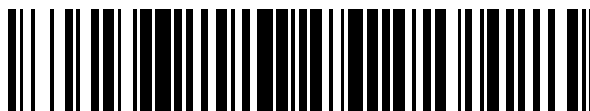


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 477 215**

51 Int. Cl.:

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2010** **E 10171623 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014** **EP 2282419**

54 Título: **Método y aparato para reconstruir señales múltiples de alta frecuencia transmitidas en un único canal de radioenlace**

30 Prioridad:

06.08.2009 IT MI20091431

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

16.07.2014

73 Titular/es:

SIAE MICROELETTRONICA S.P.A. (100.0%)
Via Buonarroti 21
20093 Cologno Monzese (MI), IT

72 Inventor/es:

ROSSI, LEONARDO

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 477 215 T3

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).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para reconstruir señales múltiples de alta frecuencia transmitidas en un único canal de radioenlace

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para reconstruir señales transmitidas en modulación en un único canal de radioenlace, de sección corta, que comprende múltiples antenas y entrada/salida de múltiples canales.

10 Se conoce en el sector técnico de las telecomunicaciones que existe la necesidad de tener sistemas con una capacidad cada vez mayor. En particular, estos tipos de sistemas se requieren cada vez más en un entorno urbano y a través de distancias cortas con el fin de proporcionar servicios de datos y conexiones de Internet inalámbricas de alta velocidad.

15 Una técnica conocida para proporcionar estas conexiones usa la configuración de antena que se muestra en el diagrama de la figura 1 y que prevé dos antenas de transmisión AT1 y AT2 que transmiten una respectiva señal TX1, TX2 usando ambas el mismo canal de radio, en la misma frecuencia portadora, normalmente con un valor de aproximadamente 10 GHz, o más, a dos antenas de recepción, AR1, AR2, que están situadas a una distancia típica de aproximadamente 10 km o menos.

20 Las señales transmitidas TX1 y TX2 se generan por dos unidades funcionales modulares/de transmisor MT1, MT2 convencionales que tienen en su entrada respectivas señales de banda base originales S1 y S2.

Con referencia a los puntos focales de cada antena, los dos pares de antenas de transmisión/recepción deben estar dispuestos de tal manera que:

25 - la distancia entre la primera antena de transmisión AT1 y la primera antena de recepción AR1 y entre la segunda antena de transmisión AT2 y la segunda antena de recepción AR2 es igual a "1" y;

30 - la distancia entre AT1 y AR2 y entre AT2 y AR1 es igual a $1 + \lambda/4$, siendo λ la longitud de onda de la portadora.

Si, por ejemplo, se supone una frecuencia de transmisión del radioenlace de 18,5 GHz, $\lambda/4$ es aproximadamente 4 mm, y, si la distancia 1 entre los dos pares de antenas AT1, AR1 y AT2, AR2 es de 10 km, la distancia relativa "d" entre las dos antenas de transmisión AT1, AT2 y antenas de recepción AR1, AR2 debe ser igual a aproximadamente 9 m.

35 Con esta configuración del radioenlace surge una interferencia relativa de manera que cada una de las antenas de recepción AR1, AR2 recibirá señales RX1, RX2, conteniendo cada una respectivamente las señales TX1 y TX2 transmitidas por cada antena AT1, AT2, con la misma intensidad y con un desfase relativo que es constante a lo largo del tiempo, puesto que la sección es "corta".

40 También se conocen técnicas que permiten la demodulación y separación, durante la recepción, de las señales transmitidas usando estos métodos y, por tanto, recibidas con la señal interferente superpuesta sobre la señal útil; sin embargo, dichas técnicas requieren un diseño de circuito pesado y complejo que es particularmente costoso. Otros ejemplos de la técnica anterior se dan a conocer en el documento GB 1 439 302.

45 Por tanto, el problema técnico que se plantea es desarrollar un método y un aparato asociado que puedan permitir de una manera particularmente sencilla y de bajo coste la separación y demodulación de las señales recibidas por dos antenas de recepción de radioenlaces de sección corta que transmiten en un único canal y señales moduladas a alta frecuencia, permitiendo duplicar la capacidad de transmisión por medio del uso simultáneo de dos transmisores copolares que actúan sobre dos antenas diferentes.

50 Estos resultados se consiguen según la presente invención mediante un método según los rasgos característicos de la reivindicación 1 y mediante un aparato según los rasgos característicos de la reivindicación 9.

55 Pueden obtenerse detalles adicionales a partir de la siguiente descripción de un ejemplo no limitativo de realización del método y el aparato de la presente invención proporcionada con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 muestra: el diagrama de la configuración de radioenlace a la que se aplica el método según la invención;

60 la figura 2 muestra: el diagrama de circuito de una primera realización de un aparato según la presente invención para separar y demodular un par de señales cada una transmitida por una respectiva antena;

la figura 3 muestra: el diagrama de una segunda realización de un aparato según la presente invención para separar y demodular dos pares de señales transmitidas en pares por una respectiva antena con doble polarización;

65 la figura 4 muestra: el diagrama de una tercera realización de un aparato según la presente invención con

eliminación de la interferencia realizada en banda base usando tecnología digital;

la figura 5 muestra: el diagrama de una cuarta realización de un aparato según la presente invención que opera en señales de banda base.

Según la estructura de radioenlace mostrada en la figura 1, los dos pares de antenas de transmisión AT1, AT2 y antenas de recepción AR1, AR2 están dispuestos de tal manera que:

- la distancia entre la primera antena de transmisión AT1 y la primera antena de recepción AR1 y entre la segunda antena de transmisión AT2 y la segunda antena de recepción AR2 es igual a "1" y;

- la distancia entre AT1 y AR2 y entre AT2 y AR1 es igual a $1+\lambda/4$, siendo λ la longitud de onda de la portadora;

- siendo la distancia entre AT1 y AT2 y entre AR1 y AR2 igual a "d";

esta configuración, según el significado de la presente invención y para los fines de la misma, también se denominará a continuación del tipo "sección corta", es decir una sección en la que los fenómenos de propagación no logran producir variaciones en la geometría predefinida.

La figura 2 muestra un primer ejemplo de realización del aparato según la presente invención para la extracción del par de señales transmitidas usando las señales RX1 y RX2 emitidas por la antena de recepción AR1 y AR2 asociada; estando cada una de estas señales compuesta por la suma de las dos señales TX1 y TX2 de banda base moduladas por una respectiva señal de fuente S1, S2 transmitida por la respectiva antena AT1, AT2.

En mayor detalle, considerando la configuración geométrica fija de las antenas, la señal RX1, recibida por AR1 es una señal que es la suma de la señal útil TX1 transmitida por AT1 y la componente interferente TX2 transmitida por AT2, retardada $\lambda/4$, concretamente 90° , teniendo preferiblemente TX1 y TX2 la misma potencia, y la señal RX2 recibida por AT2 es una señal que es la suma de la señal útil TX2 transmitida por AT2 y la componente interferente TX1 retardada 90° . Puesto que las potencias de las señales TX1, TX2 transmitidas por AT1, AT2 son las mismas, la potencia de las señales RX1, RX2 recibidas y la potencia de su respectiva componente interferente TX2, TX1 también son las mismas.

