

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 128**

51 Int. Cl.:  
**H01Q 3/36** (2006.01)  
**H01Q 3/26** (2006.01)  
**H01Q 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06006094 .4**  
96 Fecha de presentación: **12.09.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1684378**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.07.2006**

54 Título: **Sistema de antena de elementos en fase**

30 Prioridad:  
**22.10.2001 GB 0125349**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.09.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.09.2012**

73 Titular/es:  
**QUINTEL TECHNOLOGY LIMITED  
2 TEMPLE BACK EAST, TEMPLE QUAY  
BS1 6EG BRISTOL, GB**

72 Inventor/es:  
**Haskell, Philip E.;  
Thomas, Louis D. y  
Wynn, Duncan A.**

74 Agente/Representante:  
**Sugrañes Moliné, Pedro**

ES 2 387 128 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

Sistema de antena de elementos en fase

5 La presente invención se refiere a un sistema de antena y particularmente, aunque no exclusivamente, a un sistema de antena de elementos en fase que tiene una pluralidad de elementos de antena dispuestos en al menos dos subagrupaciones. El sistema de antena es adecuado para su uso en muchos sistemas de telecomunicaciones pero encuentra una aplicación particular en redes de radio móvil celular, denominadas habitualmente redes de telefonía móvil. Más específicamente, el sistema de antena de la presente invención puede usarse con redes de telefonía móvil de tercera generación (3G) y con el sistema universal de telefonía móvil (UMTS).

10 Los operadores de redes de radio móvil celular emplean, en general, sus propias estaciones base, cada una de las cuales incluye una o más antenas. En una red de radio móvil celular, las antenas son un factor para definir el área de cobertura deseada que se divide generalmente en varias células solapadas, cada una asociada con una respectiva antena y estación base. Cada célula contiene una estación base de ubicación fija que se comunica con radios móviles en esa célula. Las propias estaciones base se interconectan por otros medios de comunicación, o bien enlaces de radio o bien líneas terrestres fijas, y están dispuestas en una rejilla o estructura en malla que permite la comunicación entre radios móviles en toda el área de cobertura de la célula, así como con la red telefónica pública fuera de la red de radio móvil celular.

15 Las antenas usadas en tales redes suelen ser dispositivos compuestos conocidos como antenas de elementos en fase que comprenden una pluralidad (habitualmente ocho o más) o agrupación de elementos de antena o dipolos individuales. La dirección de máxima sensibilidad de la antena, es decir, la dirección vertical u horizontal del haz de radiación principal o "eje de alineación" del patrón de antena, puede alterarse ajustando la relación de fase entre los elementos. Esto tiene el efecto de permitir la orientación del haz para modificar el área de cobertura de la antena.

20 En particular, los operadores de antenas de elementos en fase en redes de radio móvil celular tienen el requisito de ajustar el patrón de radiación vertical (VRP), también conocido como la "inclinación" de la antena, puesto que esto tiene un efecto significativo en el área de cobertura de la antena. Puede requerirse el ajuste del área de cobertura, por ejemplo, debido a cambios en la estructura de red o a la adición o retirada de otras estaciones base o antenas en la célula.

25 El ajuste del ángulo de inclinación de una antena se conoce y se logra de manera convencional por medios mecánicos, medios eléctricos, o ambos, dentro de la propia antena. Cuando la inclinación se ajusta mecánicamente, por ejemplo, moviendo mecánicamente los propios elementos de antena o moviendo mecánicamente el alojamiento de los elementos, un ajuste de este tipo se denomina con frecuencia "ajuste del ángulo de inclinación mecánica". El efecto de ajustar el ángulo de inclinación mecánica es volver a posicionar el eje de alineación de manera que apunte o bien por encima o bien por debajo del horizonte. Cuando la inclinación se ajusta eléctricamente, ajustando la fase de las señales suministradas a los elementos de antena sin mover físicamente ni el alojamiento de los elementos, ni los propios elementos de antena ni cualquier otra parte de la cúpula de antena, un ajuste de este tipo se denomina habitualmente "ajuste del ángulo de inclinación eléctrica". El efecto de ajustar el ángulo de inclinación eléctrica también es volver a posicionar el eje de alineación de modo que apunte o bien por encima o bien por debajo del horizonte pero, en este caso, se logra cambiando el retardo de tiempo de las señales alimentadas a cada elemento (o grupo de elementos) en la agrupación.

30 Una desventaja del ajuste mecánico del ángulo de inclinación eléctrica es que debe llevarse a cabo *in situ* mediante el ajuste mecánico manual de la antena.

35 Un objeto de la presente invención es proporcionar una antena mejorada que supere el problema mencionado anteriormente.

40 En la siguiente descripción, el término "sistema de antena" se usa en lugar del término anterior "antena" para describir un sistema que tiene un "conjunto de antena", es decir, una agrupación de elementos de antena, y medios de control para controlar las señales suministradas a los elementos de antena en el conjunto de antena.

45 Según la presente invención, se proporciona un sistema de antena que comprende:

Un sistema de antena que comprende:

50 a) un conjunto de antena que tiene:

i) un ángulo de inclinación eléctrica;

ii) dos puertos de conjunto de antena,

65 iii) una pluralidad de elementos de antena dispuestos en subagrupaciones al menos primera y segunda,

comprendiendo cada subagrupación uno o más de los elementos de antena;

iv) circuito de encaminamiento de señal para encaminar señales entre los puertos de conjunto de antena y los elementos de antena; y

5 b) primeros medios de control para controlar la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación; caracterizado porque

10 c) el sistema de antena incluye dos alimentadores de señal para retransmitir respectivas señales respectivamente los dos puertos de conjunto de antena y un controlador de inclinación de antena ubicado alejado del conjunto de antena;

15 d) los primeros medios de control son un aparato de desplazamiento de fase variable incorporado en el controlador de inclinación de antena ubicado alejado y dispuesto para proporcionar control eléctrico de diferencia de fase entre las señales retransmitidas a través de los dos alimentadores de señal; y

20 e) el circuito de encaminamiento de señal incorpora segundos medios de control para controlar automáticamente la fase de las señales suministradas a la segunda subagrupación en dependencia de la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación, de manera que el ángulo de inclinación eléctrica del conjunto de antena cambia en respuesta al cambio en la diferencia de fase entre las señales retransmitidas a través de los dos alimentadores de señal.

25 Los elementos de antena pueden estar dispuestos en subagrupaciones primera, segunda y tercera, incluyendo el sistema terceros medios de control para controlar la fase de las señales suministradas a la tercera subagrupación, y estando dispuestos los segundos medios de control para controlar la fase de las señales suministradas a la segunda subagrupación en dependencia de una función predeterminada de la fase de las señales suministradas a las subagrupaciones primera y tercera. La función predeterminada puede ser una suma vectorial de las fases de las señales suministradas a las subagrupaciones primera y tercera.

30 El sistema puede comprender además respectivos medios de distribución de señal asociados con cada subagrupación para dividir y distribuir señales a respectivos elementos de antena de subagrupación. Cada medio de distribución de señal puede incluir una disposición de división para dividir y distribuir señales a elementos de antena en la subagrupación asociada. La disposición de división puede estar dispuesta para proporcionar una distribución sustancialmente uniforme de intensidad de señal a las subagrupaciones.

35 Al menos una señal de salida de los medios de distribución asociados con la primera subagrupación puede combinarse con al menos una señal de salida de los medios de distribución asociados con la tercera subagrupación para proporcionar señales de salida combinadas primera y segunda a elementos de antena primero y segundo de la segunda subagrupación.

40 El sistema de la invención puede comprender al menos una unidad de combinación de cuadratura para recibir una primera señal de entrada que tiene la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación y una segunda señal de entrada que tiene la fase de las señales suministradas a la tercera subagrupación, y para proporcionar una primera señal de salida a un elemento de antena de la segunda subagrupación y una segunda señal de salida a otro elemento de antena de la segunda subagrupación, siendo las señales de salida primera y segunda dependientes de la función predeterminada de la fase de las señales de entrada primera y segunda. La fase de las señales de salida primera y segunda puede ser el promedio de la fase de las señales de entrada primera y segunda.

50 Los medios de control primero y tercero pueden ubicarse alejados de los elementos de antena.

55 El circuito de encaminamiento de señal puede estar dispuesto de manera que cada alimentador de señal y su respectivo puerto proporcionan la retransmisión de señales entre el controlador de inclinación de antena alejado y múltiples elementos de antena de los que al menos algunos no están asociados con la retransmisión de señal a través del otro alimentador.

60 El controlador de inclinación de antena puede ubicarse en una base de un soporte de antena que sostiene el conjunto de antena, y el sistema puede incluir medios de ajuste de fase mecánicos para ajustar adicionalmente la fase de señal de elemento de antena. El controlador de inclinación de antena puede incluir medios de ajuste de fase primero y segundo, un único puerto para recibir una única señal de entrada al sistema y medios para dividir la señal de entrada en señales primera y segunda para su suministro a los medios de ajuste de fase primero y segundo respectivamente.

65 El controlador de inclinación de antena puede incorporar medios de ajuste de fase primero y segundo para ajustar las fases de las señales suministradas a las subagrupaciones y conectadas a respectivas subagrupaciones a través de respectivos alimentadores de señal y puertos de conjunto de antena.

Las subagrupaciones al menos primera y segunda pueden comprender subagrupaciones primera, segunda y tercera y medios para controlar automáticamente la fase de las señales suministradas a una subagrupación en dependencia de la fase de las señales suministradas a las otras subagrupaciones.

5 El controlador de inclinación de antena puede tener un primer aparato de control para controlar o ajustar la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación en una primera cantidad, y un segundo aparato de control para controlar o ajustar la fase de las señales suministradas a la segunda subagrupación en una segunda cantidad, donde al menos uno de la magnitud y polaridad de la segunda cantidad es diferente a la de la primera cantidad.

10 Los medios de encaminamiento de señal pueden comprender un respectivo aparato de distribución de señal asociado con cada subagrupación para dividir y distribuir señales a esos elementos de antena de subagrupación desde un respectivo alimentador de señal y puerto de conjunto de antena.

15 Los aparatos de distribución de señal pueden incluir respectivas disposiciones de división para distribuir la intensidad de señal a las subagrupaciones de manera sustancialmente uniforme.

20 El sistema de antena puede incluir medios de ajuste de fase mecánicos que incorporan una agrupación de elementos dieléctricos cada uno de los cuales puede moverse para cambiar una respectiva velocidad de propagación de señal para un respectivo elemento de antena. Cada elemento de antena puede tener una línea de transmisión de entrada asociada y cada elemento dieléctrico puede estar dispuesto para el movimiento giratorio o lineal en relación con su línea de transmisión asociada para desplazar la velocidad de propagación y la fase de una señal suministrada al mismo a través de esa línea de transmisión.

25 Los sistemas de la invención descritos en los párrafos anteriores proporcionan varias ventajas respecto a los sistemas existentes. En particular, el control y/o ajuste de las fases de las señales suministradas a cada subagrupación en el conjunto de antena puede lograrse de manera sencilla y rápida y desde una ubicación alejada del conjunto de antena. Se conoce ajustar el ángulo de inclinación de una antena mediante el ajuste mecánico manual de los elementos de antena y/o del alojamiento de antena montado en el propio soporte o mástil de antena.

