

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 757**

51 Int. Cl.:  
**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04741889 .2**
- 96 Fecha de presentación: **25.06.2004**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1642433**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.04.2006**

54 Título: **Método de estimación de la fuga de la portadora, estimador y sistema de modulación con control automático de la portadora que utiliza dicho sistema**

30 Prioridad:  
**08.07.2003 FR 0308339**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.03.2012**

73 Titular/es:  
**PL Technologies AG  
Chaltenbodenstrasse 8  
8834 Schindellegi, CH**

72 Inventor/es:  
**EYRIES, Julien y  
BLAISE, René**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 376 757 T3

**DESCRIPCIÓN**

Método de estimación de la fuga de la portadora, estimador y sistema de modulación con control automático de la portadora que utiliza dicho sistema

5 La invención se refiere a un método de estimación de la fuga de la portadora. En particular, esta estimación de la fuga de la portadora permite el control de la portadora durante la modulación y/o la demodulación de señales: emitidas, por ejemplo, por unos sistemas de difusión y de comunicación.

Los sistemas de difusión y de comunicación constan de un transmisor que realiza la modulación de una señal antes de la transmisión y de un receptor que desmodula la señal recibida. El par modulador/demodulador debe ser estable y debe presentar una precisión determinada (incluso aunque sea estable) para que tenga los resultados requeridos.

10 Un número creciente de aplicaciones en el campo de la difusión y de las comunicaciones utilizan el OFDM. Una de las posibilidades de esta técnica es la utilización como piloto de la frecuencia portadora central para las otras portadoras. En ese caso, la degradación de la precisión puede estar ligada a una mala eliminación de la fuga de la portadora central. De este modo, la calidad de la eliminación se puede revelar insuficiente para determinadas aplicaciones y/o determinados usuarios.

15 De manera general, este problema se denomina problema de fuga de la portadora. En efecto, aparece también en algunos sistemas que utilizan una única frecuencia portadora central (p. ej. modulación 8-VSB).

20 Hoy en día, en el marco de los sistemas de difusión DVB-T, en las zonas en las que los transmisores suministran una señal con una portadora no lo suficientemente precisa, determinados receptores pueden encontrarse en un modo que ignora a la portadora central. Esto implica una degradación de la señal que se recibe en términos de tasa de error de modulación (MER, *modulation error ratio*) pero también de tasa de errores binarios (BER, *bit error rate*).

25 En el caso de la norma DVB-T, por ejemplo, que utiliza la modulación OFDM, las empresas de radiodifusión desean obtener en la salida del transmisor una tasa de error de modulación (MER, *modulation error ratio*) de al menos 30 dB y una tasa de error binario (BER) antes de Viterbi de  $10^{-5}$  mínimo. Ahora bien, con una portadora central degradada, la tasa de error de modulación MER es a menudo inferior a 30 dB y la tasa de error binario BER es superior a la que exigen las empresas de radiodifusión, por ejemplo del orden de  $10^{-3}$ .

El documento US 6 028 900 (Taura y otros), publicado el 22 de febrero de 2000, describe un método de conexión de fuga de la portadora en un sistema que utiliza la modulación OFDM.

Para mejorar la calidad de eliminación de la portadora, se pueden considerar diferentes soluciones.

30 En particular, se pueden utilizar unos medios de paso de frecuencia intermedia. En teoría el problema, de este modo, se anula, pero es necesaria la utilización de varios sintetizadores en lugar de uno solo. Además, este método implica unas limitaciones en lo que respecta al filtrado ya que la señal ya no se encuentra en banda de base.

35 Otra solución es el ajuste manual frecuente de los moduladores. Este método precisa unos aparatos externos de mediación eficaces, como los analizadores de modulación (por ejemplo, del tipo EFA™, analizador de modulación DVB-T). Además, esta solución no permite una adaptación rápida. Y exige la presencia permanente de un operario cualificado.

Otro inconveniente de estas soluciones es que se trata de soluciones muy caras.

40 Otra solución es el control de un sistema con modulación IQ directa mediante un sistema con demodulación directa. En efecto, un sistema de modulación directa posee un determinado número de controles o parámetros de compensación para actuar sobre los fallos de fuga de portadora. Actualmente, el control de un sistema de modulación IQ directa mediante un sistema con demodulación directa se limita a la precisión intrínseca del demodulador.

45 Para resolver el problema de fuga de la portadora, una solución que se utiliza actualmente es la siguiente. En una primera etapa, el demodulador está calibrado por una señal de prueba particular en la entrada del demodulador. Pero esta etapa tiene un límite en términos de precisión que se deriva de que cualquier cambio de la señal de entrada del demodulador con respecto a la señal de explotación se traduce en una imprecisión en este ajuste. En una segunda etapa, se mide la señal entre la entrada del sistema y el canal de retorno. Aquí de nuevo la precisión está limitada. Esta limitación proviene de los siguientes parámetros, de calidad del codificador, de precisión de la medición y de los tratamientos de la señal. En una tercera etapa, se anula la fuga de la portadora central.

50 La calidad de eliminación de la portadora central que se alcanza con este método de todos modos se puede mostrar insuficiente para determinadas aplicaciones y usuarios. Para mejorar este sistema, se puede considerar la utilización de componentes más eficaces (componentes con una eliminación mayor de portadora, presentando una mayor precisión...). No obstante, la utilización de este tipo de componentes hace que la solución resulte muy cara.

La presente invención permite resolver estos inconvenientes al permitir estimar la fuga de portadora de manera más

precisa conservando al mismo tiempo un método con un coste razonable.

Un objeto de la invención es un método de estimación de fuga de la portadora de acuerdo con la reivindicación 1.

La invención se refiere, además, a un estimador de fuga de portadora que aplica el método de estimación del párrafo anterior de acuerdo con la reivindicación 9.

5 Otro objeto de la invención es un sistema de modulación con control de la portadora de acuerdo con la reivindicación 13.

Se mostrarán con más claridad las características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción, que se hace a título de ejemplo, y de las figuras relacionadas con esta, que representan:

- 10 – Figura 1, un diagrama esquemático de un sistema de modulación IQ con control de acuerdo con el estado de la técnica;
- Figuras 2a y 2b, los rendimientos del sistema de modulación IQ con control de acuerdo con el estado de la técnica, la figura 2a representando el espectro que se obtiene en la salida del demodulador y la figura 2b representando la tasa de error de modulación MER (*modulation error rate*);
- 15 – Figura 3, un diagrama esquemático de un sistema de modulación IQ con control que utiliza el estimador de fuga de portadora de acuerdo con la invención;
- Figura 4, un ejemplo genérico de los medios de variación de ganancia M1 del estimador de fuga de portadora de acuerdo con la invención;
- Figura 5, un ejemplo de realización de los medios de variación de ganancia M1 del estimador de fuga de portadora de acuerdo con la invención;
- 20 – Figura 6, un ejemplo genérico de los medios de medición y de cálculo M2 del estimador de fuga de portadora de acuerdo con la invención;
- Figura 7, un ejemplo de realización de los medios de medición y de cálculo M2 del estimador de fuga de portadora de acuerdo con la invención para unas aplicaciones con portadora central no nula;
- Figura 8, un diagrama esquemático de unos medios de control de la portadora en el modulador;
- 25 – Figura 9, un diagrama esquemático de unos medios de control de la portadora en el modulador;
- Figuras 10a y 10b, los rendimientos, respectivamente en términos de tasa de error binario BER y tasa de error de modulación MER (*modulation error date*), del sistema de modulación IQ con control de acuerdo con la invención.