Durante la recepción, una de las dos antenas de recepción, AR2 en el ejemplo mostrado, tiene su salida conectada a la entrada de una etapa de desfasador 100 que comprende un circuito de desfasador, $\phi 90$, que, al recibir en su entrada la señal RX2, genera en su salida una señal RX2-90 con potencia inalterada (igual que RX1, RX2), pero desfasada 90° con respecto a la señal RX2 recibida por la antena.

La señal RX1 emitida por AR1 y la señal RX2-90 emitida por el desfasador $\phi 90$ se envían a la entrada de una etapa de separador 200 que comprende un circuito de sumador SM que realiza la adición de las dos señales, generando en su salida una señal, TX1k, que contiene sólo la suma de sólo las componentes útiles TX1 presentes en fase tanto en RX1 como en RX2-90, mientras que la componente interferente TX2, que está en oposición de fase tanto en RX1 como en RX2-90, se elimina durante la adición; por tanto, se proporciona una señal TX1k = $2 \cdot TX1$, duplicando dicha señal la amplitud de la señal útil TX1.

La señal RX1 emitida por la antena AR1 y la señal RX2-90 emitida por el desfasador, $\phi 90$, también se envían a la entrada de un circuito de sustractor ST que determina la diferencia entre las dos señales.

Por tanto, el circuito de sustractor ST genera en su salida una señal, TX2k, es decir la diferencia entre RX1 y RX2-90, que contiene la suma de sólo las componentes útiles TX2 presentes tanto en RX1 como en RX2-90, mientras que se elimina la componente interferente TX1 presente en oposición de fase en las mismas dos señales, RX1, RX2-90; por tanto, la diferencia produce una señal TX2k= $2 \cdot TX2$, es decir con una amplitud el doble que la de la señal útil TX2. La señal TX1k emitida por el circuito de sumador SM y la señal TX2k emitida por el circuito de sustractor ST se envían a un respectivo circuito de demodulador convencional D1, D2 en cuya salida se regeneran las señales de modulación S1, S2 en banda base. Según una realización preferida, se prevé que la etapa de desfasador 100 es del tipo variable para permitir una configuración estática del aparato en el momento de la activación.

La figura 3 muestra un segundo ejemplo de realización del aparato según la presente invención, adecuado para su aplicación a un radioenlace en el que, mientras se mantiene la misma configuración geométrica ya descrita, la capacidad de transmisión se duplica adicionalmente, dando como resultado cuatro señales de banda base, S1V, S1H, S2V, S2H, que se transmiten en un canal de radio de señal usando doble polarización, es decir polarización vertical (V) y polarización horizontal (H), de dos pares de señales moduladas TX1V, TX1H y TX2V, TX2H transmitidas por AT1 y AT2, respectivamente.

Se entiende que la polarización vertical (V) y la polarización horizontal (H) son ejemplos de polarización que podrían

ser de cualquier otro tipo tal como polarización circular a izquierdas o a derechas.

En este caso, TX1V, TX1H son las dos señales que se originan de las dos señales de fuente de banda base S1V y S1H y transmitidas por la antena AT1, con polarización V y H, respectivamente; de manera similar, TX2V y TX2H son las dos señales que se originan de las otras dos señales de fuente de banda base S2V, S2H y transmitidas por la antena AT2, con polarización V y H, respectivamente.

Por consiguiente, las señales RX1V y RX1H en relación con las dos polarizaciones V, H de las primeras señales S1V y S1H están presentes en las dos salidas de la primera antena de recepción AR1 y las dos señales RX2V y RX2H en relación con las dos polarizaciones V, H de las segundas señales de fuente S2V y S2H están presentes en las dos salidas de la antena AR2.

Cada señal recibida, RX1V, RX1H, RX2V, RX2H, es la suma de las dos señales útiles con la misma polarización (copolar) y las dos señales interferentes con una polarización (polarización cruzada) diferente transmitida por las dos antenas AT1 y AT2.

En particular:

- RX1V es la suma de dos componentes copolares útiles TX1V y TX2V, desfasadas 90°, transmitidas con polarización V y de dos componentes interferentes de polarización cruzada TX1Hi y TX2Hi, también desfasadas 90°, debido a las señales TX1H y TX2H transmitidas con polarización H.

- RX1H es la suma de dos componentes copolares TX1H y TX2H, desfasadas 90°, y de las componentes interferentes de polarización cruzada TX1Vi y TX2Vi, desfasadas 90°;

- RX2V es la suma de dos componentes copolares TX2V y TX1V, desfasadas 90°, y de las componentes interferentes de polarización cruzada TX2Hi y TX1Hi, desfasadas 90°;

- RX2H es la suma de dos componentes copolares TX2H y TX1H, desfasadas 90°, y de las componentes interferentes de polarización cruzada TX2Vi y TX1Vi, desfasadas 90°;

$$RX1V = TX1V + TX2V_{90} + TX1Hi + TX2Hi_{90}$$

$$RX1H = TX1H + TX2H_{90} + TX1Vi + TX2Vi_{90}$$

$$RX2V = TX2V + TX1V_{90} + TX2Hi + TX1Hi_{90}$$

$$RX2H = TX2H + TX1H_{90} + TX2Vi + TX1Vi_{90}$$

Puesto que los niveles de potencia de las señales transmitidas por AT1 y AT2 son los mismos y las cuatro antenas tienen las mismas características, por tanto también los niveles de potencia de las cuatro señales recibidas RX1V, RX1H, RX2V, RX2H son los mismos, los niveles de potencia de las respectivas cuatro componentes útiles TX1V, TX1H, TX2V, TX2H son los mismos, y los niveles de potencia de las respectivas cuatro componentes interferentes TX1Vi, TX1Hi, TX2Vi, TX2Hi son los mismos.

Además, la potencia de las componentes interferentes TX1Vi, TX1Hi, TX2Vi, TX2Hi se atenúa, con respecto a las componentes útiles TX1V, TX1H, TX2V, TX2H correspondientes, una cantidad igual a la tasa de discriminación por polarización cruzada (XPD), debido a las características de cada par de antenas de transmisión/recepción, reducida 3 dB. Normalmente con antenas usadas comúnmente, la tasa final logra alcanzar un valor de 27 dB.

De una manera similar a la primera realización, las salidas de una de las dos antenas, por ejemplo RX2V y RX2H, emitidas por AR2, se envían a la entrada de una etapa de desfasador 100 que comprende dos respectivos desfasadores, $\phi_1 90$, $\phi_2 90$, que generan en su salida una respectiva señal RX2-90V y RX2-90H, con una potencia inalterada, pero desfasada 90° con respecto a la señal de entrada RX2V, RX2H, RX2H. Las señales emitidas por la primera antena de recepción AR1 y las señales emitidas por el bloque de desfase 100 se envían a una etapa de separador 200 dentro de la que se procesan con el fin de separar las componentes que se originan de una cualquiera de las antenas.