30 Un procedimiento de ajuste de este tipo es incómodo y requiere mucha mano de obra. La presente invención proporciona la ventaja de que el ángulo de inclinación puede ajustarse desde una ubicación alejada del mástil de antena por medios eléctricos, por ejemplo, desde una estación base o centro de control en la base del mástil de antena, o una estación base situada a varios kilómetros del mástil. Además, el sistema es apropiado para aplicaciones de múltiples usuarios (es decir, múltiples operadores), dotando a cada usuario de medios de control que funcionan independientemente, y combinando las señales de usuario en un dispositivo de combinación de frecuencia selectiva.

35 La invención también proporciona la ventaja de que la distribución de la fase y amplitud de las señales alimentadas a cada elemento de antena se controla para proporcionar un control mejorado de la ganancia de antena y del nivel de lóbulo secundario, particularmente cuando el sistema está eléctricamente inclinado. La provisión de medios de ajuste de fase mecánicos, por ejemplo, para ajustar adicionalmente la fase de las señales suministradas a cada elemento de la agrupación, dota al usuario de medios de sintonización fina del patrón de radiación vertical, para permitir una optimización adicional de la ganancia del eje de alineación y de los niveles de lóbulos secundarios.

45 Las realizaciones de la invención también proporcionan una ventaja respecto a otras técnicas conocidas porque puede lograrse una reducción en el número de componentes requeridos para ajustar la inclinación eléctrica del conjunto de antena con una correspondiente reducción en el coste y la complejidad del sistema.

50 A efectos de esta memoria descriptiva, se apreciará que por el término "usuario" se entiende el usuario del sistema de la invención (es decir, un operador del sistema), y no el usuario del aparato telefónico para la recepción/transmisión de señales hacia/desde el sistema.

Ahora se describirá la presente invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

55 la figura 1 ilustra el patrón de radiación vertical (VRP) de un conjunto de antena de elementos en fase conocido;

la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un conjunto de antena conocido que incorpora medios mecánicos para ajustar el ángulo de inclinación eléctrica;

60 la figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de una primera realización de un sistema de antena de subagrupación doble según la invención;

la figura 4 es un diagrama de bloques esquemático de una implementación práctica del sistema de antena de la figura 3;

65 la figura 5 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de antena de subagrupación triple de una

realización alternativa, que usa solapamiento espacial de subagrupaciones;

la figura 6 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de antena de subagrupación triple alternativo al mostrado en la figura 5;

5

la figura 7 muestra un diagrama de bloques esquemático de una implementación práctica del sistema de antena de la figura 6.

10

la figura 8 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de antena de subagrupación quintuple de una realización alternativa adicional;

la figura 9 ilustra una realización de la disposición de ajuste de fase mecánico que forma parte del sistema de las figuras 3 a 8;

15

la figura 10 ilustra una disposición de ajuste de fase mecánico alternativa a la mostrada en la figura 9;

la figura 11 es una realización alternativa adicional de un sistema de antena de subagrupación triple, que muestra detalles de la disposición de ajuste de fase mecánico de la figura 10;

20

la figura 12 es una realización alternativa adicional de un sistema de antena de subagrupación triple, que muestra detalles de la disposición de ajuste de fase mecánico de la figura 9; y

la figura 13 es un diagrama de bloques esquemático de una forma alternativa de sistema según la invención, que incorpora un conjunto de antena de doble polaridad.

25

En los dibujos, se usan números de referencia similares para indicar partes similares. En la siguiente descripción, la invención se describe en el contexto de un sistema de antena adecuado para su uso en una red de radio móvil celular y particularmente en el sistema universal de telefonía móvil (UTMS). Sin embargo, se apreciará que la invención no está restringida a tal uso y puede aplicarse igualmente a otros sistemas de comunicaciones.

30

La figura 1 muestra el patrón de radiación vertical (VRP) de un conjunto de antena de elementos en fase convencional. El dibujo se muestra en vista lateral y el conjunto de antena está representado por el punto 1.

35

El VRP del conjunto 1 de antena consiste en un lóbulo principal u "eje 2 de alineación" que diverge en un plano vertical a medida que se extiende desde el conjunto de antena y representa la región de máxima intensidad de radiación del haz radiado por el conjunto de antena. El VRP del conjunto de antena también incluye varios lóbulos 4 secundarios, que representan regiones de mucha menor intensidad de radiación, que se extienden desde el conjunto de antena en direcciones que están espaciadas de manera aproximadamente equiangular alrededor del conjunto de antena en un plano vertical. Los lóbulos 3 inmediatamente adyacentes al eje 2 de alineación se denominan los lóbulos secundarios primero superior y primero inferior respectivamente.

40

El ángulo de inclinación del conjunto de antena, cuando se ajusta mecánicamente mediante el movimiento físico de los elementos de antena y/o su alojamiento o carcasa, se conoce como el ángulo de "inclinación mecánica" y se logra convencionalmente volviendo a posicionar el eje de alineación de modo que apunte o bien por encima o bien por debajo del horizonte. Cuando se ajusta eléctricamente, la inclinación del conjunto de antena se conoce como "inclinación eléctrica" y mueve la línea de eje de alineación hacia arriba o hacia abajo cambiando el retardo de tiempo o fase de las señales suministradas a grupos de elementos en la antena, en lugar de hacerlo mediante el movimiento mecánico de los propios elementos. El retardo de tiempo puede lograrse cambiando la fase de la portadora de radiofrecuencia. Previendo que el retardo de fase es proporcional a la frecuencia en la banda de interés, y que pasa por el origen de coordenadas, entonces el retardo de fase produce un retardo de tiempo. Por tanto, el desplazamiento de fase y el retardo de tiempo son sinónimos.

45

50

El lector entenderá mejor la siguiente descripción si observa que tanto la "inclinación eléctrica" como la "inclinación mecánica" pueden controlarse y/o ajustarse o bien por medios eléctricos, o bien por medios mecánicos, o bien por ambos medios, de manera que, por ejemplo, puede usarse el movimiento mecánico de piezas para implementar un ajuste de fase eléctrico en el que los propios elementos de antena no se mueven físicamente para ajustar la posición del eje de alineación.

55

En la figura 2, el conjunto de antena de un sistema de antena conocido que incorpora medios mecánicos de ajuste del ángulo de inclinación eléctrica se muestra en forma de bloque esquemático, en general, en 10. El conjunto de antena es una antena de elementos en fase que consiste en una agrupación de doce elementos o dipolos E1 - E12 que están dispuestos en tres subagrupaciones etiquetadas A, B y C.

60

Cada subagrupación A, B, C incluye cuatro elementos, conectados entre sí en paralelo, y se acopla a la salida de respectivos dispositivos 12, 14, 16 de retardo primero, segundo y tercero. Los dispositivos 12, 14, 16 de retardo comprenden mecanismos de ajuste de fase mecánicos convencionales del tipo mostrado en las figuras 9 y 10 y

65

descritos en mayor detalle a continuación. Una señal de radiofrecuencia (RF) que va transmitirse por la antena se suministra a cada uno de los dispositivos 12, 14, 16 de retardo de un puerto de RF común o alimentador 18.

5 La función de los dispositivos 12, 14, 16 de retardo es ajustar la fase de la señal de RF suministrada a la respectiva subagrupación A, B, C en una cantidad predeterminada. El segundo dispositivo 14 de retardo, conectado a la subagrupación B central, es un dispositivo de retardo fijo, dispuesto para desplazar la fase de la señal suministrada a la subagrupación B por una cantidad fija. Por otro lado, los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero, conectados a las subagrupaciones A y C respectivamente, son dispositivos de retardo variable, cada uno de los cuales puede hacerse funcionar para desplazar la fase de las señales de RF suministradas a las subagrupaciones A y C respectivamente, en una cantidad variable.

15 Los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero pueden aplicar desplazamientos de fase de, normalmente, entre 0 y  $\pm 45^\circ$  a la señal de RF suministrada a las subagrupaciones A y C y pueden ajustarse por medio de una disposición 20 mecánica tal como la mostrada en las figuras 6 y 7. La disposición 20 mecánica incluye medios, mostrados de manera representativa en 22, para invertir el sentido del desplazamiento de fase aplicado a la señal por el tercer dispositivo 16 de retardo en comparación con el aplicado por el primer dispositivo 12 de retardo. Por tanto, el desplazamiento de fase aplicado a las señales de RF por los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero es igual en magnitud pero opuesto en polaridad. En otras palabras, si el primer dispositivo 12 de retardo desplaza la fase de la señal suministrada a la subagrupación A en  $+45^\circ$ , entonces el tercer dispositivo 16 de retardo desplaza la fase de la señal suministrada a la subagrupación C en  $-45^\circ$ . Dado que el segundo dispositivo 14 de retardo es un dispositivo de retardo fijo, en la práctica se aplica un desplazamiento de fase a la señal suministrada a la subagrupación B que es la mediana de los desplazamientos aplicados por los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero.

25 El ángulo de inclinación eléctrica de un conjunto de antena de este tipo normalmente varía en  $\pm 5^\circ$  para  $\pm 45^\circ$  de desplazamiento de fase por subagrupación. Esto da una sensibilidad de inclinación de aproximadamente  $18^\circ$  de desplazamiento de fase por grado de inclinación eléctrica. En este ejemplo, por tanto, puesto que las señales de RF suministradas a las subagrupaciones A y C difieren en  $90^\circ$ , la inclinación eléctrica del conjunto de antena es aproximadamente  $5^\circ$ . La dirección de inclinación eléctrica del conjunto de antena depende de la polaridad del desplazamiento de fase aplicado a las señales suministradas a las subagrupaciones. Cuando la señal para la subagrupación superior (en este caso la subagrupación A) tiene una fase positiva y la subagrupación inferior (en este caso la subagrupación C) tiene un desplazamiento de fase negativo, el ángulo de inclinación eléctrica será positivo, es decir, por encima de la línea de eje de alineación normal. Para desplazamientos de fase de polaridad opuesta el ángulo de inclinación eléctrica será negativo.

35 El conjunto de antena de la figura 2 tiene varias desventajas. En particular, se requiere el ajuste manual de la disposición 20 mecánica para ajustar el desplazamiento de fase aplicado por los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero con el fin de variar el ángulo de inclinación eléctrica del conjunto de antena. Además, debido a la provisión de una disposición 20 de ajuste mecánico común, la magnitud de los desplazamientos de fase aplicados por los dispositivos 12, 16 de retardo primero y tercero es siempre de igual magnitud y de sentido (polaridad) opuesto, limitando así la inclinación del conjunto de antena. Además, el nivel del lóbulo secundario aumenta en relación con el del eje de alineación. Como consecuencia, la ganancia del conjunto de antena se reduce desfavorablemente.