30 Actualmente los sistemas de modulación directa realizados por moduladores IQ experimentan determinados fallos resultantes de su realización.

De manera habitual, un sistema de modulación directa presenta un determinado número de controles o parámetros de compensación para actuar sobre estos fallos. El control de un sistema con modulación IQ directa mediante un sistema de demodulación directa se ve limitado actualmente a la precisión intrínseca del demodulador.

La figura 1 representa una solución que actualmente se utiliza para resolver este problema de fuga de la portadora.

35 La señal a modular  $m$  la trata el modulador 1 conectado a un oscilador LO. A la señal modulada  $m$  la amplifica un amplificador 2 antes de emitirla en la salida RF (radio frecuencia) 3. Con el fin de controlar el modulador 1, a la señal de retorno  $s$  la tratan unos medios de calibrado 4 antes de demodularla para permitir que unos medios de control 6 que reciben la señal demodulada  $d$  controlen el modulador 1 y el demodulador 5 IQ. El demodulador 1Q 5 está conectado a un oscilador LO que suministra la misma frecuencia local que al modulador.

40 En una primera etapa, los medios de calibrado 4 envían en la entrada del demodulador 5 una señal particular de prueba en lugar de la señal de retorno  $s$ . La señal de prueba permite calibrar el demodulador 5. Esta etapa implica, no obstante, una limitación de la precisión. Esta limitación de la precisión viene dada por el hecho de que cualquier cambio de la señal de entrada del demodulador con respecto a la señal de explotación se traduce en una imprecisión sobre este ajuste.

45 En una segunda etapa, los medios de calibrado 4 transmiten en la entrada del demodulador 5 la señal de retorno  $s$ . Los medios de control 6 miden la señal en la entrada del sistema (antes del demodulador 1) y en el canal de retorno en la salida del demodulador 5. Esta etapa implica, también, una limitación de la precisión. Esta limitación de la precisión proviene de varios parámetros, en particular está ligada a la calidad del decodificador, a la precisión de la medición y a los diferentes tratamientos de la señal. En particular, la medición que se hace en la entrada del modulador 1 permite que se tenga en cuenta la fuga de portadora inducida por el modulador, pero no la inducida por los tratamientos posteriores (en particular, los errores de truncamiento de la señal).

50 En una tercera etapa, los medios de control 6 anulan la fuga de la portadora central, por ejemplo inyectando un offset de tensión en los canales 1 y Q, este offset dependiendo de las mediciones de la segunda etapa.

55 La calidad de eliminación de la portadora central que se consigue con este método se muestra insuficiente para determinadas aplicaciones y usuarios.

La figura 2a muestra el espectro que se obtiene en la salida del modulador en el caso de la utilización del OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*, o multiplexado ortogonal por división de frecuencia). En la zona rayada alrededor de la frecuencia portadora central  $f_c$ , la recepción es de mala calidad debido al pico de potencia que aparece alrededor de esta frecuencia.

5 La frecuencia 2b muestra la tasa de error de modulación MER. Esta tasa MER cae hasta 0 dB en la frecuencia portadora central  $f_c$ . Ahora bien, para algunas aplicaciones como la televisión digital (DVB-T por ejemplo), la tasa debe ser del orden de 30 dB mínimo en la salida del transmisor. La tasa de error binario que se obtiene de este modo en la salida de transmisor en el nivel de la frecuencia portadora central  $f_c$  es de alrededor de  $10^{-3}$  en lugar de los  $10^{-5}$  necesarios para determinadas aplicaciones.

10 Los fallos que afectan a la portadora central se pueden modelizar de la siguiente manera:

- La señal de referencia  $m$  tiene una componente continua igual con una posición PA. PA es la posición teórica de la componente continua de la señal antes de la modulación. Esta posición PA se ve desplazada por la fuga de portadora  $\text{offset\_mod}$  introducida por el modulador 1 para alcanzar la posición PB. PB es, por lo tanto, la posición de la portadora central después de la modulación. Es esta posición la que se obtiene en los receptores tras la ecualización del canal de transmisión.
- La señal modulada  $m$  se amplifica mediante una ganancia compleja  $Z$  entre el modulador y el demodulador. En efecto, todas las ganancias de la cadena de transmisión se pueden llevar a este punto. La aplicación de esta ganancia  $Z$  desplaza la frecuencia portadora central de la posición PB hacia la posición PC. Por lo tanto, PC es la posición de la portadora central tras la aplicación de la ganancia  $Z$ .

La señal se encuentra entonces demodulada: el demodulador 5 al introducir una fuga de portadora  $\text{offset\_demod}$  desplaza a la frecuencia portadora central de la posición PC a la posición PD. PD es la posición registrada en la señal de retorno  $d$ .

Por lo tanto, la posición de la frecuencia portadora central de la señal en la salida del demodulador 5' en función de la posición teórica de la componente continua de la señal antes de la modulación se puede escribir de la siguiente forma:

$$PD = \text{offset\_demod} + Z^*(\text{offset\_mod} + PA)$$

Este sistema presenta 3 incógnitas:  $\text{offset\_demod}$ ,  $\text{offset\_mod}$ ,  $Z$ . Y la posición teórica de la componente continua de la señal PA es una constante del sistema, definida por el tipo de señal:

- PA = 0 para la modulación 8-VSB (norma ATSC), para las modulaciones de televisión analógica (normas PAL / SECAM / NTSC)
- PA  $\neq$  0 para la modulación OFDM (norma DVB-T). Por ejemplo, PA = -4/3 en DVB-T.

La figura 3 muestra un diagrama esquemático del sistema de control de la frecuencia portadora de acuerdo con la invención que permite determinar la fuga de portadora  $\text{offset\_mod}$  inducida por el modulador 1' y la fuga de portadora  $\text{offset\_demod}$  inducida por el demodulador 5'.

El método que implementa este sistema consiste en hacer variar de manera voluntaria las características de la ganancia compleja  $Z$  del canal de retorno, con el fin de separar la contribución  $\text{offset\_mod}$  del modulador de la contribución  $\text{offset\_demod}$  del demodulador en el nivel del  $\text{offset}$  que se mide en la señal de retorno.