En mayor detalle:

- la señal de salida, RX1V, procedente de la antena AR1 y la señal de salida RX2-90V procedente del primer desfasador $\phi_1 90$ se envían a la entrada de un primer sumador SM1 y a un primer sustractor ST1. El sumador SM1 realiza la adición de las dos señales, RX1V, RX2-90V, generando en su salida una señal TX1kV que contiene la suma de sólo las componentes 2*TX1V y 2*TX1Hi, transmitidas por la primera antena AT1, mientras que se eliminan las componentes transmitidas por la otra antena AT2, que están en oposición de fase; por tanto, dicha señal TX1kV es la suma de la componente útil TX1V y la componente interferente TX1Hi transmitidas por la misma antena AT1 y

recibidas por ambas antenas AR1, AR2 ($TX1S1V = 2*TX1V + 2*TX1Hi$).

El sustractor ST1 determina la diferencia entre las dos mismas señales, RX1V, RX2-90V, generando en su salida una señal, TXkV, que contiene la suma de sólo las componentes en fase $2*TX2V$ y $2*TX2Hi$, transmitidas por la segunda antena AT2 y recibidas por ambas antenas de recepción AR1, AR2, mientras que se eliminan las componentes transmitidas por la otra antena AT1, que están en oposición de fase; por tanto, dicha señal TX2kV es la suma de la componente útil TX1V y la componente interferente TX1Hi transmitidas por la misma antena AT1 y recibidas por ambas antenas AR1, AR2 ($TX2'V = 2*TX2V + 2*TX2Hi$).

De la misma manera que para las señales de polarización H, la salida RX1H de AR1 y la salida RX2-90H del segundo desfasador ϕ_{290} se introducen en un segundo circuito de sumador SM2 y un segundo circuito de sustractor ST2 que generan dos respectivas señales de suma/diferencia similares a las señales anteriores, pero con relación a la segunda polarización H: $TX1kH = 2*TX1H + 2*TX1Vi$; $TX2kH = 2*TX2H + 2*TX2Vi$.

Como en el caso anterior, cada una de estas dos señales contiene las respectivas componentes útiles y componentes interferentes transmitidas por sólo una respectiva antena de transmisión AT1, AT2.

Tal como se muestra en la figura 3, con el fin de eliminar de cada una de las cuatro señales TX1kV, TX2kV, TX1kH y TX2kH, la componente interferente de polarización cruzada (TX1Hi, TX2Hi, TX1Vi, TX2Vi) transmitida por la misma antena que transmite la señal útil, se usa una etapa de supresor 300, comprendiendo dicha etapa cuatro atenuadores variables A1, A2, A3, A4 controlados por un dispositivo de AG (ganancia adaptativa) convencional que los controla de una manera adaptativa; este control adaptivo se introduce puesto que no es posible conocer de antemano los valores finales exactos del discriminante de polarización cruzada (XPD) de la sección en construcción, y debe determinarse el valor de ganancia que elimina precisamente la cantidad de la interferencia final real.

Cada una de dichas salidas de A1, A2, A3, A4 se envía a un respectivo circuito de sustractor, ST3, ST4, ST5, ST6, que recibe en su entrada también la respectiva señal TX1kH, TX2kH, TX1kV, TX2kV, que es la suma de la componente útil y la componente interferente, dando como resultado la diferencia la eliminación de la misma. En particular:

- ST3 recibe en su entrada TX1kH y la salida de TX1Va de A1, generando en su salida la señal $TX1Hk \leq 2*TX1H$;
- ST4 recibe en su entrada TX2kH y la salida de TX2Va de A2, generando en su salida la señal $TX2Hk \leq 2*TX2H$;
- ST5 recibe en su entrada TX1kV y la salida de TX1Ha de A3, generando en su salida la señal $TX1Vk \leq 2*TX1V$;
- ST6 recibe en su entrada TX2kV y la salida de TX2Ha de A4, generando en su salida la señal $TX2Vk \leq 2*TX2V$.

Dichas cuatro señales TX1Vk, TX2Vk, TX1Hk, TX2Hk se envían a la entrada de un respectivo circuito de receptor/demodulador D1, D2, D3, D4, que genera en su salida la respectiva señal original S1V, S2V, S1H y S2H en banda base.

La figura 4 muestra un tercer ejemplo de realización de un radioenlace para cuatro señales previstas según la presente invención, en la que la operación de supresión de las componentes interferentes de polarización cruzada de cada señal se realiza en banda base aguas abajo de los receptores/demoduladores D1, D2, D3, D4 en lugar de en radiofrecuencia y aguas arriba de los mismos.

La supresión de las componentes interferentes copolares de los dos pares de señales RX1V, RX1H, RX2V, RX2H, recibidos por las dos antenas AR1, AR2, o la separación de las componentes transmitidas por cada única antena AT1, AT2, se consigue de una manera idéntica y usando los mismos circuitos en comparación con lo ilustrado en el ejemplo anterior de la figura 3, realizando en primer lugar dicho desfase y dicha separación por medio de una primera etapa de desfasador 100 seguida por una etapa de separador 200 que opera a radiofrecuencia, generando las señales TX1'V, TX2'V, TX1'H, TX2'H que contienen sólo sumas de componentes de una misma antena de transmisión AT1, AT2, demodulando posteriormente cada señal así obtenida por medio de un respectivo demodulador D1, D2, D3, D4 que convierte dichas señales a banda base y enviando las señales demoduladas a la entrada de la etapa de supresor 300 que, operando en banda base, realiza la supresión de la componente interferente residual de una manera completamente similar a la ya descrita en relación con el ejemplo de la figura 3.

En esta realización, los circuitos se usan para un procesamiento digital de las señales muestreadas en la salida de los respectivos receptores/demoduladores que son *per se* convencionales y, por tanto, no están descritos.

Tal como se muestra en la figura 4 en líneas en negrita continuas, mediante una operación en banda base y una separación de los controladores de amplitud GA1 y GA2, es posible reducir la conexión física necesaria para las diversas operaciones a los pares únicos 1V y 1H por separado de los pares 2V y 2H, simplificando por tanto considerablemente el diseño de circuito mientras se mejora la rentabilidad y la fiabilidad global. Si los demoduladores emiten señales con una rotación que es aleatoria, pero fijada por el propio demodulador, es posible

introducir un dispositivo de rotación aguas arriba de las etapas de supresión 300 con el fin de restablecer las señales a la condición deseada.

La figura 5 muestra un cuarto ejemplo de realización de un radioenlace para cuatro señales según la presente invención, en el que todas las operaciones para una separación de las señales recibidas y la supresión de las componentes interferentes se realizan en banda base usando tecnología digital aplicada a las señales muestreadas adecuadamente aguas abajo de los demoduladores situados directamente a las salidas de las dos antenas de recepción.

Puesto que, en una tecnología de procesamiento de señales digitales, se conocen los circuitos y los cálculos necesarios para realizar las funciones especificadas en este dispositivo, es decir separación de las señales recibidas y supresión de la interferencia de polarización cruzada, la figura 5 muestra sólo el diagrama básico que ilustra la secuencia de unidades funcionales en esta realización.