45 En la figura 3, se muestra una forma preferida del sistema de antena según la invención en forma de bloque, en general, como 100. En esa realización, el sistema 100 de antena comprende un conjunto de antena mostrado en 102 y una unidad 104 de control. El conjunto 102 de antena comprende una antena de elementos en fase que tiene una agrupación de ocho elementos E1 a E8 montados en un soporte de antena o mástil (no mostrado). Los elementos E1 a E8 están dispuestos en dos subagrupaciones: una subagrupación 100A superior, que comprende los elementos E1 a E4, y una subagrupación 100B inferior que comprende los elementos E5 a E8. Los elementos en cada una de las subagrupaciones 100A, 100B, se conectan en paralelo a respectivos medios de distribución de señal en forma de redes 151N1, 151 N2 de distribución. Las redes 151N1 y 151 N2 de distribución se alimentan a través de líneas 120, 122 portadoras respectivamente, y se describirán en detalle adicionalmente a continuación en el presente documento.

55 El conjunto 102 de antena incluye dos puertos de entrada representados por los cuadrados 112, 114, cada uno de los cuales se conecta a la respectiva red 151N1, 151 N2 de distribución a través de la respectiva línea 120, 122 portadora de entrada. La unidad 104 de control también incluye una unidad 125 de división/de combinación de entrada, cuyo puerto común se conecta a la salida de un único puerto 126 de RF. La unidad 125 de división/de combinación de entrada tiene dos puertos que se conectan, a través de líneas 128, 130 de división primera y segunda, a ajustadores 132, 134 de fase primero y segundo respectivamente. El primer ajustador 132 de fase se conecta en su salida al puerto 112 de entrada a través de una primera línea 136 alimentadora de entrada mientras que el segundo ajustador 134 de fase se conecta al puerto 114 de entrada a través de una segunda línea 138 alimentadora de entrada. El conjunto 102 de antena está, por tanto, dotado de señales de la unidad 104 de control a través de líneas alimentadoras dobles.

Además del ajuste de fase implementado por los ajustadores 132, 134 de fase primero y segundo, se proporciona medios 150E1 - 150E8 de ajuste de fase adicionales en la trayectoria de señal a cada elemento del conjunto, adoptando cada uno de los medios 150E1 - 150E8 de ajuste de fase adicionales la forma de una disposición de ajuste de fase mecánico del tipo descrito en mayor detalle a continuación con referencia a o bien la figura 9 o bien la 10. Cada una de las disposiciones 150E1 - 150E8 de ajuste de fase mecánico sirve para ajustar adicionalmente la fase de las señales suministradas a los elementos individuales en cada subagrupación 100A, 100B, ya que se controla por medio de un servomotor 101 bajo el control de un servocontrolador 103. El servocontrolador 103 controla el servomotor 101 a través de un cable 206 de control, que puede ser de longitud suficiente de modo que el servocontrolador 103 puede formar parte de la unidad 104 de control ubicada alejada del conjunto 100 de antena.

Las redes 151N1, 151N2 de distribución se muestran en mayor detalle en la figura 4. La primera red 151N1 de distribución asociada con la subagrupación 100A superior incluye unidades 116A, 116B, 116C de división/de combinación primera, segunda y tercera respectivamente. La línea 120 portadora de entrada suministra una señal a la segunda unidad 116B de división/de combinación, que suministra señales de salida primera y segunda de intensidad sustancialmente igual a una respectiva de las unidades 116A, 116C de división/de combinación primera y tercera. Las unidades 116A, 116C de división primera y tercera, dividen adicionalmente la señal de modo que cada una proporciona señales de salida primera y segunda de intensidad sustancialmente igual a una respectiva de los medios 150E1 a 150E4 de ajuste de fase. La segunda red 151 N2 de distribución para la subagrupación 100B inferior incluye una disposición idéntica de las unidades 118A, 118B, 118C de división. La disposición de las unidades 116A-116C, 118A-118C de división/de combinación garantiza una distribución de potencia igual a cada elemento E1 a E8 de la agrupación, y por tanto también garantiza una máxima ganancia de eje de alineación y que el patrón de haz sea el mismo tanto en el modo de transmisión como en el de recepción.

En referencia a las figuras 3 y 4, en funcionamiento una señal que va a transmitirse por el sistema de antena se alimenta desde el puerto 126 de RF a la entrada de la unidad 125 de división de entrada. La unidad 125 de división de entrada divide la señal en dos señales de salida de igual intensidad y suministra una señal dividida a cada uno de los ajustadores 132, 134 de fase primero y segundo respectivamente. Los ajustadores 132, 134 de fase primero y segundo pueden hacerse funcionar para ajustar la fase de la señal suministrada a los mismos dentro de un intervalo de  $\pm 60^\circ$ . Cada ajustador 132, 134 de fase se controla de manera que, si el primer ajustador 132 de fase está dispuesto para aplicar un desplazamiento de fase positivo a la señal de RF, el segundo ajustador 134 de fase está dispuesto para aplicar un desplazamiento de fase negativo a la señal, y viceversa. Sin embargo, cada ajustador de fase está dispuesto para ajustar la fase de la señal suministrada al mismo de manera independiente de modo que la magnitud del desplazamiento de fase aplicado por cada ajustador de fase puede ser diferente.

La señal desplazada en fase desde el primer ajustador 132 de fase se suministra al puerto 112 de entrada en el conjunto 102 de antena a través de la primera línea 136 alimentadora. De manera similar, la señal ajustada en fase del segundo ajustador 134 de fase se suministra al puerto 114 de entrada a través de la segunda línea 138 alimentadora. En la práctica, las líneas 136 y 138 alimentadoras primera y segunda pueden hacerse tan largas como se desee de modo que los medios 104 de control para ajustar el ángulo de inclinación eléctrica del conjunto 102 de antena puedan situarse en una ubicación alejada del propio conjunto de antena.

Las señales desplazadas en fase suministradas a los puertos 112, 114 de entrada se suministran como señales Sa y Sb, en las líneas 120, 122 portadoras de entrada, a las unidades 116B, 118B de división primarias primera y segunda respectivamente. La primera unidad 116B de división primaria sirve para dividir la señal Sa y suministra la señal dividida desde sus dos salidas a los elementos en la subagrupación 100A a través de las unidades 116A, 116C de división de subagrupación superior y las disposiciones 151E1 a 150E4 de ajuste de fase asociadas.

De manera similar, la segunda unidad 118B de división de subagrupación primaria sirve para dividir la señal Sb y suministra la señal dividida desde sus dos salidas a los elementos en la subagrupación 100C a través de las unidades 118A, 118C de división de subagrupación inferior y las disposiciones 151E5 a 150E8 de ajuste de fase asociadas.

La manera en la que las señales Sa, Sb se dividen y distribuyen a los elementos en el conjunto de antena se apreciará inmediatamente por los expertos en la técnica a partir de la forma en la que se interconectan las unidades de división. Es decir, la intensidad de señal de cada una de las dos salidas de señal para una unidad de división será sustancialmente la mitad de la intensidad de la señal de entrada. Por tanto, la intensidad de señal de la señal suministrada a cada elemento E1 a E8 es sustancialmente la misma.

La figura 5 es una realización alternativa a la mostrada en las figuras 3 y 4, en las que el conjunto 102 de antena incluye ocho elementos E1 a E8 de antena dispuestos en tres subagrupaciones; una subagrupación 100A superior que incluye elementos E1 a E3 de antena, una subagrupación 100B central que incluye E4 y E5 y una subagrupación 100C inferior que incluye elementos E6 a E8 de antena. Cada uno de los elementos E1 a E4 (es decir, tres elementos de la subagrupación 100A superior y un elemento de la subagrupación 100B central) se alimentan por la red 151N1 de distribución, y están dotados de medios 150E1-150E4 de ajuste de fase adicionales respectivamente. Cada uno de los elementos E5 a E8 (es decir, los tres elementos de la subagrupación 100C inferior y uno de los elementos de la subagrupación 100B central) se alimenta por la otra red 151N2 de distribución,

5 y está dotado de medios 150E5-150E8 de ajuste de fase adicionales asociados respectivamente. Las señales ajustadas en fase a los elementos de subagrupación central, 150E4 y 150E5, se derivan combinando espacialmente, en el aire en 160, una de las señales de salida de la primera red 151 N1 de distribución y una de las señales de salida de la segunda red 151 N2 de distribución. La combinación en el aire de las dos señales para derivar las entradas a la subagrupación 100B central se produce después de que las señales de salida de las redes 151N1, 151N2 de distribución hayan pasado a través de la disposición 150E4, 150E5 de ajuste de fase asociada.

10 Las redes 151N1, 151N2 de distribución en la figura 5 pueden incluir disposiciones de división sustancialmente idénticas a las mostradas en la figura 4. Por tanto, las salidas desde la primera unidad 116A de división de la primera red 151N1 de distribución alimentan los elementos E1 y E2, y una de las salidas de la tercera unidad 116C de división alimenta el elemento E3. Dado que las alimentaciones a elementos E4 y E5 están intercambiadas en la realización de la figura 5, la segunda salida desde la tercera unidad 116C de división de la primera red 151 N1 de distribución alimenta el elemento E5. De manera similar, las dos salidas de la tercera unidad 118C de división de la segunda red 151 N2 de distribución alimenta los elementos E7 y E8, y una de las salidas desde la primera unidad 118C de división alimenta el elemento E6. Dado que las alimentaciones a los elementos E4 y E5 están intercambiadas, una de las salidas de la primera unidad 118A de división de la segunda red 151N2 de distribución alimenta el elemento E4.

20 Se obtiene una ventaja solapando espacialmente dos de los elementos de las subagrupaciones 100A, 100C superior e inferior para derivar las entradas a la subagrupación 100C central, porque la distribución de fase a través de los elementos de agrupación se aproxima más a una distribución lineal. Por tanto, puede lograrse una ganancia de eje de alineación superior y niveles de lóbulos secundarios inferiores, particularmente cuando la antena se inclina eléctricamente.

25 La figura 6 muestra una realización alternativa adicional del conjunto de antena, en forma de un conjunto de inclinación eléctrica variable de subgrupo triple. El conjunto 102 de antena incluye doce elementos, E1 a E12, divididos en tres subagrupaciones 100A, 100B, 100C de manera que cada subagrupación incluye cuatro elementos, E1 a E4, E5 a E8 y E9 a E12 respectivamente. Partes similares a las mostradas en las realizaciones de las figuras 3 a 5 se indican con números de referencia similares, y no se describirán en mayor detalle. Las líneas 120, 122 portadoras de entrada alimentan señales Sa y Sb respectivas a las unidades 140A, 140B de división primarias respectivamente, cada una de las cuales proporciona dos salidas de igual intensidad. La primera salida de la primera unidad 140A de división primaria se conecta a una primera línea 106 portadora de salida y la segunda salida de la primera unidad 140A de división primaria se conecta a una primera entrada de una unidad 124 de combinación. La primera salida de la segunda unidad 140B de división primaria se conecta a una segunda línea 110 portadora de salida, mientras que la segunda salida de la segunda unidad 140B de división primaria se conecta a una segunda entrada de la unidad 124 de combinación.

40 La unidad 124 de combinación puede hacerse funcionar para producir la suma vectorial de las dos señales en una línea 108 portadora de salida. Dado que la intensidad de señal de cada una de las señales que se introducen en la unidad 124 de combinación es la mitad que la de las señales Sa, Sb, habiéndose dividido por la mitad por las unidades 140, 140B de división primarias primera y segunda respectivamente, al combinar las señales emitidas desde las unidades 140A, 140B de división primarias primera y segunda, la salida de señal por la unidad 124 de combinación tiene la misma intensidad de señal que cualquiera de las señales Sa, Sb. Además, puesto que la unidad 124 de combinación genera la suma vectorial de las dos señales Sa, Sb, y puesto que la fase de las señales Sa, Sb se ha ajustado de un modo diferente (es decir, en polaridades opuestas), la fase de las señales emitidas por la unidad 124 de combinación a lo largo de la línea 108 es la mediana de las fases de Sa y Sb. Además, la unidad 124 de combinación proporciona la mediana de las fases de las señales Sa y Sb sin ninguna pérdida de la potencia de señal al subgrupo 100B.