En el caso en el que la posición de la frecuencia portadora central es no nula PA  $\neq$  0, este método incluye también la estimación a partir de la señal de retorno de la ganancia compleja  $Z$  aplicada a la señal y la posición de la portadora central con respecto a su posición teórica.

La señal  $m$  se suministra al modulador 1' que suministra una señal modulada  $m$  al amplificador 2. La señal que se obtiene  $s$  se emite en la salida RF 3. La señal  $s$  es la señal entrante en el canal de retorno del sistema de control de la portadora.

De acuerdo con el primer punto del método que se ha expuesto en párrafos anteriores, unos medios de variación de ganancia compleja M1 reciben la señal  $s$ . Estos medios de variación de ganancia suministran una señal  $s_z$  que corresponde a la señal de retorno  $s$  a la que se ha aplicado una ganancia  $Z$  determinada.

La figura 4 muestra un esquema genérico de los medios de variación de ganancia compleja M1. Los medios de variación de ganancia compleja M1 constan de unos medios de aplicación M1<sub>1</sub> de ganancia(s) compleja(s) que aplican unas ganancias complejas diferentes Z1, Z2 al canal de retorno  $s$ , seguidos de unos medios de selección M1<sub>2</sub> que permiten seleccionar la señal de retorno  $s_{\rightarrow\text{dem}} = s_{Z1}$  o  $s_{Z2}$  que corresponden, respectivamente, a la ganancia Z1 o Z2 en función de una señal de control  $c$ .

La ganancia Z1 se puede aplicar a un instante dado ( $t_1$ ) y durante un periodo predeterminado T1, y la ganancia compleja Z2 a un instante dado  $t_2$  y durante un periodo predeterminado T2.

La figura 5 representa una realización posible de los medios de variación de ganancia compleja M1. Los medios de variación de ganancia compleja M1 constan de 2 repetidores UHF así como de un acoplador UHF 0°-90°, situado en el canal de retorno. El acoplador 0°-90° que constituye la ganancia compleja en la segunda salida es igual a  $Z2 = Z1 \cdot e^{j\pi\phi/180}$ , con  $\phi$  próximo a 90°.

- 5 En otra realización posible de los medios de variación de ganancia compleja M1, las ganancias Z1 y Z2 pueden ser tales que  $Z2 = -Z1$ . El acoplador M1<sub>1</sub> de los medios de variación de ganancia compleja M1 se puede sustituir, de este modo, por un transformador o un amplificador con el fin de obtener esta variación de fase de 180°.

Se pueden obtener otras variaciones de fase utilizando como medios de aplicación de ganancia M1<sub>1</sub> una longitud eléctrica para obtener la variación de fase deseada.

- 10 Un enlace L<sub>2→1</sub>, por ejemplo un enlace de tipo RS232, entre los medios de medición y de cálculo y los medios de variación de ganancia M1 permite elegir conectar a la salida de M1, bien la salida 0° del acoplador o la salida 90° del acoplador:  $s_{\rightarrow dem} = s_z$  o  $s_{z1}$ . En particular, tal y como lo muestra la figura 4, este enlace L<sub>2→1</sub> puede realizar el control de los repetidores que constituyen los medios de selección M1<sub>1</sub>.

- 15 En otro modo de realización de M1, los repetidores M1<sub>2</sub> se pueden sustituir por unos conmutadores en combinación con uno cualquiera de los modos de realización de los medios de aplicación de la ganancia M1<sub>1</sub>.

La señal s<sub>z</sub> que se obtiene mediante los medios de variación de ganancia M1 se suministra al demodulador 5' utilizando la misma frecuencia local que el modulador 1'.

- 20 De acuerdo con el segundo punto del método expuesto con anterioridad, los medios de medición y de cálculo M2 estiman la ganancia compleja Z aplicada. Tal y como lo muestra la figura 6, estos medios de medición y de cálculo M2 reciben la señal de retorno demodulada d (= d<sub>z1</sub> o d<sub>z2</sub> en función de la ganancia aplicada) y suministran los comandos de control al modulador 1' con el fin de suprimir la fuga de portadora introducida por el modulador.

El método que aplican los medios de medición y de cálculo M2 consta de:

- La medición de las posiciones PD1 y PD2 de la portadora central de la señal demodulada para cada una de las ganancias aplicadas, respectivamente d<sub>z1</sub> y d<sub>z2</sub>; y
- 25 – El cálculo de la parte de la fuga de la portadora (offset\_mod) que corresponde a la fuga causada por el modulador a partir de las posiciones medidas PD1 y PD2 y de las ganancias aplicadas Z1 y Z2.

- 30 Este método de estimación puede prever que otra parte de la fuga de la portadora se calcule a partir de las posiciones medidas PD1 y PD2 y de las ganancias aplicadas Z1 y Z2. Esta otra parte calculada de la fuga de la portadora corresponde a la fuga causada por el demodulador (offset\_demod). Tal y como lo muestra la figura 3, los medios de medición y de cálculo M2 pueden suministrar de este modo unos comandos de control c'<sub>a</sub> también al demodulador 5' con el fin de suprimir la fuga de portadora introducida por el demodulador.

De acuerdo con el tipo de modulación, los medios de medición y de cálculo M2 se pueden realizar de diferentes maneras para aplicar este método de estimación de la fuga de portadora.

- 35 En una primera variante, adaptada en particular para las modulaciones cuya portadora central es nula (PA = 0), como por ejemplo 8-VSB, los medios de medición y de cálculo M2a pueden constar de un dispositivo de medición. El dispositivo de medición registra las posiciones PD1 y PD2 de la portadora central en la salida del modulador para cada una de las ganancias Z1 y Z2 respectivas. Los medios de medición y de cálculo M2 realizan a continuación la minimización de la diferencia entre las dos posiciones medidas  $\|PD2 - PD1\|$  para obtener el comando de control C'a que hace que la fuga de portadora offset\_mod causado por el modulador converja hacia cero.
- 40

En efecto, los medios de medición y de cálculo M2a estando adaptados a las modulaciones para las que PA = 0 (por ejemplo 8-VSB), la ecuación de la posición PD de la frecuencia portadora central de la señal en la salida del demodulador 5' en función de la posición teórica PA de la componente continua de la señal antes de la modulación se simplifica:

45 
$$PD = offset\_demod + Z * offset\_mod$$

Por lo tanto, con el fin de anular la fuga de portadora offset\_mod causada por el modulador 1', los medios de medición y de cálculo M2 realizan entonces la búsqueda de los parámetros de control C'a que minimizan el término  $\|PD2 - PD1\|$ , ya que

$$PD1 = offset\_demod + Z1 * offset\_mod$$

50 y

$$PD2 = offset\_demod + Z2 * offset\_mod,$$

por lo tanto,  $offset\_mod = (PD2 - PD1) / (Z2 - Z1)$ ,

de donde  $\| \text{offset\_mod} \| = K * \| \text{PD2} - \text{PD1} \|$ ,

con  $K = 1 / \| Z2 - Z1 \|$  es una constante estrictamente positiva que únicamente depende de  $Z1$  y  $Z2$ .