También debe observarse que, en comparación con una tecnología convencional, esta cuarta realización también permite una simplificación significativa de los circuitos, en términos tanto de calidad como de cantidad, requeridos para una demodulación correcta.

La presente invención se refiere además a un método para separar y demodular señales de alta frecuencia que se transmiten en un único canal de radioenlace que comprende una primera antena de transmisión AT1 y una segunda antena de transmisión AT2 y una primera antena de recepción AR1 y una segunda antena de recepción AR2 correspondientes, estando configurada dicho radioenlace con un esquema en el que:

- la distancia entre la primera antena de transmisión AT1 y la primera antena de recepción AR1 y entre la segunda antena de transmisión AT2 y la segunda antena de recepción AR2 es igual a "1" y;

- la distancia entre la primera antena de transmisión AT1 y la segunda antena de recepción AR2 y entre la segunda antena de transmisión AT2 y la primera antena de recepción AR1 es igual a $1+\lambda/4$, siendo λ la longitud de onda de la portadora;

- la distancia entre AT1 y AT2 y entre AR1 y AR2 es igual a "d";

- dos señales de fuente de modulación S1 y S2 se transmiten con modulación en el mismo canal de alta frecuencia.

Basándose en dicha configuración geométrica del radioenlace y con una transmisión de un par de señales de fuente S1, S2 en banda base:

- en la salida de la primera antena de recepción AR1 hay una señal modulada RX1 formada por una primera componente TX1 modulada por S1 y debido a la señal transmitida por la primera antena AT1 y una segunda componente interferente TX2 modulada por S2 y debido a la señal transmitida por la segunda antena AT2 y recibida desfasada 90° con respecto a la componente útil TX1 y

- en la salida de la segunda antena de recepción AR2 hay una segunda señal modulada RX2 formada por una primera componente TX2 debido a la señal transmitida por la primera antena AT2 y una segunda componente interferente TX1 debido a la señal transmitida por la primera antena AT1 y recibida desfasada 90° con respecto a la componente útil TX2; siendo la intensidad de las señales útiles e interferentes la misma.

El método de reconstrucción según la invención comprende los siguientes pasos:

- desfasar 90° en un sentido antihorario una de las dos señales (RX2) recibidas por una de las dos antenas (AR2);

- añadir la señal desfasada 90° (RX290) a la otra señal (RX1) emitida por la otra antena de recepción (AR1); como resultado de la adición, la componente interferente TX2 presente tanto en RX1 como en RX290 se suprime puesto que tiene la misma amplitud, pero está en oposición de fase, mientras que las respectivas componentes útiles TX1, que tienen el mismo nivel y están en fase entre sí, se añaden conjuntamente; por consiguiente la señal que resulta de la adición es $TX1k = 2 \cdot TX1$, concretamente sólo la señal útil con una amplitud el doble que la de la señal recibida por cada antena de recepción AR1, AR2;

- realizar una sustracción entre la señal RX1 recibida por la primera antena AR1 y la señal RX2-90 recibida por la otra antena AR2 desfasada 90°; la diferencia es equivalente a añadir a la primera señal RX1 la segunda señal RX2-90 rotada 180°, produciendo una señal TX2k en la que las componentes interferentes transmitidas por la primera antena AT1 y presentes tanto en RX1 como en RX290 se suprimen entre sí puesto que tienen el mismo nivel, pero están en oposición de fase, mientras que las componentes útiles TX2 con el mismo nivel transmitidas por la segunda antena AT2 se añaden conjuntamente puesto que están en fase entre sí.

Una vez que se han obtenido las dos señales, es decir señal de suma TX1k y señal de diferencia TX2k, que

contienen sólo las respectivas componentes útiles TX1, TX2 transmitidas por la respectiva antena AT1, AT2, las mismas señales se envían a un respectivo demodulador D1, D2 que emite las dos señales originales S1, S2 en banda base.

5 Si, en la misma instalación de emisión, cada antena AT1, AT2 transmite en el mismo canal dos pares de señales TX1V, TX1H y TX2V, TX2H modulados por una respectiva señal de fuente S1V, S1H, S2V, S2H, usando doble polarización, es decir polarización vertical V y polarización horizontal H, el método según la invención comprende los siguientes pasos:

10 - enviar, mediante la primera antena de transmisión AT1, las primeras señales, es decir la señal polarizada vertical TX1V y la señal polarizada horizontal TX1H, y

- enviar, mediante la segunda antena de transmisión (AT2), las segundas señales TX2V, es decir la señal polarizada vertical V y la señal polarizada horizontal H;

15 - recibir dos señales RX1V, RX1H, con polarización diferente en la salida de la primera antena de recepción AR12, y de dos señales, RX2V, RX2H, con polarización diferente en la salida de la segunda antena de recepción AR2.

20 Cada una de las dos señales recibidas por la respectiva antena AR1, AR2 es la suma de las componentes de polarización cruzada y copolares interferentes y útiles transmitidas por ambas antenas AT1, AT2, estando cada componente del par copolar y de polarización cruzada desfasada 90° en relación entre sí, concretamente

$$RX1V = TX1V + TX2V_{90} + TX1Hi + TX2Hi_{90}$$

25
$$RX1H = TX1H + TX2H_{90} + TX1Vi + TX2Vi_{90}$$

$$RX2V = TX2V + TX1V_{90} + TX2Hi + TX1Hi_{90}$$

30
$$RX2H = TX2H + TX1H_{90} + TX2Vi + TX1Vi_{90}$$

- desfasar 90° ambas señales RX2V, RX2H recibidas por una antena AR2 de las dos antenas de recepción AR1, AR2 con la generación de respectivas señales RX2V-90, RX2H-90;

35 - añadir la primera señal polarizada vertical RX1V recibida por la primera antena AR1 y la otra señal polarizada vertical RX2V-90 desfasada 90°, con la generación de una señal TX1kV en la que se eliminan la componente TX2V y la componente interferente TX2H1 que se transmiten por la otra antena (AT2) y están en oposición de fase y en la que la componente útil TX1V y la componente interferente TX1Hi que se transmiten mediante la primera antena (AT1) y están en fase se añaden conjuntamente, generando una señal

40
$$TX1kV = 2TX1V + 2*TX1Hi$$

con un amplitud el doble que la de la componente útil TX1V recibida por cada antena de recepción;

45 - realizar una sustracción entre la misma primera señal polarizada vertical RX1V emitida por la primera antena AR1 y RX2V-90 emitida por el desfasador φ90 con la generación de una señal de diferencia TX2kV en la que se eliminan la componente útil TX1V y la componente interferente TX1Hi que se originan de la primera antena AT1 y están en oposición de fase y en la que la componente útil TX2V y la componente interferente TX2H1 que se originan de sólo la segunda antena AT2 y están en fase se añaden conjuntamente, generando una señal

50
$$TX2kV = 2*TX2V + 2*TX2Hi$$

con una amplitud el doble que la de la componente útil TX2V recibida por cada antena de recepción;

55 - añadir la primera señal polarizada horizontal RX1H y la segunda señal copolar RX2H-90 desfasada 90°, con la generación de una señal TX1kH en la que se eliminan las componentes TX2H, TX2Vi que se originan de la segunda antena AT2 y están en oposición de fase y en la que las componentes TX1H, TX1Vi que se originan de la primera antena AT1 y están en fase, se añaden conjuntamente, generando una señal