50 La unidad 124 de combinación proporciona la señal resultado de la suma vectorial en la línea 108 de portadora a la segunda red 151 N2 de distribución, que a su vez proporciona señales de cada uno de los elementos E5 a E8 a través de los medios 150E5 a 150E8 de ajuste de fase asociados. Esta configuración proporciona una mejora adicional en linealidad de fase, ya que la salida desde la unidad 124 de combinación es la fase promedio de la señal en las líneas 120, 122 portadoras de entrada. Por tanto, la potencia total alimentada a los elementos de la subagrupación 100B central (elementos E5 a E8) permanece sustancialmente constante con una diferencia de fase entre las líneas 120, 122 portadoras.

60 La figura 7 muestra una realización práctica del conjunto de antena de subgrupo triple en la figura 6, que muestra las redes 151 N1, 151 N2, 151 N3 de distribución en más detalle. Las unidades 140A, 140B de división primera y segunda se alimentan mediante una respectiva de las líneas 120, 122 portadoras de entrada, y cada una de las unidades 140A, 140B de división produce dos señales de salida. La primera señal de salida de la primera unidad 140A de división se suministra a una unidad 170A de desplazamiento de fase de la primera red 151N1 de distribución para aplicar un desplazamiento de fase adicional, normalmente entre -45 y -60 grados, a la señal de la unidad 140A de división primaria. La señal de salida desplazada en fase se proporciona a una unidad 116B de división que forma parte de una disposición 116A, 116B, 116C de división del tipo mostrado en la figura 4. La disposición 116A, 116B, 116C de división proporciona señales de salida a los medios 150E1-150E4 de ajuste de

fase respectivamente, de modo que cada elemento recibe una señal de intensidad sustancialmente igual.

Una segunda salida de la unidad 140A de división se proporciona a una unidad 172A de división adicional que forma parte de la segunda red 151 N2 de distribución, que divide la entrada que recibe en una primera señal de salida que se proporciona a una entrada (A) de una primera unidad 174A híbrida de combinación de cuadratura y una segunda señal de salida que se proporciona a una entrada (A) de una segunda unidad 174B de combinación de cuadratura.

La segunda unidad 140B de división proporciona una primera señal de salida a una unidad 172B de división adicional que forma parte de la segunda red 151 N2 de distribución. La unidad 172B de división adicional proporciona una señal de salida a una segunda entrada (B) de la primera unidad 174A de combinación de cuadratura y a una segunda entrada (B) de la segunda unidad 174B de combinación de cuadratura.

Cada una de las unidades 174A, 174B de combinación de cuadratura primera y segunda proporciona señales de salida primera y segunda a dos elementos de la subagrupación 100B central: la primera unidad 174A de combinación de cuadratura proporciona señales a elementos E5 y E6 y la segunda unidad 174B de combinación de cuadratura proporciona señales a elementos E7 y E8. Las unidades 174A, 174B de combinación de cuadratura primera y segunda garantizan que la fase de las señales proporcionadas a los elementos E5 a E8 es el promedio de la fase de las señales en las líneas 120, 122 portadoras de entrada. Por ejemplo, a medida que la potencia alimentada al elemento E5 disminuye, la potencia alimentada al elemento E6 aumenta de modo que la potencia total alimentada a los elementos E5, E6 permanece sustancialmente constante.

Una segunda señal de salida de la segunda unidad 140B de división se pasa a través de una segunda unidad 170B de desplazamiento de fase que forma parte de la tercera red 151N3 de distribución. La segunda unidad 170B de desplazamiento de fase aplica un desplazamiento de fase de +45 grados (es decir, una polaridad opuesta a la unidad 170A de desplazamiento de fase) a una unidad 118B de división. La unidad 118B de división forma parte de una disposición 118A, 118B, 118C de división, del tipo mostrado en la figura 4, y proporciona señales de salida a los medios 150E9-150E12 de ajuste de fase respectivamente de los elementos E9 a E12 de la subagrupación 100C inferior.

La figura 8 es una realización alternativa de la invención, en la que el conjunto de antena incluye cinco subagrupaciones 100A-100E (es decir, un conjunto de subagrupación quintuple), caracterizado porque las subagrupaciones 100B, 100D tercera y cuarta se obtienen solapando espacialmente elementos de un conjunto de tres subagrupaciones, tal como el mostrado en la figura 6, indicándose partes similares a las mostradas en la figura 6 con números de referencia similares. Las líneas 120, 122 portadoras de entrada suministran señales Sa, Sb respectivamente a las unidades 140A, 140B de división primarias primera y segunda respectivamente. La primera unidad 140A de división proporciona una primera señal de salida a una primera red 151 N1 de distribución a lo largo de la línea 106 portadora de salida y una segunda señal de salida a una unidad 124 de combinación. La segunda unidad 140B de división proporciona una primera señal de salida a una tercera red 151N3 de distribución a lo largo de la línea 110 portadora de salida, y una segunda señal de salida a una unidad 124 de combinación. La unidad 124 de combinación proporciona una señal de salida a lo largo de la línea 108 portadora de salida a la segunda red 151N2 de distribución.

Cada red 151N1, 151N2, 151N3 de distribución proporciona cuatro señales de salida, cada una de las cuales se proporciona, a través de una disposición 150E1-150E12 de ajuste de fase asociada, a un elemento de la agrupación. Una de las señales 180A de salida de la primera red 151N1 de distribución se solapa espacialmente con una de las señales 180B de salida a partir de la segunda red 151 N2 de distribución combinando las señales en el aire, para proporcionar las señales a los elementos, E4 y E5, de la subagrupación 100B. De manera similar, una de las señales 180C de salida de la segunda red 151 N2 de distribución se solapa espacialmente con una de las señales 180D de salida de la tercera red 151N3 de distribución combinándolas en el aire, para proporcionar las señales a los elementos, E8 y E9, de la subagrupación 100D. La configuración en la figura 8 proporciona una mejora adicional en la linealidad de fase a través de los elementos E1- E12, y mejora adicionalmente la ganancia de eje de alineación y supresión de lóbulo secundario cuando el conjunto se inclina eléctricamente.

En la práctica, la red 151N1 de distribución de la figura 8 puede incluir la disposición 116A, 116B, 116C de división y la unidad 170A de desplazamiento de fase de la realización de la figura 7, y la tercera red 151N3 de distribución puede incluir la disposición 118A, 118B, 118C de división y la unidad 170B de desplazamiento de fase de la realización de la figura 7. La unidad 24 de combinación y la segunda red 151N2 de distribución pueden incluir las unidades 172A, 172B de división primera y segunda y las unidades 174A, 174B de combinación de cuadratura primera y segunda, tal como se describió previamente con referencia a la figura 7.

Las figuras 9 y 10 ilustran un aparato conocido para el ajuste mecánico de la fase de la señal alimentada a cada elemento en el conjunto de antena. Uno o ambos de estos métodos pueden usarse en los conjuntos de antena de las figuras 3 a 8 como las disposiciones 150E1 - 150En de ajuste de fase (donde n = número de elementos en el conjunto de antena).

En la figura 9, el ajuste mecánico de la fase de una señal en una línea de transmisión se logra mediante el

movimiento lineal de un elemento de material dieléctrico por debajo de la línea de transmisión. La disposición 601 de ajuste mecánico incluye una placa 602 de base, a través de la cual discurre la línea T de transmisión al elemento de antena, y una placa generalmente plana de material 604 dieléctrico dispuesta entre la placa 602 de base y la línea T de transmisión. La placa de material 604 dieléctrico, denominada habitualmente "cuña", es generalmente rectangular con un segmento 606 triangular o en forma de V recortado de un borde longitudinal del mismo. La cuña 604 es móvil en relación con la placa 602 de base y la línea T de transmisión en una dirección, mostrada por la flecha A, generalmente transversal a la línea T de transmisión. Debido a su forma, el movimiento lineal de la cuña 604 provoca que una cantidad mayor o menor de material dieléctrico se interponga entre la línea de transmisión y la placa 602 de base, provocando así que la velocidad de propagación y, por tanto, la fase de cualquier señal en la línea T de transmisión se desplacen en una cantidad dependiente de la posición lineal de la cuña. Tal movimiento lineal se realiza habitualmente mediante un actuador lineal en forma de un servo u otro transductor de movimiento.

La cantidad de desplazamiento de fase aplicado a la señal en la línea T de transmisión se ajusta mediante la posición de la cuña 604 por debajo de la línea T de transmisión y el "ángulo de cuña", el ángulo interno del corte en forma de V en la cuña.

La figura 10 muestra una disposición de ajuste de fase mecánico, denominada, en general, 701, que puede hacerse funcionar para desplazar el retardo de tiempo de transmisión, y por tanto la fase, de una señal en una línea de transmisión por medio del movimiento giratorio de una longitud móvil de la línea de transmisión capacitivamente acoplada a una longitud de línea fija. La disposición 701 incluye una placa 702 de base encima de la cual hay una capa de material 704 dieléctrico. Una longitud fija de la línea T de transmisión forma una línea de transmisión con la placa 702 de base y la capa 704 dieléctrica. La línea de transmisión es discontinua para formar dos partes de la línea T1, T2 de transmisión, extendiéndose la primera parte T1 a lo largo de la capa 704 dieléctrica para formar un cuadrante circunferencial de un círculo que tiene radio R y extendiéndose la segunda parte T2 a lo largo de la capa 704 dieléctrica para formar un cuadrante circunferencial de un círculo que tiene radio, r.

Se dispone un disco plano de material 706 dieléctrico sobre la línea T de transmisión y puede girar respecto a la misma alrededor de un eje coaxial con el centro del círculo definido por las partes primera y segunda de la línea T1, T2 de transmisión. El disco 706 dieléctrico lleva una longitud en forma de U de la línea U de transmisión que tiene un primer brazo, U1, que define un cuadrante circunferencial de un círculo que tiene radio R y un segundo brazo, U2, que define un cuadrante circunferencial de un círculo que tiene radio r.

Las líneas T, U de transmisión se acoplan entre sí a través del disco 706 dieléctrico y el ajuste de fase de una señal en la línea T de transmisión puede realizarse girando el disco 706 dieléctrico para ajustar la posición de la línea U de transmisión en relación con la línea T de transmisión. A medida que el disco gira 90°, el acoplamiento entre las dos líneas de transmisión, y de este modo la longitud eficaz de la línea de transmisión al elemento de antena, varía para desplazar la fase de una señal transportada por la línea de transmisión.