Esta búsqueda del mínimo se puede realizar mediante diferentes métodos del tipo gradiente, entre otros.

5 En una segunda variante, adaptada en particular para las modulaciones cuya portadora central es no nula ( $PA \neq 0$ ), como por ejemplo OFDM, los medios de medición y de cálculo M2b pueden constar de un dispositivo de medición. El dispositivo de medición registra las posiciones PD1 y PD2 de la portadora central en la salida del demodulador para cada una de las ganancias  $Z1$  y  $Z2$  respectivas.

10 Con respecto a la solución que se aporta para el caso de la posición de la portadora central nula  $PA = 0$ , los medios de medición y de cálculo M2b de esta segunda variante constan de unos medios que permiten separar los valores de  $\text{offset\_mod}$  y de  $PA$  a partir de las mediciones PD1 y PD2.

Para ello, los medios de medición y de cálculo M2b mide la ganancia compleja  $Z$  que se aplica a partir de la señal demodulada  $d$ .

15 En el ejemplo que se ilustra en la figura 7, los medios de medición y de cálculo M2b pueden constar de un demodulador OFDM simplificado que permite medir la ganancia compleja  $Z$  aplicada a una señal OFDM tal y como lo muestra la figura 7. El demodulador simplificado consta de unos medios de sincronización  $M2_1$  que reciben la señal demodulada  $d$ , de unos medios de transformación de Fourier  $M2_2$  (por ejemplo de tipo FFT, *Fast Fourier Transform* o transformada discreta de Fourier) conectados a la salida de los medios de sincronización  $M2_1$  y que suministran la portadora central del canal de retorno  $f_c$  y las portadoras piloto  $f_p$ . La ganancia  $Z$  se estima entonces mediante unos medios de estimación de ganancia  $M2_3$  a partir de las portadoras piloto de la señal demodulada  $d$ .

20 Los medios de medición y de cálculo M2b que conocen el valor de  $Z$  aplicado aplican entonces una ganancia de  $1/Z$  a la posición de la portadora central PD medida, en nuestro ejemplo, mediante los medios de transformación de Fourier  $M2_2$ . Esto permite obtener la posición PF de la portadora central que corresponde a:

$$PF = PA + \text{offset\_mod} + \text{offset\_demod} * (1/Z)$$

25 A continuación, los medios de medición y de cálculo M2b realizan una operación de diferencia entre el valor que se ha obtenido de este modo y la portadora central teórica  $PA$  (por ejemplo,  $PA = -4/3$  en DVB-T) que permite obtener el  $\text{offset}$  relativo de la portadora central con respecto a la posición teórica en la constelación para cada valor de  $Z$ :  $\text{offset\_f1}$  y  $\text{offset\_f2}$ .

$$\text{offset\_f} = PF - PA = \text{offset\_mod} + \text{offset\_demod} * (1/Z)$$

30 Los medios de medición y de cálculo M2b realizan a continuación la operación  $\text{offset\_f1} - \frac{1}{Z1} \frac{(\text{offset\_f2} - \text{offset\_f1})}{((1/Z2) - 1/Z1)}$  que permite obtener la parte de la fuga de la portadora causada por el modulador ( $\text{offset\_mod}$ ). Además, los medios de medición y de cálculo M2b pueden realizar la operación para obtener la parte de la fuga de la portadora causada por el demodulador ( $\text{offset\_dem}$ ).

35 La precisión máxima para el cálculo de las fugas de portadora  $\text{offset\_mod}$  y  $\text{offset\_dem}$  se obtiene en el caso particular  $Z2 = -Z1$ , que corresponde a una variación de fase de  $180^\circ$ . De manera general, se aconseja en la realización de M1 que se tome una variación de fase bastante amplia entre  $Z1$  y  $Z2$ .

Los medios de medición y de cálculo M2b buscan a continuación los parámetros de control  $c'a$  que hacen que  $\text{offset\_mod}$  y  $\text{offset\_dem}$  converjan hacia cero para realizar el control de la portadora.

Las figuras 8 y 9 presentan unos diagramas esquemáticos que describen un modo de realización de control, respectivamente, de un modulador IQ y de un demodulador IQ.

40 El modulador IQ 1' de la figura 8 recibe la señal que hay que modular  $m$  en forma de dos señales en cuadratura  $I_m$  y  $Q_m$ :  $m = I_m + iQ_m$ , y los parámetros de control  $c'a$  que corresponden en este caso a la estimación de la fuga de portadora introducida por el modulador  $\text{offset\_mod}$ , estos también en forma de dos señales en cuadratura  $\text{offset\_im}$  y  $\text{offset\_qm}$ :  $\text{offset\_mod} = -\text{offset\_im} - i \text{offset\_qm}$ . La señal que hay que modular  $m$  y los parámetros de control se suman respectivamente en fase y en cuadratura antes de modularlos, mediante la frecuencia local LO.

45 De la misma manera, el demodulador IQ 5' de la figura 9 recibe la señal que hay que demodular  $s$  en forma de dos señales en cuadratura y los parámetros de control  $C'a$  que corresponden en este caso a la estimación de la fuga de portadora introducida por el demodulador  $\text{offset\_demod}$ , estos también en forma de dos señales en cuadratura  $\text{offset\_id}$  y  $\text{offset\_qd}$ :  $\text{offset\_demod} = -\text{offset\_id} - i \text{offset\_qd}$ . La señal que hay que demodular  $d$  se demodula mediante la frecuencia local LO antes de añadirse a los parámetros de control respectivamente en fase y en cuadratura, para obtener la señal demodulada controlada  $d = Id + iQd$ .

De este modo, para hacer que `offset_mod` converja se actúa sobre los parámetros de control del modulador (`offset_im` y `offset_qm`), y para hacer que `offset_demod` converja, se actúa sobre los parámetros de control del demodulador (`offset_id` y `offset_qd`).

5 La figura 10a muestra los rendimientos en términos de tasa de error binario BER obtenida a través del sistema de modulación IQ con control de acuerdo con la invención. En el ejemplo que se ilustra en la figura 10a, la tasa de error binario ha evolucionado, durante 24 horas, de media entre  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$ , p. ej. por debajo de los  $10^{-5}$  exigidos por las empresas de radiodifusión.

10 La figura 10b muestra los rendimientos en términos de tasa de error de modulación MER obtenida a través del sistema de modulación IQ con control de acuerdo con la invención. La tasa de error de modulación MER obtenida es de alrededor de 35 dB sea cual sea la frecuencia, salvo alrededor de la frecuencia en la que esta es ligeramente inferior. Sin embargo, esta tasa MER sigue siendo superior a 30 dB tal y como exigen las empresas de radiodifusión.

