parte armónica de la componente modulada en amplitud y un modulador para volver a combinar esta parte con la componente modulada en fase, estando la señal correspondiente suministrada por dicho modulador, combinada en fase opuesta con la señal de banda lateral única, antes del paso de transmisión final.

290 3 - Un sistema de transmisión de banda lateral única compatible en el que dicho equipo comprende medios para obtener la componente modulada en amplitud, medios para extraer de la misma una parte armónica y un modulador para volver a combinar dicha parte única con la onda portadora utilizada en el transmisor, estando la señal de corrección suministrada por dicho modulador, combinada como anteriormente.

295 4 - Un sistema según los puntos precedentes caracterizado además porque la señal suministrada por dicho modulador se filtra de modo que el es-

286510

12.

305 pectro de la señal de corrección está enteramente situado en la banda de frecuencia de una señal de banda lateral doble equivalente y porque casi toda la energía de la señal transmitida está situada en la banda lateral única considerada.

5 - Sistema de transmisión de banda lateral única compatible.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.

Esta Memoria consta de doce hojas, escritas por una sola cara.

MADRID,

28 MAR 1963

STANDERA ELECTRICA, S. A.

Secretario General



Fig. 2

1, 2, 3, 4, 5, 6 = $\Omega + \frac{W}{2}$

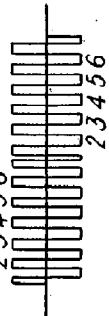


Fig. 1

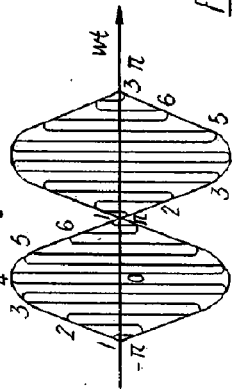


Fig. 3

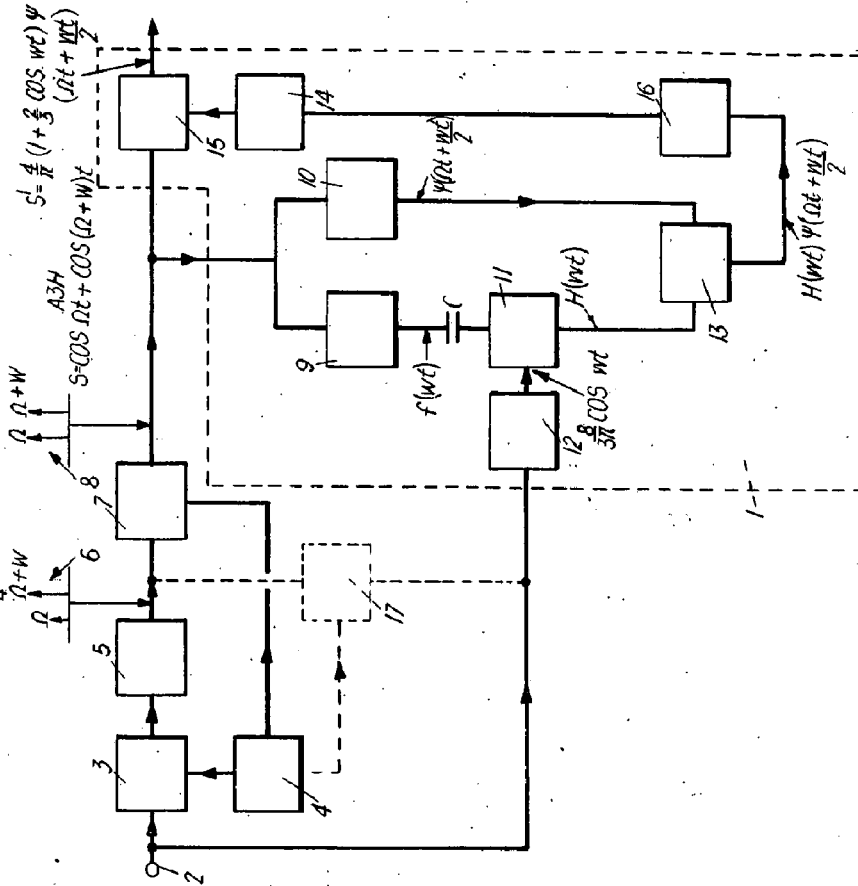
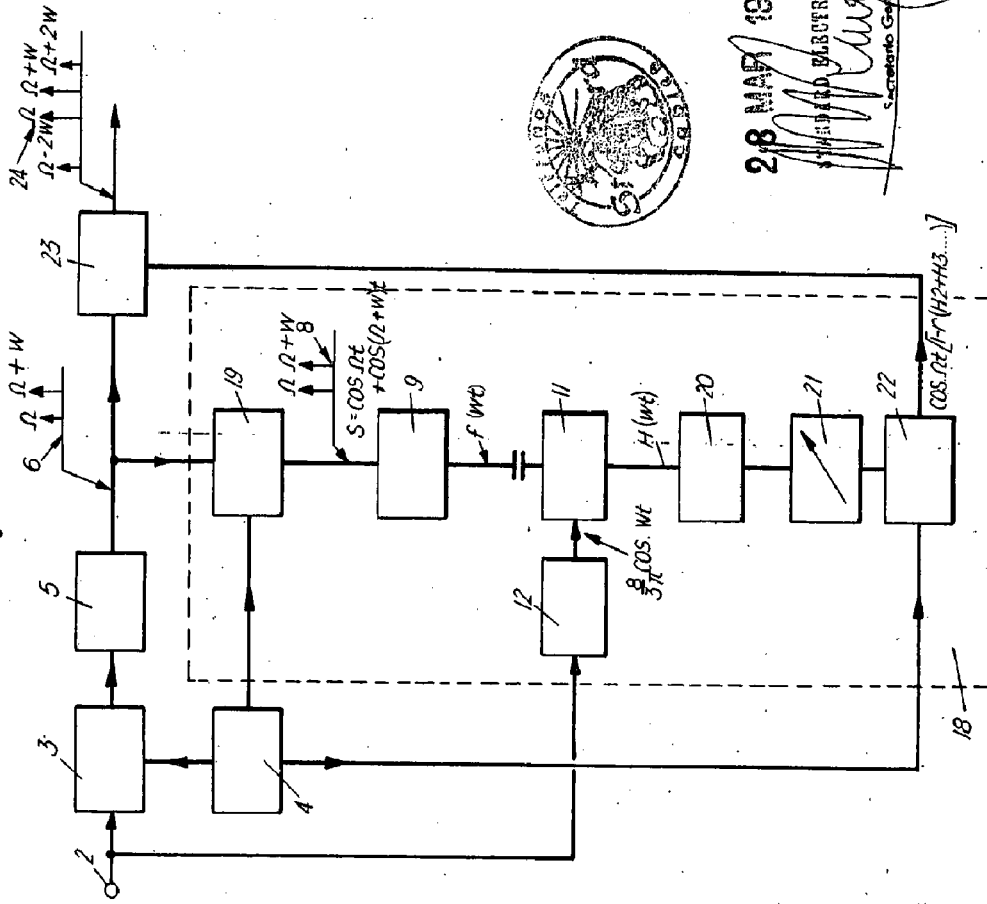


Fig. 4



28 MAY 1933

HOWARD BARBER, S. A.
 Secretary General