Aunque no se muestre en la figura 10, es posible usar el aparato de la figura 10 para controlar la fase de más de un elemento de antena. Por ejemplo, para que un dispositivo de este tipo controle la fase de las señales en dos líneas de transmisión separadas, podría disponerse una segunda disposición de líneas T, U de transmisión en el cuadrante opuesto del disco 706 dieléctrico. El desplazamiento de fase aplicado a cada elemento de antena, o a cada subgrupo de elementos, puede establecerse o bien por el radio de la línea T, U de transmisión en cada disco, el acoplamiento mecánico entre las líneas de transmisión o bien por ambos medios.

La figura 11 ilustra una realización alternativa de la invención, en la que la disposición de unidades de división es una configuración denominada "árbol genealógico", que permite suministrar señales de igual intensidad a cada uno de los elementos en el conjunto. Una configuración de este tipo es apropiada cuando el ajuste de fase de elementos de antena individuales está presente, puesto que una distribución de tensión de coseno al cuadrado no es necesaria para maximizar la ganancia de eje de alineación.

En esta realización particular, el conjunto de antena consiste en ocho elementos E1 a E8; comprendiendo la subagrupación 100A superior los elementos E1 - E3, comprendiendo la subagrupación 100B central los elementos E4 y E5 y comprendiendo la subagrupación 100C inferior los elementos E6 a E8 (es decir, un sistema de subagrupación triple).

El ajuste a distancia del ángulo de inclinación eléctrica del conjunto de antena se logra por medio del servocontrol del aparato de ajuste de fase mecánico, en combinación con el desplazamiento de fase diferencial aplicado por medios eléctricos a las señales suministradas a los elementos de antena.

La unidad 104 de control de estación base, que comprende la unidad 125 de división/de combinación de entrada, el puerto 126 de RF y los ajustadores 132, 134 de fase primero y segundo (ninguno de los cuales se muestran), suministra las señales Sa, Sb desplazadas en fase primera y segunda a los puertos 112, 114 de entrada a través de las líneas 136, 138 alimentadoras primera y segunda respectivamente. Los puertos 112, 114 de entrada aplican las señales a las líneas 120, 122 portadoras de entrada respectivamente. Las señales Sa y Sb desplazadas en fase, en las líneas 120, 122 portadoras de entrada, se suministran a las unidades 116, 118 de división primarias primera y

segunda respectivamente. Las unidades de división están dispuestas de manera que cada salida de las unidades 116, 118 de división primarias primera y segunda se conecta a la entrada de una respectiva unidad de división en una segunda fila de unidades 116A, 116B, 118A, 118B de división.

5 Las dos salidas de la unidad 116A de división se conectan a los elementos E1 y E2 de antena respectivamente a través de una primera disposición D1 de ajuste de fase similar a la mostrada en la figura 10. La primera salida de la unidad 116B de división se conecta al elemento E3 de antena a través de una segunda disposición D2 de ajuste de fase. La segunda salida de la unidad 116B de división se conecta a una primera entrada de la unidad 124 de combinación, ya que es la primera salida de la unidad 118A de división. La unidad 124 de combinación tiene dos salidas, cada una de las cuales se conecta a los elementos E4 y E5 a través de las disposiciones D2, D3 de ajuste de fase segunda y tercera, respectivamente. La segunda salida de la unidad 118A de división se conecta al elemento E6 a través de la tercera disposición D3 de ajuste de fase mientras que ambas salidas de la unidad 118B de división se conectan a los elementos E7, E8 respectivamente a través de una cuarta disposición D4 de ajuste de fase.

15 En la figura 11, la rotación de los discos en las disposiciones D1 a D4 de ajuste de fase se logra mediante el movimiento lineal de un brazo 200 de accionamiento de manera pivotante y excéntricamente montado en cada uno de los discos 706 giratorios de las disposiciones 701 de ajuste de fase mecánico. El movimiento lineal del brazo 200 de accionamiento puede lograrse, por ejemplo, mediante el servomotor 101 que se controla por medio del servocontrolador 103. El cable 206 de control puede ser de cualquier longitud deseada, lo que permite controlar el servomotor 103 desde una ubicación alejada del conjunto 100 de antena. Las disposiciones D1 a D4 de ajuste de fase pueden estar configuradas de manera que el movimiento de los discos respectivos a través del único punto de control da como resultado un grado de rotación sustancialmente igual para cada disco. Sin embargo, pueden aplicarse diferentes cantidades de desplazamiento de fase a las señales de cada elemento de antena dependiendo del acoplamiento entre las líneas T, U de transmisión en cada uno de los mecanismos de ajuste de fase.

20 La figura 12 ilustra una realización de subagrupación triple del sistema de antena en la que la disposición 601 de ajuste de fase mecánico conectada a cada elemento E1 a E8 de antena es un mecanismo similar al mostrado en la figura 9, y en el que se requieren un número mayor de disposiciones de ajuste mecánico para implementar la inclinación mecánica individual a cada elemento E1 a E8. En otras palabras, la realización de la figura 12 difiere de la de la figura 11 en que existe un elemento dieléctrico móvil separado e independiente asociado con cada elemento E1 a E8. Se proporcionan un servomotor 101 y un servocontrolador 103, tal como se describió previamente, y, de nuevo, el ajuste a distancia del ángulo de inclinación eléctrica del conjunto 100 de antena se logra por medio del servocontrol de las disposiciones 601 de ajuste de fase mecánico a través del cable 206 de control, en combinación con el desplazamiento de fase diferencial aplicado a las señales Sa, Sb, suministradas a los elementos E1 a E8 de antena.

30 La fase de las señales suministradas a cada elemento E1 a E8 se controla por el movimiento lineal de la cuña dieléctrica en cada mecanismo, cada una de las cuales se conecta a un brazo 200 de accionamiento. Se observará que las disposiciones de ajuste de fase conectadas a los cuatro elementos E5 - E8 inferiores están invertidas en comparación con las conectadas a los cuatro elementos E1 a E4 superiores. Por consiguiente, un aumento en el retardo (un desplazamiento de fase negativo) aplicado a las señales suministradas a los elementos E1 a E4 provocará una disminución en el retardo (un desplazamiento de fase positivo) que va a aplicarse a las señales suministradas a los elementos E5 a E8.

40 Con el fin de conservar el máximo de ganancia de eje de alineación y de control de los niveles de lóbulos secundarios cuando se cambia el ángulo de inclinación eléctrica del conjunto de antena, cada elemento de antena puede requerir una cantidad diferente de retardo para un movimiento dado del brazo 200 de accionamiento. En la disposición de ajuste de fase mecánico lineal, esto puede lograrse cambiando el ángulo del segmento 606 en forma de V de la cuña 604 (tal como se muestra en la figura 9).

45 Se apreciará que la disposición de ajuste de fase mecánico giratoria de la figura 10 puede usarse en lugar de las disposiciones 600 de ajuste de fase mecánico lineales de la figura 12. Al usar las disposiciones de ajuste de fase mecánico giratorias de la figura 10, puede lograrse una cantidad diferente de retardo para un movimiento dado del brazo 200 de accionamiento usando un radio diferente para la línea de transmisión montada en cada disco giratorio.

50 Aunque la disposición de las unidades 116A-116C, 118A-118C de división y la unidad 124 de combinación en la figura 12 es diferente de la descrita previamente, será evidente a partir de la descripción anterior cómo esta disposición distribuye la intensidad de señal a lo largo de los elementos E1 a E8.

60 La figura 13 muestra aún una realización adicional e ilustra cómo puede usarse el sistema de la presente invención con un conjunto de antena de doble polaridad. El uso del conjunto de antena de doble polaridad se conoce ampliamente y es habitual en sistemas de telecomunicación. En esta realización, el conjunto de antena incluye una pila de cuatro elementos C1 a C4 de dipolo cruzado, dispuestos en una primera agrupación de cuatro elementos formando un ángulo de +45° con la vertical y una segunda agrupación de cuatro elementos formando un ángulo de -45° con la vertical. Las agrupaciones primera y segunda están eléctricamente separadas de manera eficaz con

5 alimentadores 1110, 1112 de RF individuales que se suministran a cada agrupación. Las agrupaciones primera y segunda comparten la característica común de que las disposiciones de ajuste de fase mecánico/de división (denominadas, en general, 1114 y 1116) a cada elemento individual (cuando esté presente) se ajustan por medio de un servomecanismo común de modo que tanto la agrupación primera como la segunda tienen el mismo ángulo de inclinación eléctrica. Una vez más, el servomotor 101 se controla por un servocontrolador 103 que se comunica con el servomotor 101 a través de un cable 206 de control.

10 Se apreciará que los medios por los que se mueve el brazo 200 de accionamiento para las disposiciones 601, 701, 1114, 1116 de ajuste de fase mecánico no necesitan adoptar la forma de una disposición 101, 103 de servocontrol, pero pueden adoptar la forma de una disposición alternativa que puede hacerse funcionar desde una ubicación alejada del brazo 200 de accionamiento.

15 También se apreciará que la presente invención proporciona una forma eficaz de ajustar a distancia la inclinación eléctrica de una antena de elementos en fase. Por ejemplo, es posible controlar y/o ajustar la inclinación eléctrica desde una estación base ubicada en la base del mástil de antena sobre el que se montan los elementos de antena o desde una ubicación a varias millas del mástil de antena, ya que no existe el requisito de ajuste manual de los propios elementos de antena. Además, la invención permite el desplazamiento de fase independiente de señales para subagrupaciones individuales dentro del conjunto de antena y el ajuste de fase diferencial automático de señales a la subagrupación central para permitir el uso de sólo dos entradas de RF. Además, las señales para la subagrupación superior e inferior pueden desplazarse en fase variando grados que no son necesariamente de igual magnitud. La suma vectorial de las señales suministradas a las subagrupaciones exteriores por la unidad 124 de combinación permite desplazar las señales suministradas a la subagrupación central siempre al valor de la mediana de las mismas, si se requiere.

25 El control eléctrico y mecánico combinados de la inclinación eléctrica del sistema de antena permite generar un patrón de haz óptimo para el sistema de antena con máxima ganancia de eje de alineación y menores niveles de lóbulos secundarios y, además, tal control es alcanzable desde una ubicación alejada del conjunto de antena, por ejemplo, a varios kilómetros de la base del mástil de antena. El rendimiento de un sistema de antena de este tipo se mejora sustancialmente en comparación con los sistemas existentes.

30 Se apreciará que aunque se muestran y describen diferentes realizaciones de la invención como que tienen un número diferente de elementos de antena (por ejemplo, E1 a E8 en la figura 5, E1 a E12 en la figura 6), cualquiera de las realizaciones puede adaptarse para incluir más o menos elementos de antena, subagrupados en una disposición apropiada de más o menos subagrupaciones que las mostradas, de una manera que sería fácilmente evidente para un experto a partir de la descripción anterior en el presente documento, sin perder las ventajas mencionadas anteriormente.

40 Aunque el mecanismo 103 de servocontrol para las disposiciones 150E1-150En de ajuste de fase mecánico adicionales se muestra formando parte de la unidad 104 de control, esto no tiene que ser así necesariamente. El servocontrolador 103 también puede ubicarse alejado del conjunto 100 de antena, como lo está la unidad 104 de control, pero no es necesario que esté ubicado en el mismo lugar.