Este método de estimación de la fuga de portadora de acuerdo con la invención lo pueden aplicar todos los medios y/o en todas las aplicaciones que exijan una estimación precisa de la fuga de portadora con el fin de evitar una degradación de sus rendimientos.

REIVINDICACIONES

1. Método de estimación de fuga de la portadora **que se caracteriza porque** este consta de:

- la recepción de una señal *s* modulada por un modulador;
- la variación de una ganancia compleja *Z* aplicada a la señal recibida *s* entre al menos dos valores *Z1* y *Z2*;
- la medición de la posición *PD1* y *PD2* de la portadora central de la señal *s* demodulada para cada una de las ganancias *Z1* y *Z2* aplicadas;
- el cálculo de al menos una parte de la fuga de la portadora a partir de las posiciones medidas *PD1* y *PD2* y de las ganancias aplicadas *Z1* y *Z2*, la parte de la fuga de la portadora calculada correspondiendo a la fuga causada por el modulador.

2. Método de estimación de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** la ganancia *Z1* se aplica a un instante dado *t1* y durante un periodo predeterminado *T1*, y la ganancia compleja *Z2* a un instante dado *t2* y durante un periodo predeterminado *T2*.

3. Método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **que se caracteriza porque**  $Z2 = -Z1$ .

4. Método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **que se caracteriza porque** otra parte de la fuga de la portadora calculada a partir de las posiciones medidas *PD1* y *PD2* y de las ganancias aplicadas *Z1* y *Z2* corresponde a la fuga causada por el demodulador utilizado para demodular la señal *s*.

5. Método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **que se caracteriza porque** el cálculo de al menos una parte de la fuga de la portadora incluye la minimización de la diferencia entre las dos posiciones medidas  $\| PD2 - PD1 \|$ .

6. Método de estimación de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** la minimización se realiza por medio de un método de tipo gradiente.

7. Método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 4 **que se caracteriza porque** el cálculo de al menos una parte de la fuga de la portadora consta de:

- la medición de la ganancia *Z* a partir de la señal demodulada *d*;
- la aplicación a la posición medida *PD* de una ganancia  $1/Z$  antes de la medición de la posición de la portadora central; y
- la diferencia entre el valor que se obtiene de este modo y la portadora central teórica que permite obtener una estimación de la fuga de la portadora para cada valor de *Z*, *offset\_f1* y *offset\_f2*; y

$$offset\_f1 - \frac{1}{Z1} \frac{(offset\_f2 - offset\_f1)}{((1/Z2) - 1/Z1)}$$

- la operación que permite obtener la parte de la fuga de la portadora causada por el modulador.

8. Método de estimación de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** el cálculo de al menos

$$\frac{(offset\_f2 - offset\_f1)}{((1/Z2) - 1/Z1)}$$

una parte de la fuga de la portadora incluye la operación que permite obtener la parte de la fuga de la portadora causada por el demodulador.

9. Estimador de fuga de portadora que aplica el método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 **que se caracteriza porque** este consta de:

- unos medios de recepción de una señal *s* modulada por un modulador;
- unos medios de variación de ganancia (*M1*) que permiten hacer variar una ganancia compleja *Z* aplicada a la señal recibida *s* entre al menos dos valores predeterminados *Z1* y *Z2*;
- unos medios de medición y de cálculo (*M2*) que permiten medir la posición *PD1* y *PD2* de la portadora central de la señal *s* demodulada para cada una de las ganancias *Z1* y *Z2* aplicadas, y calcular al menos una parte de la fuga de la portadora a partir de las posiciones medidas *PD1* y *PD2* y de las ganancias aplicadas *Z1* y *Z2*, la parte de la fuga calculada que correspondiendo a la fuga causada por el modulador.

10. Estimador de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** este consta de un enlace entre los medios de variación de la ganancia (*M1*) y los medios de medición y de cálculo (*M2*) que permiten que los medios de medición y de cálculo (*M2*) seleccionen la ganancia aplicada por los medios de variación de la ganancia (*M1*).

11. Estimador de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** los medios de variación de la ganancia constan de 2 enlaces UHF o 2 conmutadores: el primero recibiendo la señal *s* a la que se ha aplicado la

ganancia Z1, el segundo recibiendo la señal s a la que se ha aplicado la ganancia Z2, el enlace correspondiendo a la ganancia seleccionada por los medios de medición y de cálculo (M2) que están conectados a la salida de los medios de variación de la ganancia (M1).

5 12. Estimador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11 **que se caracteriza porque** los medios de aplicación de las ganancias constan de:

- bien un acoplador  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  que recibe la señal modulada s y que transmite esta señal s en la salida  $0^{\circ}$  y la señal s con una variación de fase de  $90^{\circ}$  en su salida  $90^{\circ}$ ;
- o bien un transformador o un amplificador que recibe la señal modulada s y que transmite esta señal s y la señal s con una variación de fase de  $180^{\circ}$ ;
- 10 – o bien una longitud eléctrica l que recibe la señal modulada s y que transmite esta señal s, y la señal s con una variación de fase de  $\phi$  función de l.

13. Sistema de modulación con control de la portadora que consta de un modulador que recibe la señal que hay que modular m y que suministra la señal modulada s que hay que emitir, **que se caracteriza porque** este consta de:

- 15 – un estimador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 que recibe la señal modulada s;
- un demodulador que recibe la señal  $s_z$  procedente de los medios de variación de la ganancia (M1) y que suministra a los medios de medición y de cálculo la señal demodulada d;
- 20 – unos medios de control de la portadora que permiten añadir a la señal que hay que modular m la fuga de portadora causada por el modulador suministrado por los medios de medición y de cálculo (M2).

14. Sistema de modulación de acuerdo con la reivindicación anterior **que se caracteriza porque** los medios de control de la portadora permiten, además, añadir a la señal demodulada d la fuga de portadora causada por el demodulador suministrado por los medios de medición y de cálculo (M2) antes de suministrar la señal demodulada corregida a los medios de medición y de cálculo (M2).

25

15. Utilización del método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para una modulación con portadora central nula.

16. Utilización del método de estimación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, o 7, u 8 para una modulación con portadora central no nula.