60
$$TX1kH = 2*TX1H + 2*TX1Vi$$

con una amplitud el doble que la de la componente útil TX1H recibida por cada antena de recepción;

65 - realizar una sustracción entre las mismas señales copolares horizontales RX1H y RX2H-90 con la generación de una señal TX2kH en las que se eliminan las componentes interferentes TX1H, TX1Vi que se originan de la primera antena de transmisión AT1 y están en oposición de fase y, la componente útil TX2H y la componente interferente TX2V1 que se originan de sólo la segunda antena de transmisión AT2 y están en fase, se añaden conjuntamente,

generando una señal

$$TX2kH = 2*TX2H + 2*TX2Vi$$

5 con una amplitud el doble que la de la componente útil TX2H recibida por cada antena de recepción. Cada par de señales de suma/diferencia TX1kV, TX1kH y TX2kV, TX2kH contiene las respectivas componentes interferentes y útiles transmitidas por sólo la respectiva antena de transmisión AT1 o AT2 y, por tanto, es necesario suprimir la componente de polarización cruzada interferente asociada de cada señal.

10 Puesto que cada componente interferente de polarización cruzada es igual a una señal útil TX1V, TX2V, TX1H, TX2H correspondiente atenuada un factor igual a la tasa de discriminación por polarización cruzada (XPD), generada por la cadena de las dos antenas de transmisión/recepción, con el fin de suprimir dichas componentes de polarización cruzada, se conciben los siguientes pasos adicionales del método:

15 - atenuar cada señal de suma/diferencia TX1kV, TX1kH, TX2kV, TX2kH automáticamente por medio de métodos usados en una eliminación de interferencia de polarización cruzada, es decir generando cuatro señales TX1Va, TX2Va, TX1Ha, TX2Ha con una amplitud de manera que la componente contenida en las mismas sin la "i" final sea igual a la respectiva componente interferente presente en dichas señales de suma, distinguidas por la letra de polarización opuesta, es decir de manera que:

20 $TX1Va$ (para su primer vector de componente) = $2*TX1Vi$,

$TX2Va$ (para su primer vector de componente) = $2*TX2Vi$,

25 $TX1Ha$ (para su primer vector de componente) = $2*TX1Hi$,

$TX2Ha$ (para su primer vector de componente) = $2*TX2Hi$,

30 - realizar una sustracción de cada una de dichas señales atenuadas TX1Va, TX2Va, TX1Ha, TX2Ha de la respectiva señal de suma/diferencia TX1kH, TX2kH, TX1kV, TX2kV por medio de un sustractor ST3, ST4, ST5, ST6, correspondiente obteniendo las siguientes cuatro señales:

$TX1Vk = TX1kV - TX1Ha = 2*TX1V$

35 $TX2Vk = TX2kV - TX2Ha = 2*TX2V$

$TX1Hk = TX1kH - TX1Va = 2*TX1H$

40 $TX2Hk = TX2kH - TX2Va = 2*TX2H$

cada una de las cuales contiene habitualmente sólo una única señal útil asociada con doble potencia que recibió en realidad por cada única antena menos la componente interferente presente junto con la señal útil en la entrada de cada atenuador y, por tanto, con una amplitud insignificante en comparación con las señales útiles.

45 - demodular por medio de un respectivo demodulador D1, D2, D3, D4 con el fin de regenerar las cuatro señales originales S1V, S2V, S1H, S2H en banda base. Por tanto, es evidente cómo con el método y el aparato según la presente invención es posible realizar la demodulación, de una manera sencilla y usando pocos circuitos convencionales, de señales moduladas transmitidas a alta frecuencia en un único canal de radioenlace de sección corta por pares de antenas con varias entradas y varias salidas.

50 Además, los circuitos de desfasador $\phi 90$ pueden implementarse en la práctica en asociación con medios de cálculo automáticos para ajustar ángulos de desfase de las señales recibidas sólo ligeramente diferentes de 90° .

55 Aunque se describe en relación con determinadas formas de construcción y determinados ejemplos preferidos de realización de la invención, se entiende que el alcance de protección de la presente patente se define solamente por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para reconstruir pares de señales de fuente (S1, S2; S1V, S1H; S2V, S2H) transmitidas en una modulación de alta frecuencia en un único canal de radioenlace, "de sección corta", que comprende una primera antena (AT1) y una segunda antena (AT2) que transmiten respectivas señales útiles (TX1, TX2; TX1V, TH1H, TX2V, TX2H) moduladas por las señales de fuente (S1, S2; S1V, S1H, S2V, S2H) asociadas, recibiendo una primera antena (AR1) y una segunda antena (AR2), respectivamente, una primera señal (RX1) que es la suma de la primera señal útil (TX1; TX1V, TH1H) transmitida por la primera antena (AT1) de las dos antenas de transmisión (AT1, AT2) y al menos una componente interferente transmitida por la otra antena de transmisión (AT2), y una segunda señal (RX2) que es la suma de la segunda señal útil (TX2; TX2V, TX2H) transmitida por la segunda antena de transmisión (AT2) y al menos una componente interferente transmitida por la primera antena (AT1), un receptor/demodulador (D1, D2; D1, D2, D3, D4) para reconstruir cada señal de fuente (S1, S2; S1V, S1H, S2V, S2H) transmitida,

caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

- desfasar 90° las señales (RX2; RX2V, RX2H) recibidas por una antena (AR2) de las dos antenas (AR1, AR2) con la generación de señales desfasadas (RX2-90; RX2V-90, RX2H-90) asociadas;

- añadir las señales desfasadas 90° (RX2-90; RX2V-90, RX2H-90) a la señal (RX1; RX1V, RX1H) correspondiente emitida por la otra antena (AR1) de las dos antenas de recepción (AR1, AR2) con la generación de una señal que comprende sólo las componentes (TX1; TX1V, TX1H) derivadas de la primera antena de transmisión (AT1);

- realizar una sustracción entre la señal (RX1) **recibida por** la primera antena (AR1) y la señal desfasada 90° (RX2-90) para generar una señal que comprende sólo las componentes (TX2; TX2V, TX2H) derivadas de la segunda antena de transmisión (AT2);

- demodular (D1, D2) las señales separadas.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las señales de fuente son dos pares (S1V, S1H; S2V, S2H) transmitidos cada uno por una respectiva antena de transmisión (AT1, AT2) con doble polarización (V, H).