45 A lo largo de la memoria descriptiva, la mención de "inclinación eléctrica" debe entenderse con el sentido de ajuste del patrón de radiación transmitido y/o recibido desde el conjunto de antena sin mover físicamente la cúpula de antena o los elementos de antena, sino que en cambio se implementa ajustando la fase de las señales suministradas a uno o más de los elementos de antena. Sin embargo, se apreciará que la inclinación eléctrica puede ajustarse mediante una disposición que tenga elementos de ajuste tanto mecánicos como eléctricos, tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 11.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de antena que comprende:
  - 5 a) un conjunto (102) de antena que tiene:
    - i) un ángulo de inclinación eléctrica;
    - 10 ii) dos puertos (112, 114) de conjunto de antena,
    - iii) una pluralidad de elementos (E1-E8) de antena dispuestos en al menos una primera y segunda subagrupaciones (100A, 100B) , comprendiendo cada subagrupación uno o más de los elementos de antena;
    - 15 iv) circuito (SC2, 124, 151 N1, 151 N2) de encaminamiento de señal para encaminar señales entre los puertos (112, 114) de conjunto de antena y los elementos (E1-E8) de antena; y
  - b) primeros medios (132, 134) de control para controlar la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación (100A);
    - 20 caracterizado porque
    - c) el sistema (100) de antena incluye dos alimentadores (136, 138) de señal para retransmitir respectivas señales respectivamente entre los dos puertos (112, 114) de conjunto de antena y un controlador (104) de inclinación de antena ubicado alejado del conjunto (102) de antena;
    - 25 d) los primeros medios de control son un aparato (132, 134) de desplazamiento de fase variable incorporado en el controlador (104) de inclinación de antena ubicado alejado y dispuesto para proporcionar control eléctrico de diferencia de fase entre las señales retransmitidas a través de los dos alimentadores (136, 138) de señal; y
    - 30 e) el circuito (SC2, 124, 151N1, 151 N2) de encaminamiento de señal incorpora segundos medios (124) de control para controlar automáticamente la fase de las señales suministradas a la segunda subagrupación (100B) en dependencia de la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación (100A), de manera que el ángulo de inclinación eléctrica del conjunto (102) de antena cambia en respuesta al cambio en la diferencia de fase entre las señales retransmitidas a través de los dos alimentadores (136, 138) de señal.
- 40 2. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos (E1-E12) de antena están dispuestos en subagrupaciones (100A, 100B, 100C) primera, segunda y tercera, el sistema incluye terceros medios (134) de control para controlar la fase de las señales suministradas a la tercera subagrupación (100C), y los segundos medios (124) de control están dispuestos para controlar la fase de las señales suministradas a la segunda subagrupación (100B) en dependencia de una función predeterminada de la fase de las señales suministradas a las subagrupaciones (100A, 100C) primera y tercera.
- 45 3. Sistema de antena según la reivindicación 2, caracterizado porque la función predeterminada es una suma vectorial de las fases de las señales suministradas a las subagrupaciones (100A, 100C) primera y tercera.
- 50 4. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema (100) comprende además medios (151N1, 151N2) de distribución de señal respectivos asociados con cada subagrupación (140A, 100B) para dividir y distribuir señales a elementos (E1-E4, E5-E8) de antena de subagrupación respectivos.
- 55 5. Sistema de antena según la reivindicación 4, caracterizado porque cada uno de los medios (151N1, 151N2) de distribución de señal incluye una disposición (116A, 116B, 116C, 118A, 118B, 118C) de división para dividir y distribuir señales a elementos (E1-E4, E5-E8) de antena en la subagrupación (100A, 100B) asociada.
- 60 6. Sistema de antena según la reivindicación 5, caracterizado porque la disposición (116A, 116B, 116C, 118A, 118B, 118C) de división está dispuesta para proporcionar una distribución sustancialmente uniforme de intensidad de señal a las subagrupaciones (100A, 100B).
- 65 7. Sistema de antena según la reivindicación 5, caracterizado porque al menos una señal de salida de los medios (151N1) de distribución asociados con la primera subagrupación (100A) se combina con al menos una señal de salida de los medios (151N3) de distribución asociados con la tercera subagrupación (100C) para proporcionar señales de salida combinadas primera y segunda a elementos de antena primero y segundo de la segunda subagrupación (100B) respectivamente.

- 5 8. Sistema de antena según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque comprende al menos una unidad (174A, 174B) de combinación de cuadratura para recibir una primera señal de entrada que tiene la fase de las señales suministradas a la primera subagrupación (100A) y una segunda señal de entrada que tiene la fase de las señales suministradas a la tercera subagrupación (100C), y para proporcionar una primera señal de salida a un elemento de antena de la segunda subagrupación (100B) y una segunda señal de salida a otro elemento de antena de la segunda subagrupación (100B), siendo las señales de salida primera y segunda dependientes de la función predeterminada de la fase de las señales de entrada primera y segunda.
- 10 9. Sistema de antena según la reivindicación 8, caracterizado porque la fase de las señales de salida primera y segunda proporcionadas por la unidad (174A, 174B) de combinación de cuadratura es el promedio de la fase de las señales de entrada primera y segunda.
- 15 10. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito (151N1, 151N2) de encaminamiento de señal está dispuesto de manera que cada alimentador (136, 138) de señal y su respectivo puerto (112, 114) proporcionan la retransmisión de señales entre el controlador (104) de inclinación de antena alejado y multiplican los elementos (E1-E4, E5-E8) de antena de los que al menos algunos no están asociados con la retransmisión de señal a través del otro alimentador (136, 138).
- 20 11. Sistema de antena según la reivindicación 10, caracterizado porque el controlador (104) de inclinación de antena se ubica en una base de un soporte de antena que sostiene el conjunto (102) de antena, y el sistema (100) incluye medios (150E1 - 150E8) de ajuste de fase mecánicos para ajustar adicionalmente la fase de señal de elemento de antena.
- 25 12. Sistema de antena según la reivindicación 11, caracterizado porque el controlador (104) de inclinación de antena incluye medios (132, 134) de ajuste de fase primero y segundo, un único puerto (126) para recibir una única señal de entrada al sistema (100) y medios (125) para dividir la señal de entrada en señales primera y segunda para su suministro a los medios (132, 134) de ajuste de fase primero y segundo respectivamente.
- 30 13. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque el controlador (104) de inclinación de antena incorpora medios (132, 134) de ajuste de fase primero y segundo para ajustar las fases de las señales suministradas a respectivas subagrupaciones (100A, 100B).
- 35 14. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque las subagrupaciones al menos primera y segunda comprenden subagrupaciones (100A, 100B, 100C) primera, segunda y tercera y los segundos medios (124) de control son para controlar automáticamente la fase de las señales suministradas a una subagrupación (100B) en dependencia de la fase de las señales suministradas a las otras subagrupaciones (100A, 100C).
- 40 15. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito de encaminamiento de señal comprende un respectivo aparato (151N1, 151N2) de distribución de señal asociado con cada subagrupación (100A, 100B) para dividir y distribuir señales a esos elementos (E1 - E4, E5 - E8) de antena de esa subagrupación desde un respectivo alimentador (136, 138) de señal y puerto (112, 114) de conjunto de antena.
- 45 16. Sistema de antena según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye medios de ajuste de fase mecánicos que incorporan una agrupación de elementos (606, 706) dieléctricos cada uno de los cuales puede moverse para cambiar una respectiva velocidad de propagación de señal para un respectivo elemento de antena.
- 50 17. Sistema de antena según la reivindicación 16, caracterizado porque cada elemento de antena tiene una línea (T) de transmisión de entrada asociada y cada elemento (606) dieléctrico está dispuesto para el movimiento lineal en relación con su línea de transmisión asociada para desplazar la velocidad de propagación y la fase de una señal suministrada al mismo a través de esa línea (T) de transmisión.
- 55 18. Sistema de antena según la reivindicación 16, caracterizado porque cada elemento de antena tiene una línea (T) de transmisión de entrada asociada y cada elemento (706) dieléctrico está dispuesto para el movimiento giratorio en relación con su línea (T) de transmisión asociada para desplazar la velocidad de propagación y la fase de las señales suministradas al mismo a través de esa línea (T) de transmisión.
- 60