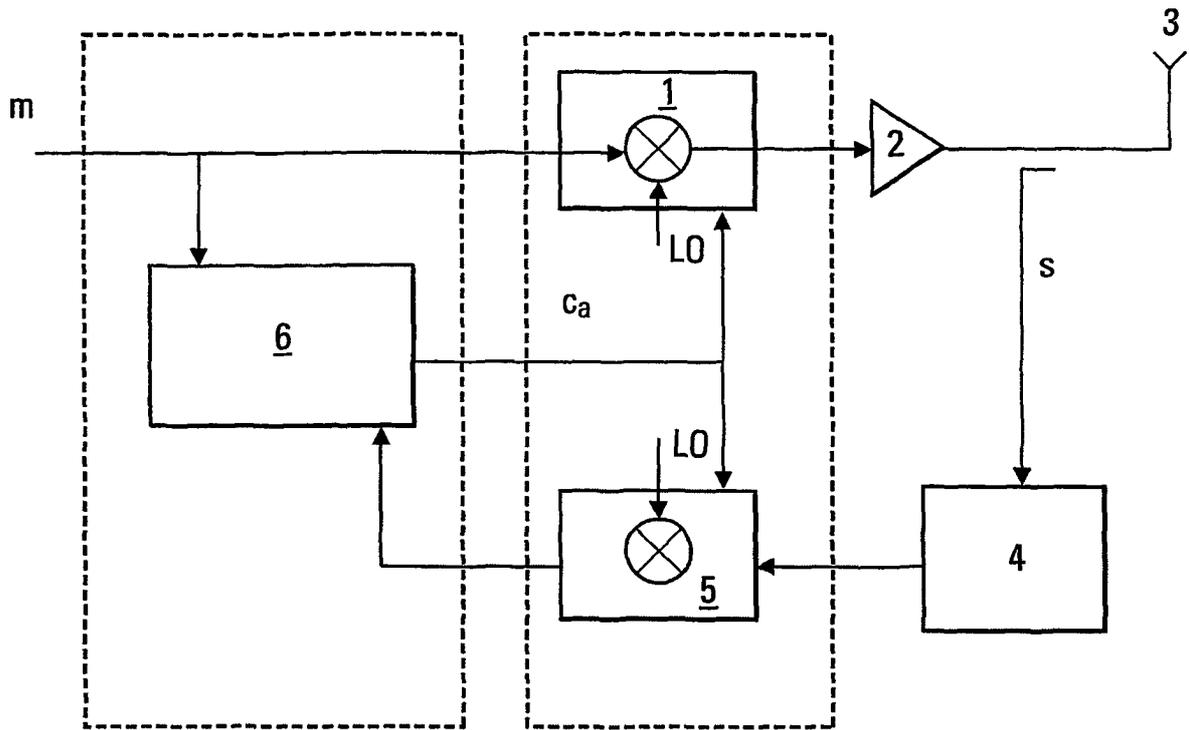


Fig. 1

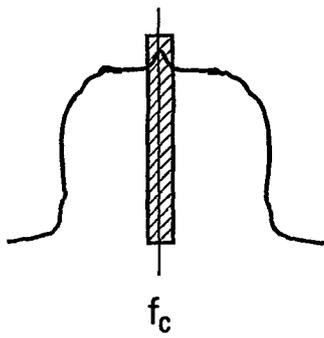


Fig. 2a

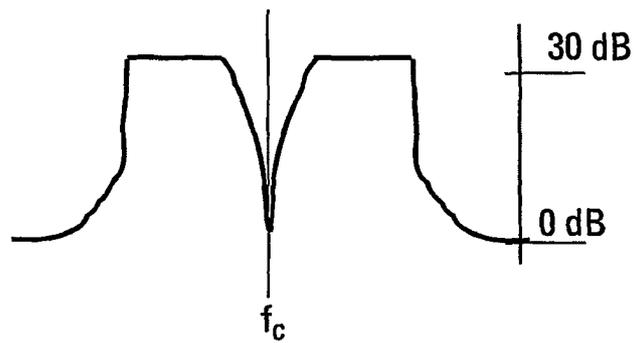


Fig. 2b

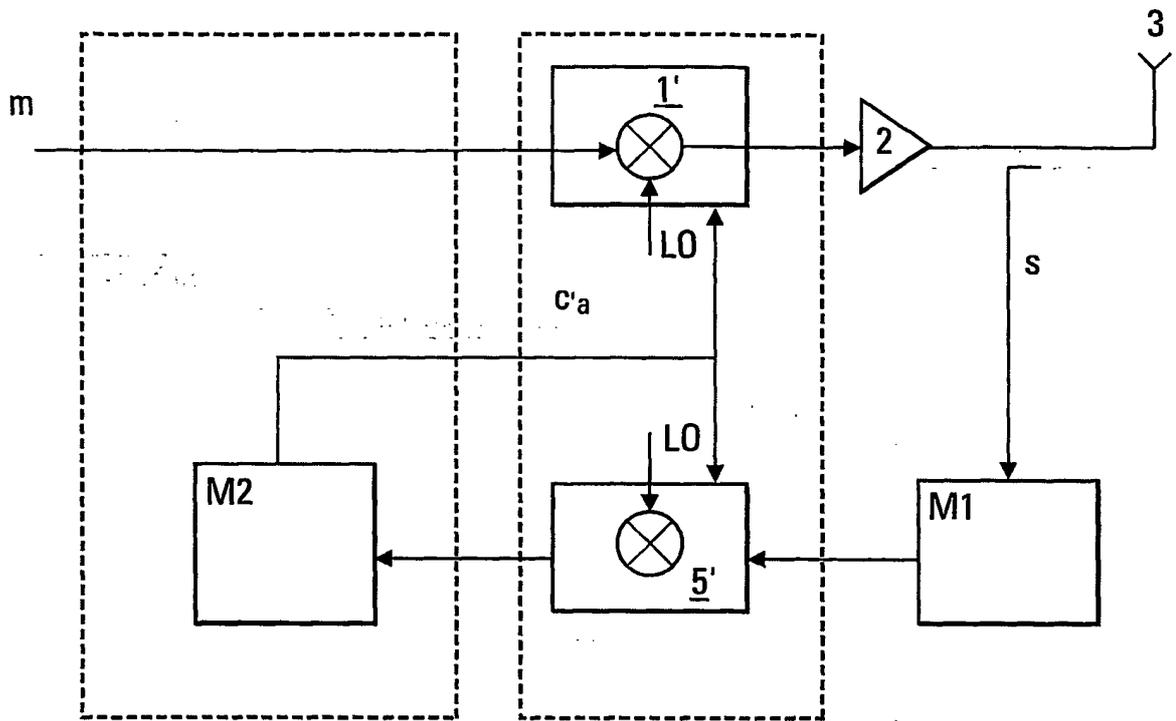


Fig. 3