3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado porque** comprende los siguientes pasos:

- desfasar 90° ambas señales (RX2V, RX2H) recibidas por una antena (AR2) de las dos antenas (AR1, AR2) con la generación de respectivas señales desfasadas (RX2V-90, RX2H-90);

- separar las señales útiles e interferentes transmitidas por cada única antena de transmisión por medio de:

- añadir la primera señal polarizada vertical (RX1V) recibida por la primera antena (AR1) y la señal desfasada 90° (RX2V-90) con la generación de una primera señal de suma (TX1kV);

- realizar una sustracción entre las mismas señales copolares verticales (RX1V) emitida por la primera antena (AR1) y (RX2V-90) emitida por el desfasador ($\phi_1 90$) con la generación de una primera señal de diferencia (TX2kV);

- añadir la primera señal polarizada horizontal (RX1H) recibida por la primera antena (AR1) y la señal copolar desfasada 90° (RX2H-90) con la generación de una segunda señal de suma (TX1kH);

- realizar una sustracción entre las mismas señales copolares horizontales (RX1H) recibidas por la primera antena (AR1) y la señal (RX2H-90) emitida por el segundo desfasador ($\phi_2 90$) con la generación de una segunda señal de diferencia (TX2kH);

- suprimir (300) las componentes interferentes de cada señal de suma/diferencia.

4. Método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha supresión (300) de las componentes interferentes comprende los siguientes pasos:

- atenuar cada señal de suma/diferencia (TX1kV, TX1kH, TX2kV, TX2kH) con la generación de cuatro señales (TX1Va, TX1Ha, TX2Va, TX2Ha) que tienen la misma amplitud y fase que la respectiva componente interferente presente en dichas señales de suma;

- realizar una sustracción de cada una de dichas señales atenuadas (TX1Va, TX1Ha, TX2Va, TX2Ha) de

la respectiva señal de suma/diferencia (TX1kH, TX1kV, TX2kH, TX2kV);

- demodular.

- 5 5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha etapa (100, 200) para separar las señales útiles opera en radiofrecuencia.
6. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha etapa (100, 200) para separar las señales útiles opera en banda base.
- 10 7. Método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha etapa (300) para suprimir las componentes interferentes de cada señal de suma/diferencia se realiza en radiofrecuencia.
8. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha etapa (300) para suprimir las componentes interferentes de cada señal de suma/diferencia se realiza en banda base.
- 15 9. Aparato para demodular pares de señales de fuente (S1, S2; S1V, S1H, S2V, S2H) transmitidas en único canal de alta frecuencia, de radioenlace, "de sección corta", que comprende una primera antena (AT1) y una segunda antena (AT2) que transmiten respectivas señales útiles (TX1, TX2; TX1V, TH1H, TX2V, TX2H) moduladas por las señales de fuente (S1, S2; S1V, S1H, S2V, S2H) asociadas, una primera antena de recepción (AR1) y una segunda antena de recepción (AR2) que emiten respectivamente una primera señal (RX1) que es la suma de la primera señal útil (TX1; TX1V, TH1H) transmitida por la primera antena (AT1) de las dos antenas de transmisión y al menos una componente interferente transmitida por la otra antena de transmisión (AT2), y una segunda señal (RX2) que es la suma de la segunda señal útil (TX2; TX2V, TX2H) transmitida por la segunda antena de transmisión (AT2) y al menos una componente interferente transmitida por la primera antena (AT1), un receptor/demodulador (D1, D2; D1, D2, D3, D4) para reconstruir cada señal de fuente (S1, S2; S1V, S1H, S2V, S2H) transmitida,
caracterizado porque comprende
30 - una etapa de desfasador (100) que comprende al menos un circuito de desfasador ($\phi 90$) capaz de recibir en su entrada las señales recibidas (RX2) por una antena (AR2) de las dos antenas de recepción y generar una señal (RX290) correspondiente que está desfasada 90° y tiene la misma amplitud;
35 - una etapa de separador (200) capaz de generar en su salida señales (TX1k, TX2k) que contienen cada una sólo las componentes (TX1, TX2) transmitidas respectivamente por cada única antena de transmisión (AT1, AT2); comprendiendo dicha etapa (200):
40 al menos un circuito de sumador (SM1) capaz de recibir en su entrada la señal (RX1) emitida por la primera antena (AR1) y la señal (RX290) emitida por el desfasador ($\phi 90$) y realizar la suma de las dos señales que generan en su salida una señal, (TX1k), que comprende sólo las señales transmitidas por sólo la primera antena (AT1);
45 al menos un circuito de sustractor (ST) capaz de recibir en su entrada las mismas señales (RX1) emitida por la primera antena (AR1) y la señal (RX290) emitida por el desfasador ($\phi 90$) y determinar la diferencia entre las dos señales, generando en su salida una señal (TX2k) que incluye sólo las señales transmitidas por sólo la segunda antena (AT2).
- 50 10. Aparato según la reivindicación 9, **caracterizado porque** las señales de fuente son dos pares (S1V, S1H; S2V, S2H) transmitidos cada uno por una respectiva antena de transmisión (AT1, AT2) con doble polarización (V, H).
- 55 11. Aparato según la reivindicación 10, **caracterizado porque** dicho bloque de desfasador (100) comprende un par de circuitos de desfasador ($\phi_1 90$, $\phi_2 90$) pudiendo recibir cada uno en su entrada una respectiva señal (RX2V, RX2H) recibida por una antena (AR2) de las dos antenas de recepción (AR1, AR2) y generar una respectiva señal (RX290V, RX290H) correspondiente que está desfasada 90° y tiene la misma amplitud,
y porque
60 - dicha etapa de separador (200) puede recibir en su entrada el par de señales (RX1V, RX1H) emitidas por la primera antena de recepción (AR1) y el par de señales desfasadas (RX290V, RX290H) emitidas por el respectivo desfasador ($\phi_1 90$, $\phi_2 90$) y generar en su salida dos pares de señales (TX1kV, TX1kH; TX2kV, TX2kH) que contienen cada una sólo las componentes transmitidas por una antena sólo de las dos antenas de transmisión (AT1, AT2), comprendiendo dicha etapa (200)