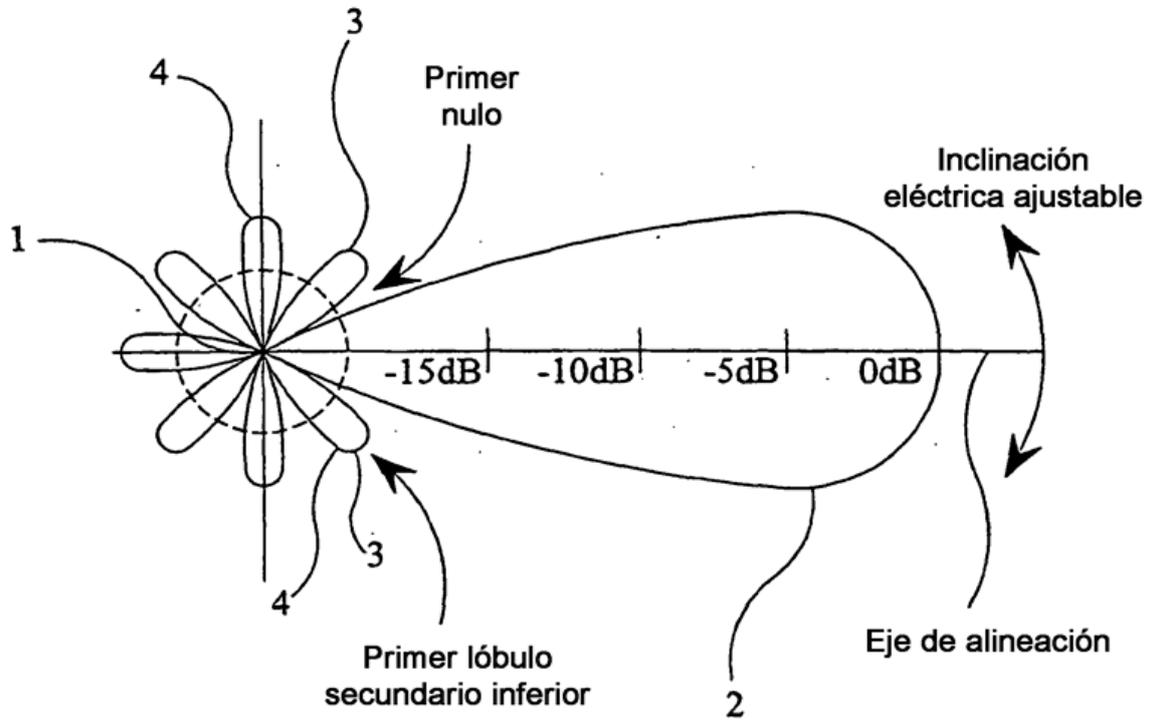
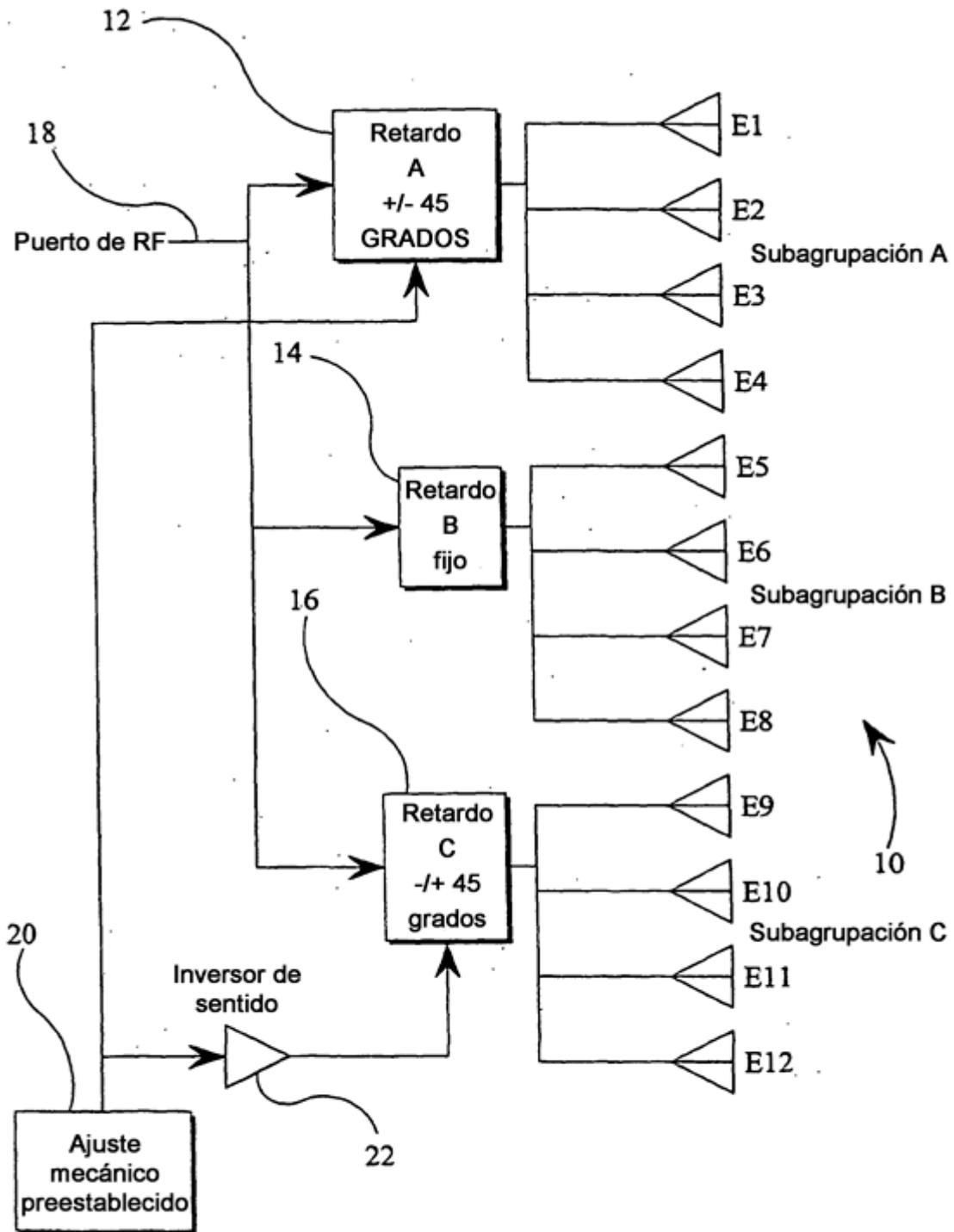
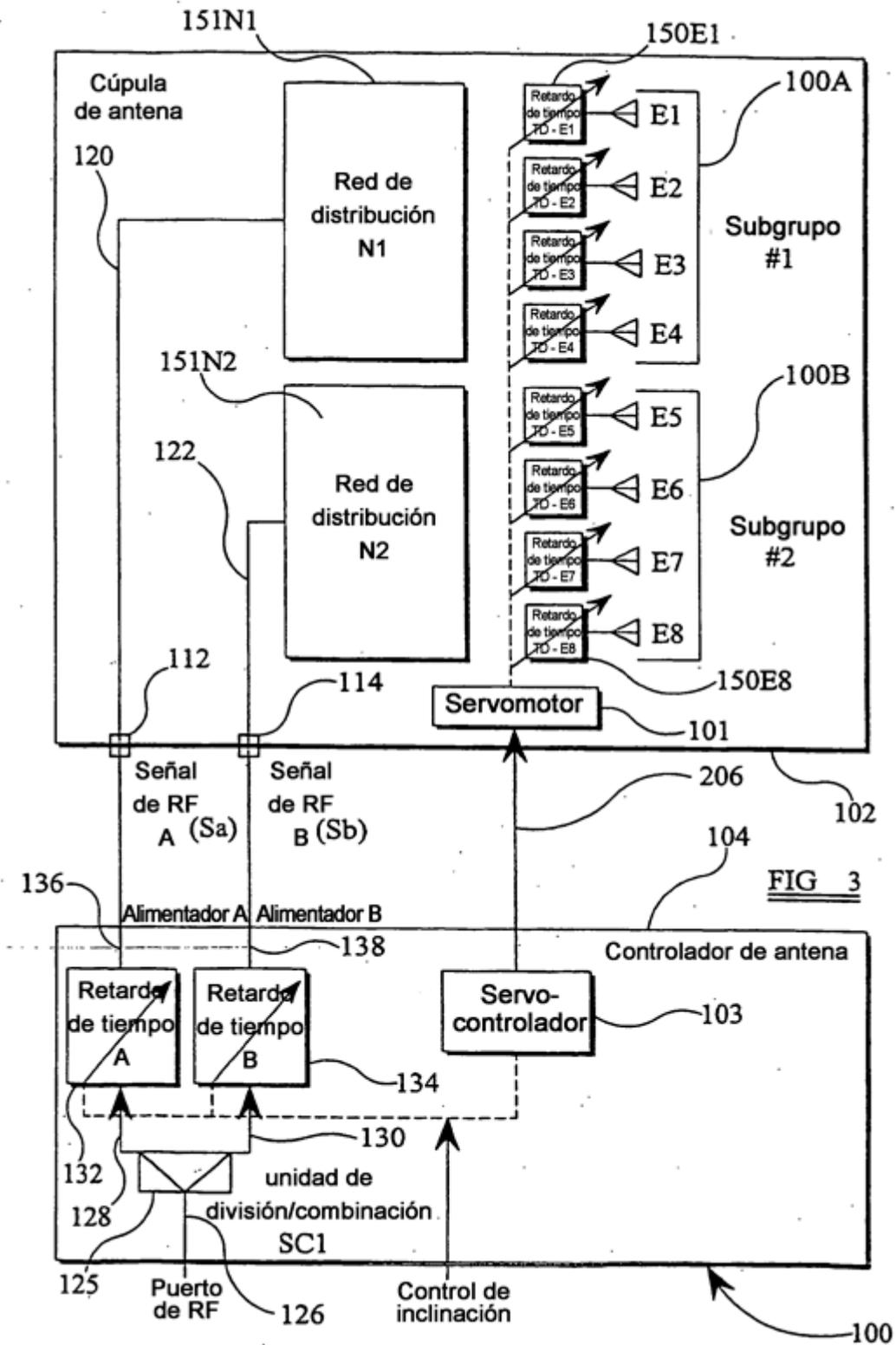
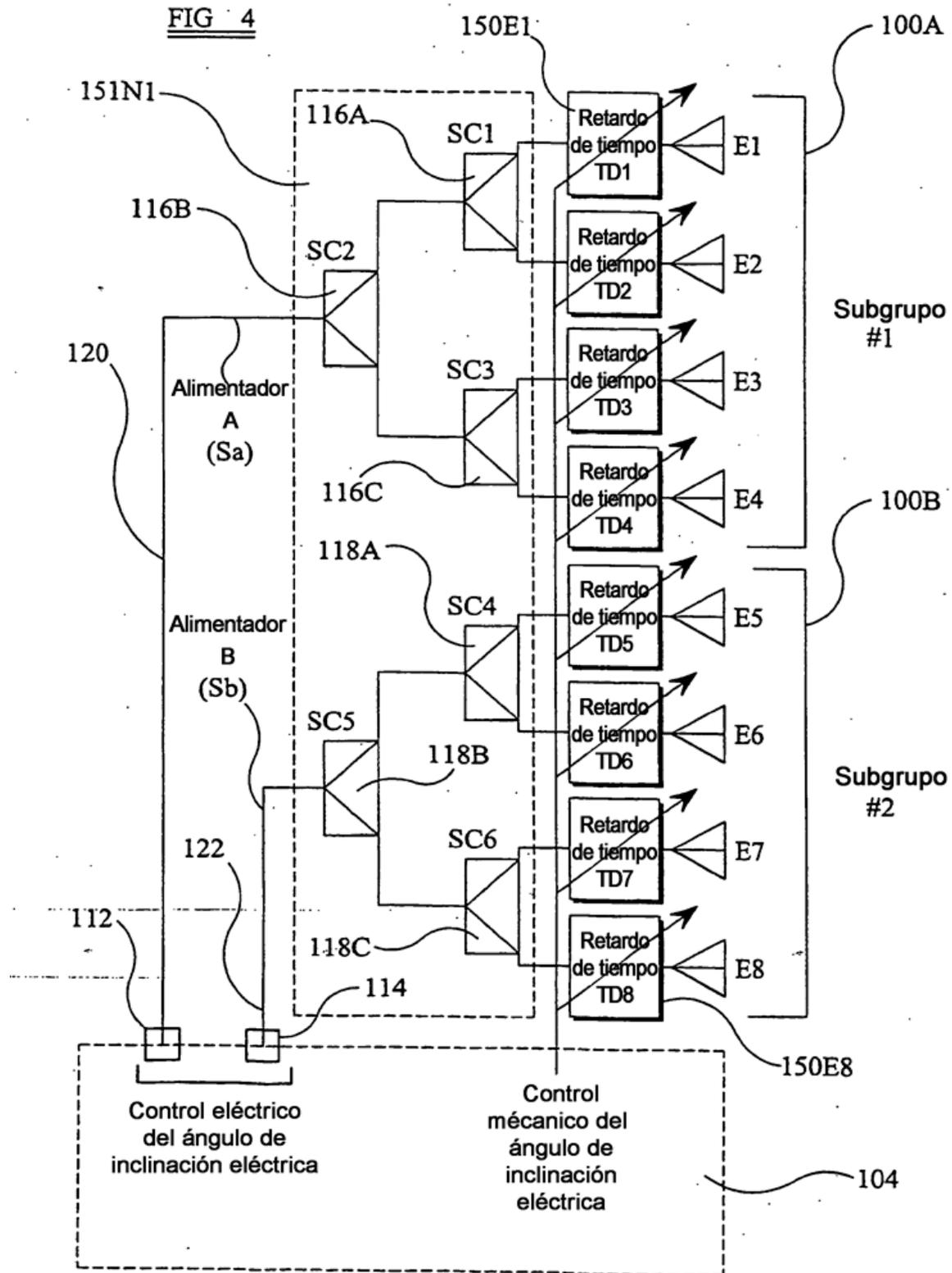