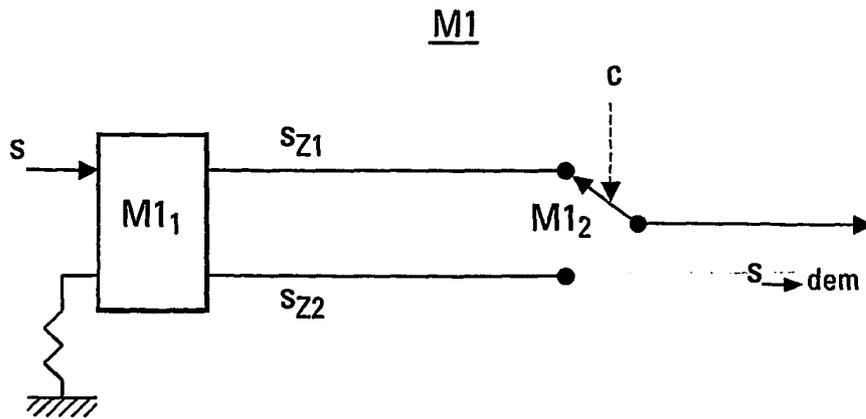


Fig. 4

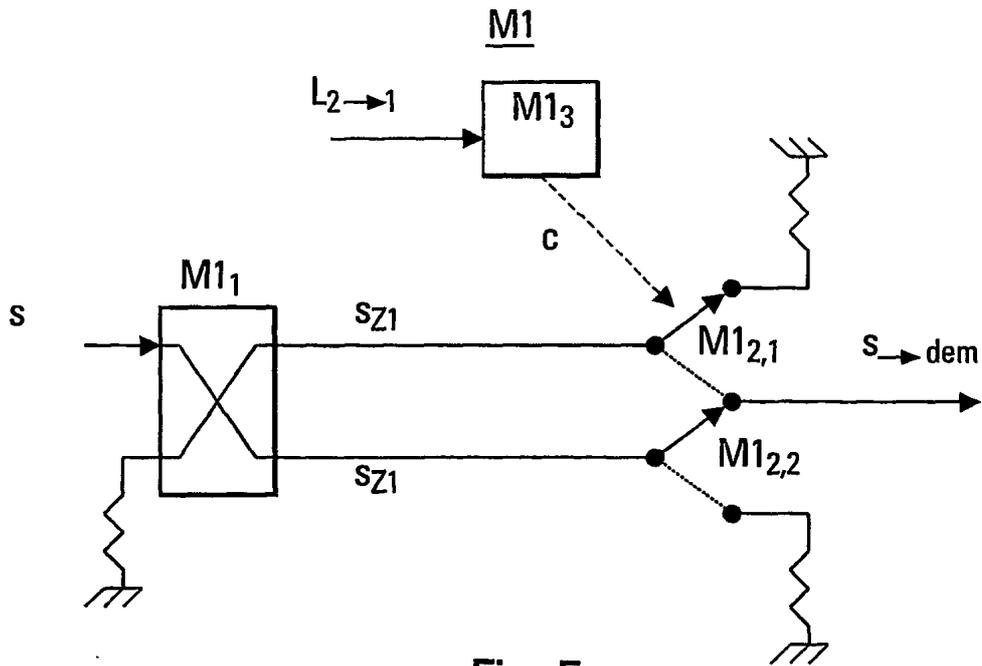


Fig. 5

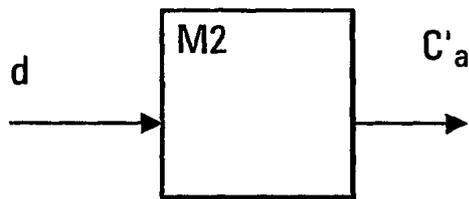


Fig. 6

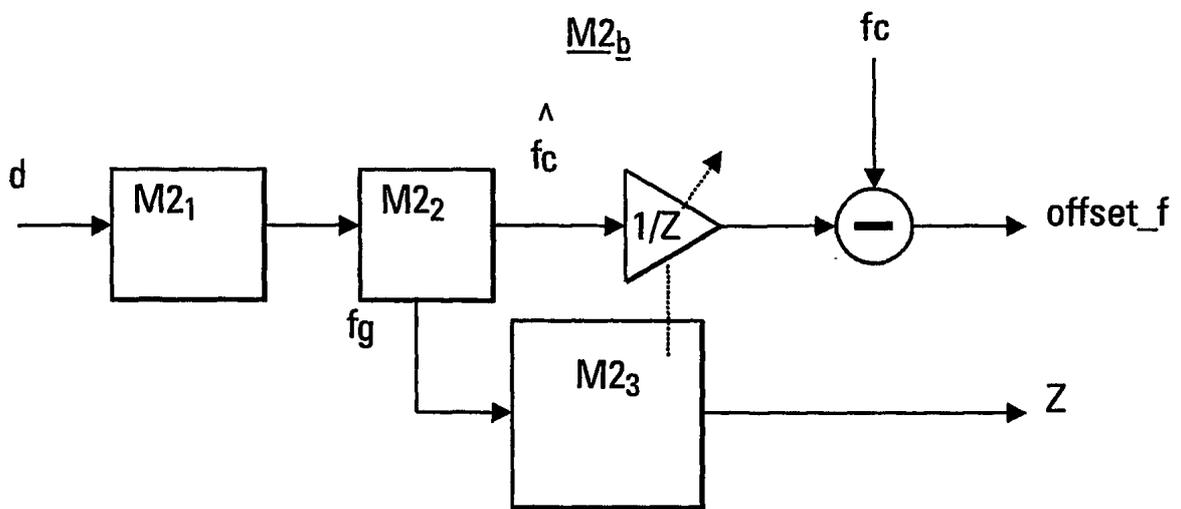


Fig. 7