65

- 5 un primer sumador (SM1) que, al recibir en su entrada la primera señal (RX1V) con polarización vertical (V) recibida por la primera antena (AR1) y la señal copolar desfasada (RX290V) emitida por el primer desfasador ($\phi_1 90$), realiza la adición de las mismas, generando en su salida una señal TX1kV, que contiene la suma de sólo las componentes (TX1V, TX1Hi) de las señales (TX1V, TX1H) transmitidas por la primera antena de transmisión (AT1);
- 10 un primer sustractor (ST1) que, al recibir en su entrada la misma primera señal (RX1V) con polarización vertical (V) recibida por la primera antena de recepción (AR1) y la señal desfasada (RX290V) emitida por el primer desfasador ($\phi_1 90$) determina la diferencia del mismo, generando en su salida una señal TX2kV, que contiene la suma de sólo las componentes de sólo las señales (TX2V, TX2H) transmitidas por la segunda antena (AT2);
- 15 un segundo sumador (SM2) que, al recibir en su entrada la primera señal (RX1H) con polarización horizontal (H) recibida por la primera antena (AR1) y la señal (RX290H) emitida por el segundo desfasador ($\phi_2 90$), realiza la adición de las mismas, generando en su salida una señal (TX1kH) que contiene, añadidas conjuntamente, sólo las componentes (TX2H, TX2Vi) derivadas de las señales (TX2H, TX2V) transmitidas sólo por la segunda antena de transmisión (AT2);
- 20 un segundo sustractor (ST2) que, al recibir en su entrada la misma primera señal (RX1H) con polarización horizontal recibida por la primera antena (AR1) y la señal (RX290H) emitida por el segundo desfasador ($\phi_2 90$) determina la diferencia del mismo, generando en su salida una señal (TX2kH) que contiene, añadidas conjuntamente, sólo las componentes (TX2H, TX2Vi) derivadas de las señales (TX2H, TX2V) transmitidas por sólo la segunda antena (AT2), y **porque** comprende un bloque de supresor (300) que puede recibir en su entrada las componentes de las señales generadas por el
- 25 circuito de separador (200) y suprime de las mismas las respectivas componentes de polarización cruzada interferentes (TX1kHi, TX1kVi, TX2kHi, TX2kVi) y que está dispuesto aguas abajo del circuito de separador (200).
- 30 12. Aparato según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dicho bloque de supresor (300) comprende un circuito de atenuador (A1, A2, A3, A4) para cada una de las señales (TX1kV) emitida por el primer sumador (SM1), (TX2kV) emitida por el primer sustractor (ST1), (TX1kH) emitida por el segundo sumador (SM2), (TX2kH) emitida por el segundo sustractor (ST2), controlándose dichos atenuadores (A1, A2, A3, A4) por un dispositivo (AG) para controlar de manera adaptativa la atenuación.
- 35 13. Aparato según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dichos bloque de desfasador (100), bloque de separador (200) y bloque de supresor (300) están dispuestos aguas abajo de los receptores/demoduladores (D1, D2, D3, D4).
- 40 14. Aparato según la reivindicación 9, **caracterizado porque** dichos bloque de desfasador (100) y bloque de separador (200) están dispuestos aguas arriba de los demoduladores (D1, D2).
15. Aparato según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dicho bloque de supresor (300) está aguas arriba de los receptores/demoduladores (D1, D2, D3, D4).
- 45 16. Aparato según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dicho bloque de supresor está aguas abajo de los receptores/demoduladores (D1, D2; D1, D2, D3, D4).
17. Aparato según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la etapa de desfasador (100) y la etapa de separador (200) son digitales.
- 50 18. Aparato según la reivindicación 16 ó 17, **caracterizado porque** la etapa de supresor (300) es digital.