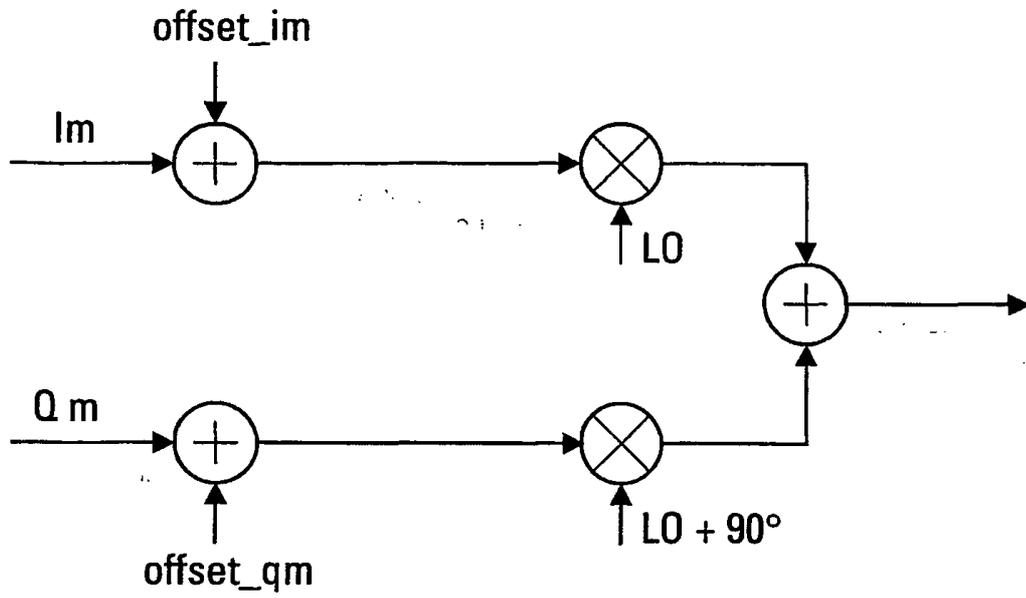


Fig. 8

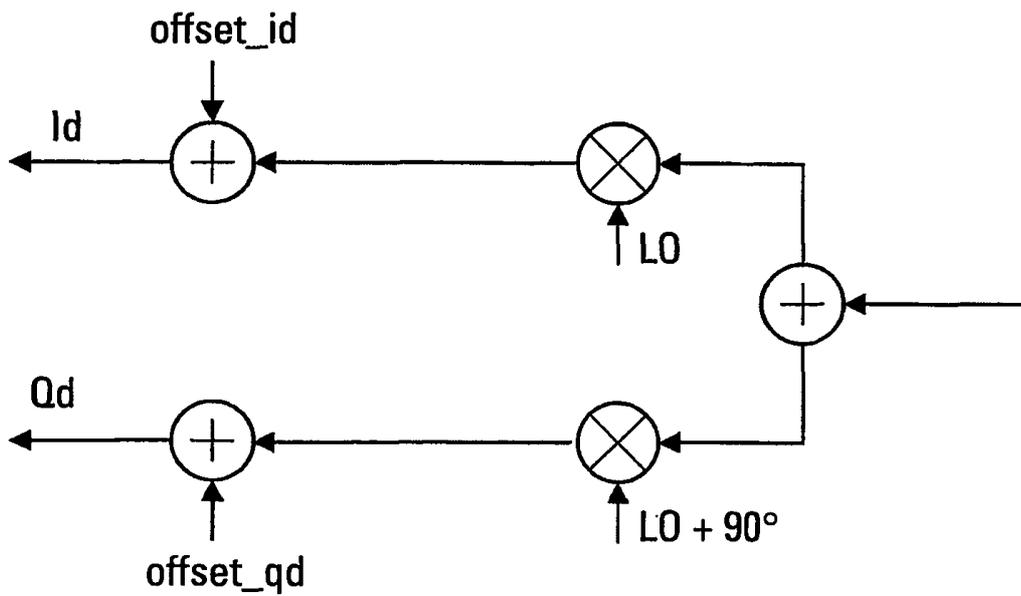


Fig. 9

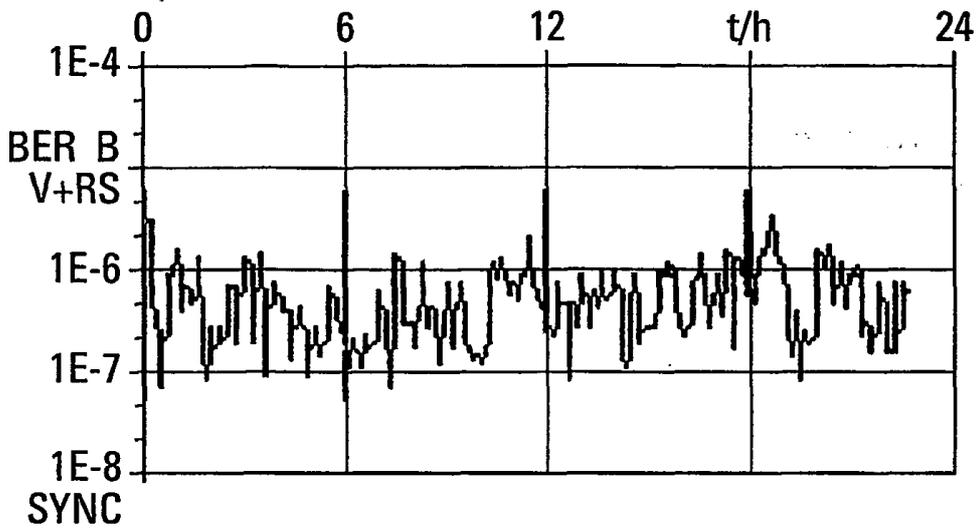


Fig. 10a

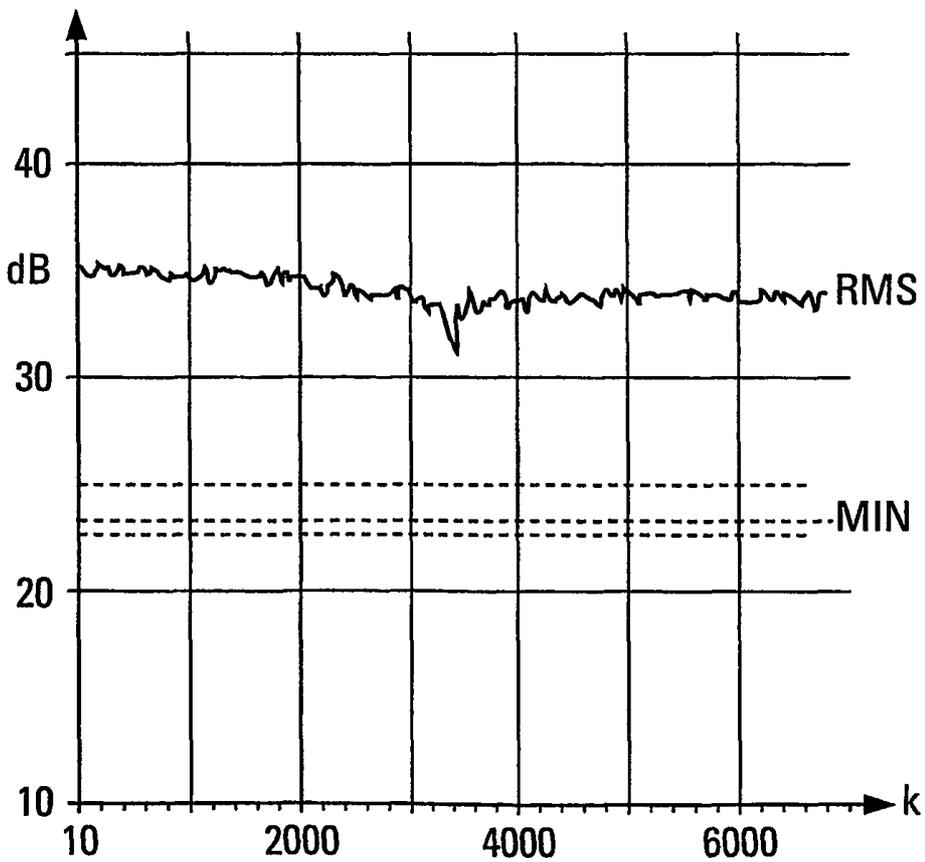


Fig. 10b