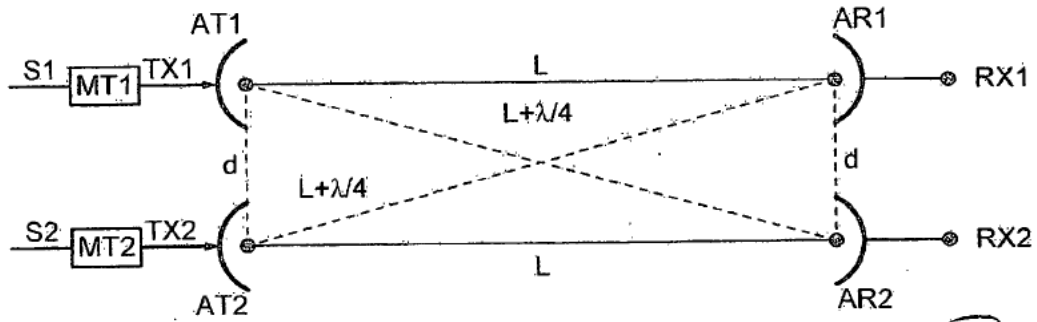


Fig. 1

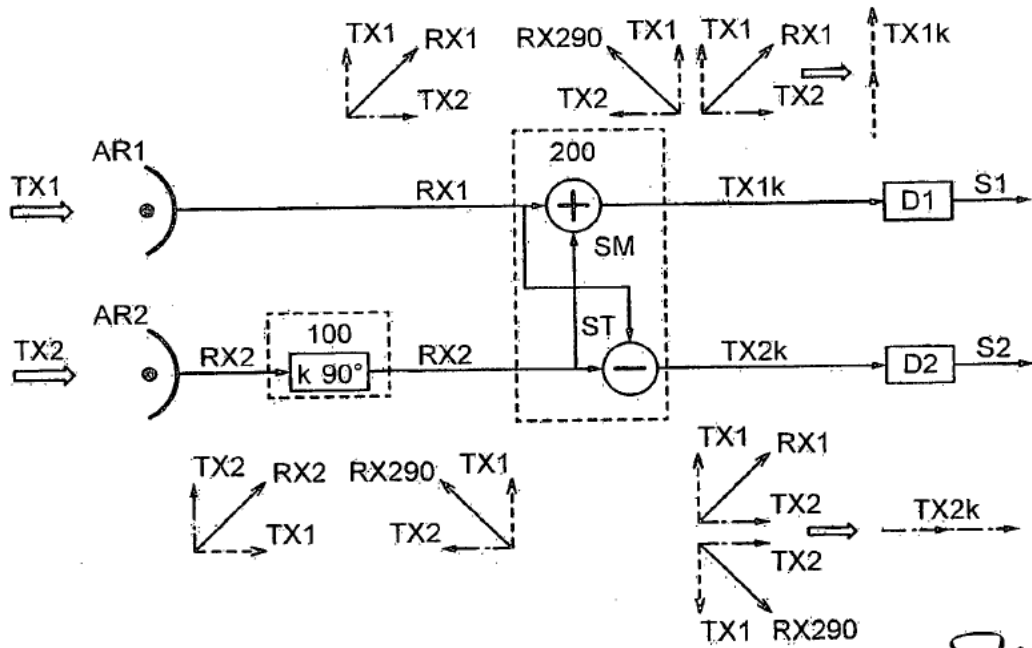


Fig. 2

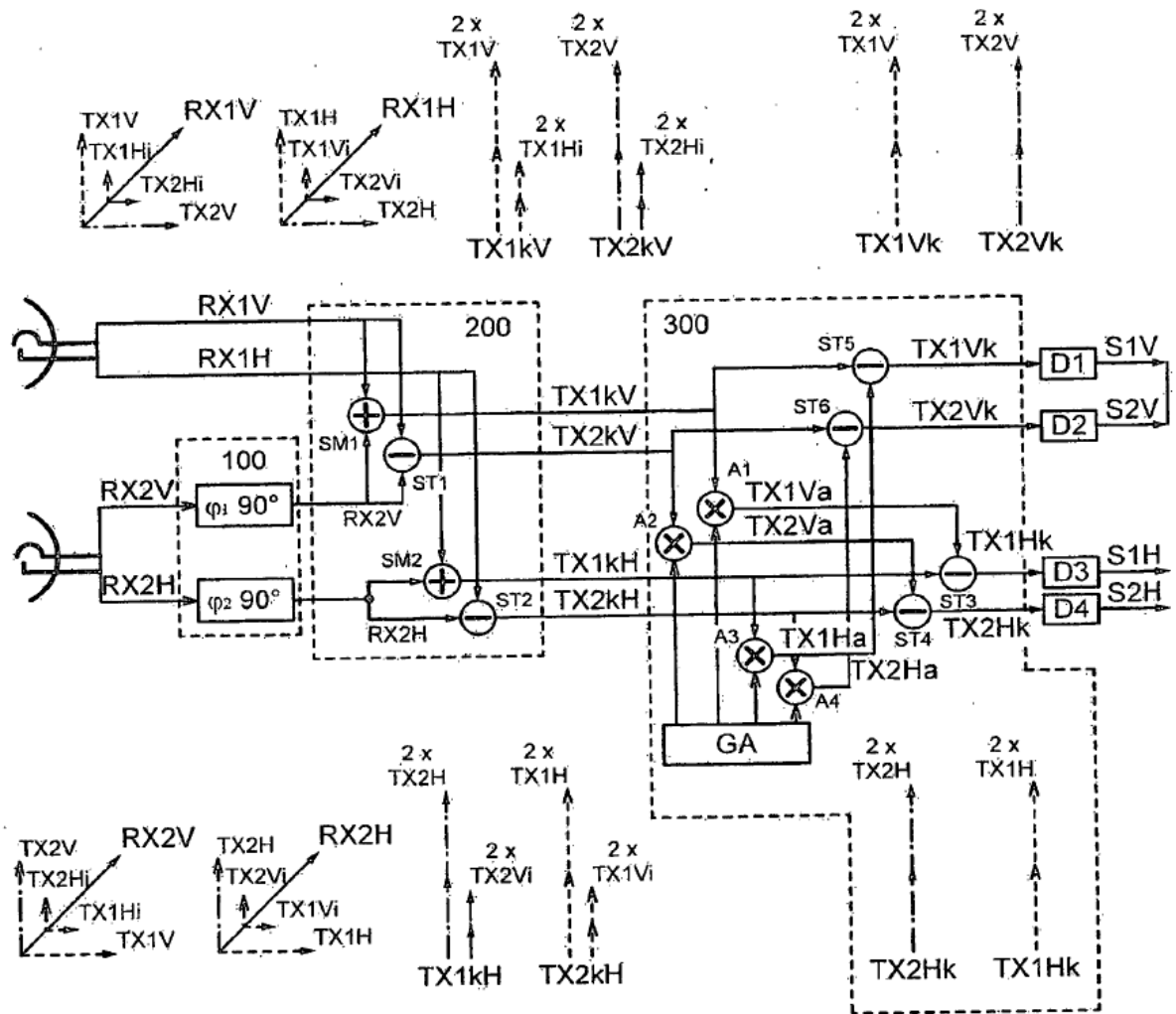


Fig.3

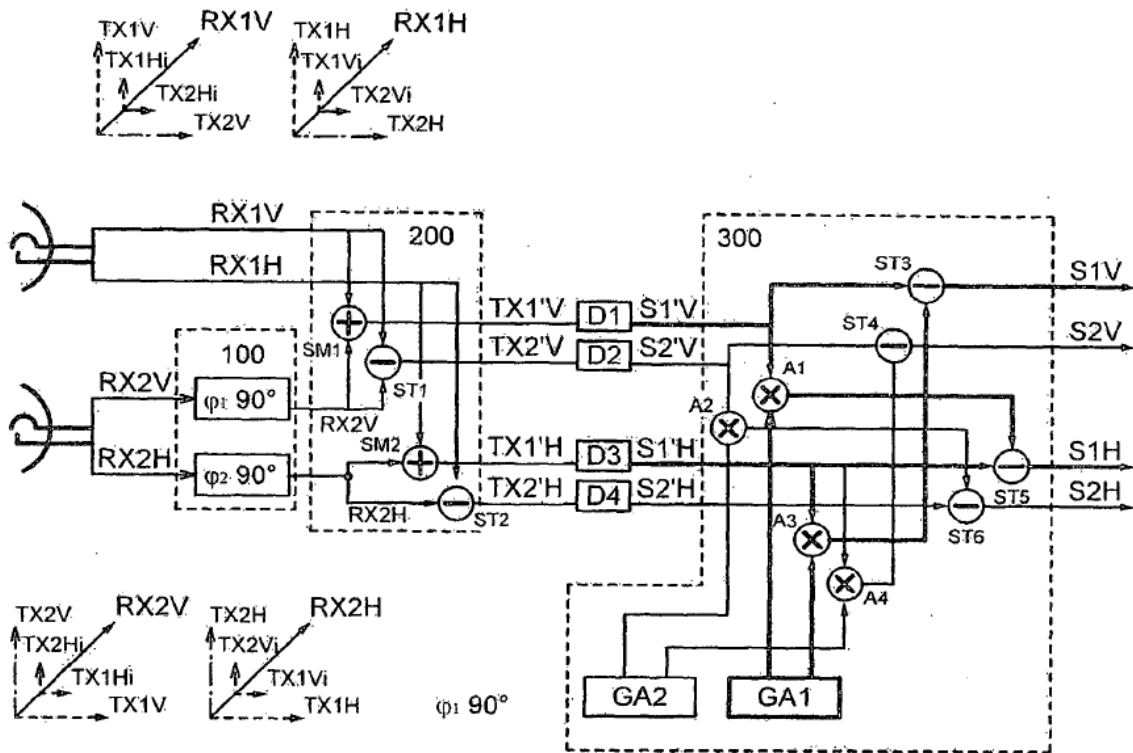


Fig. 4

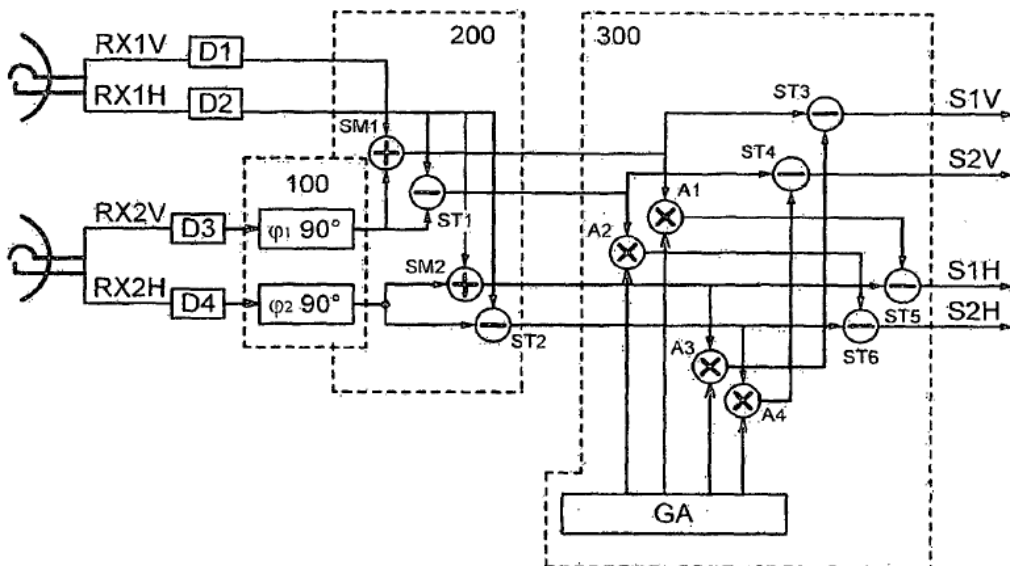


Fig. 5