FIG 1



**FIG 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)





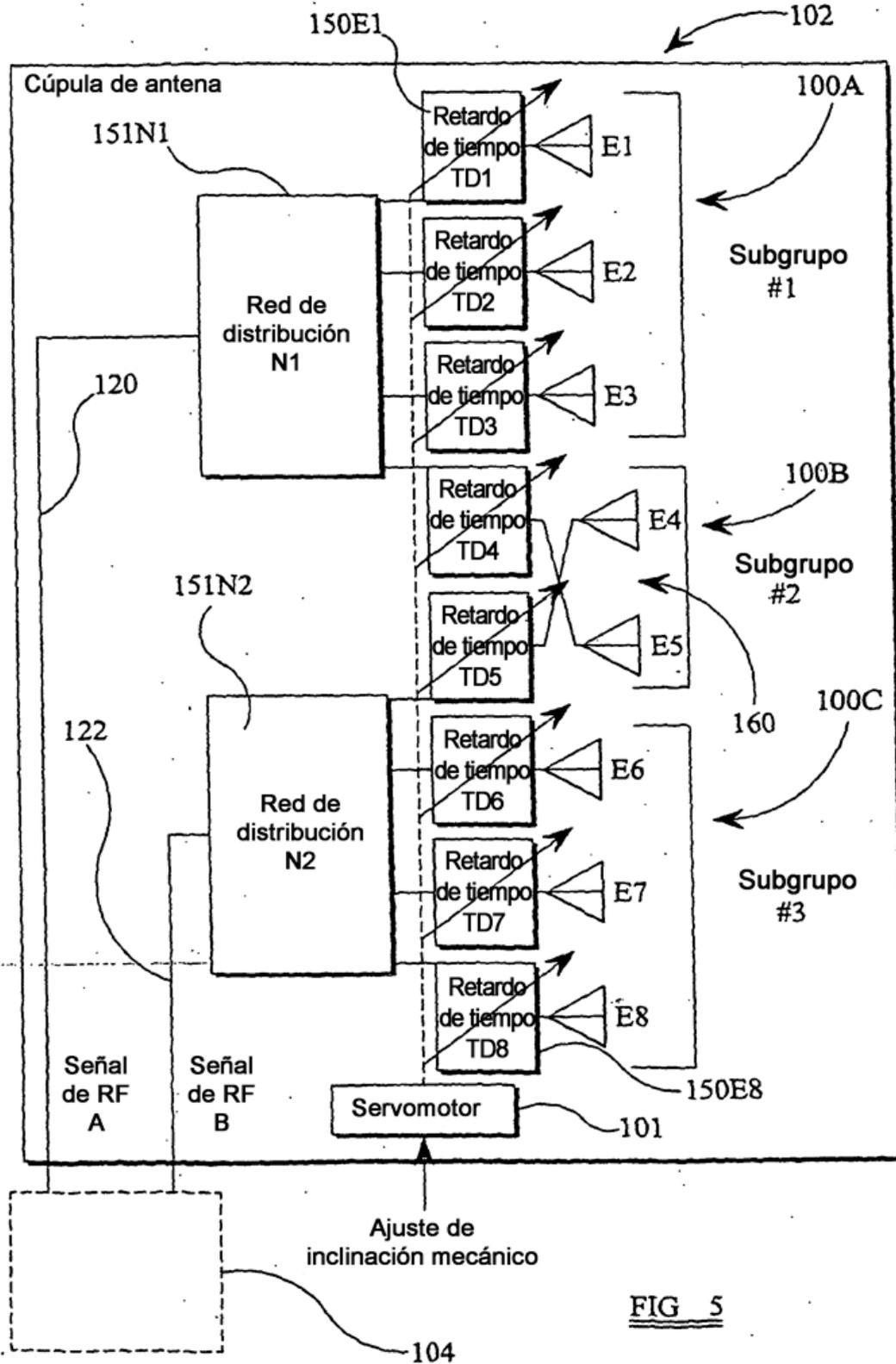
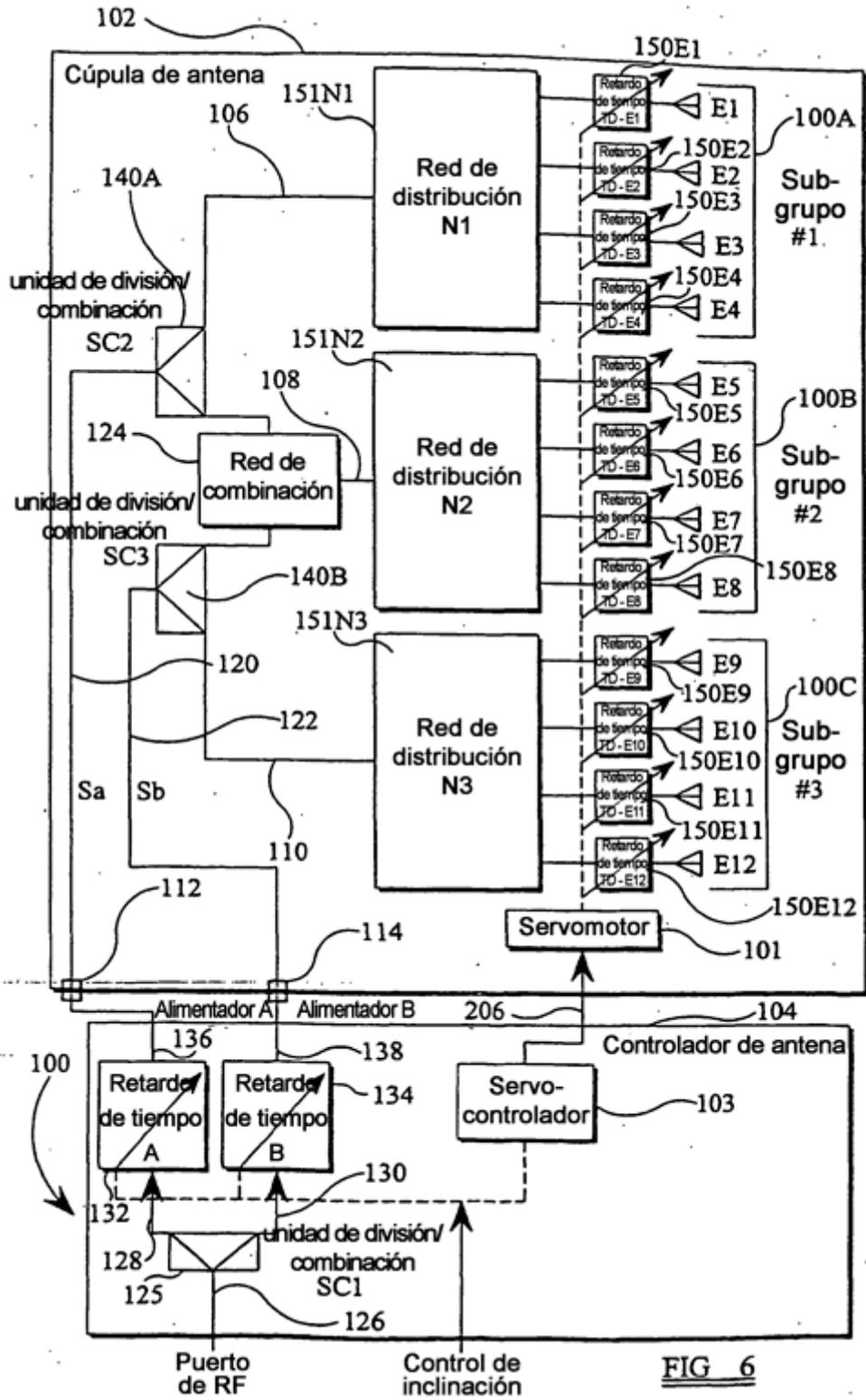
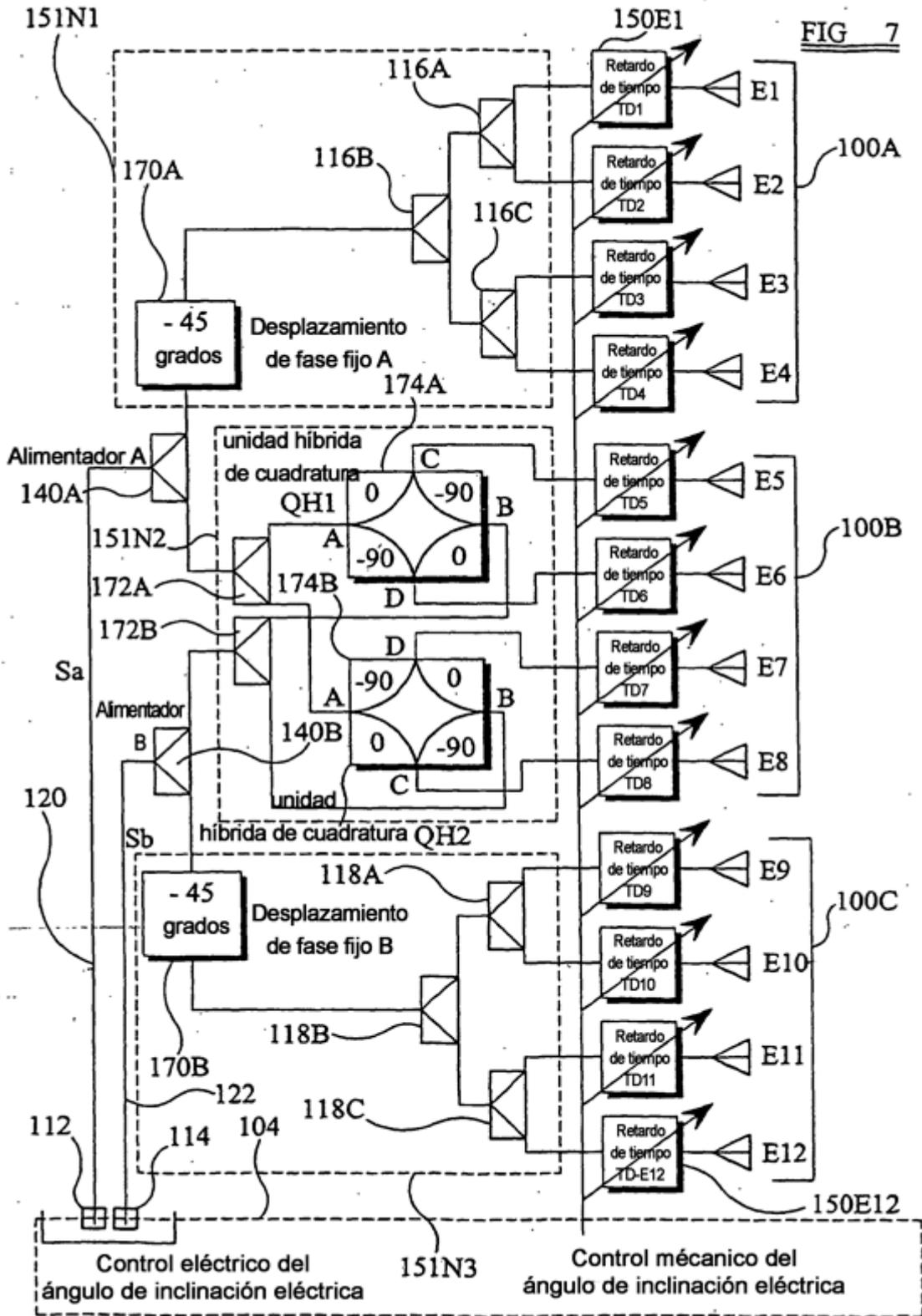


FIG 5





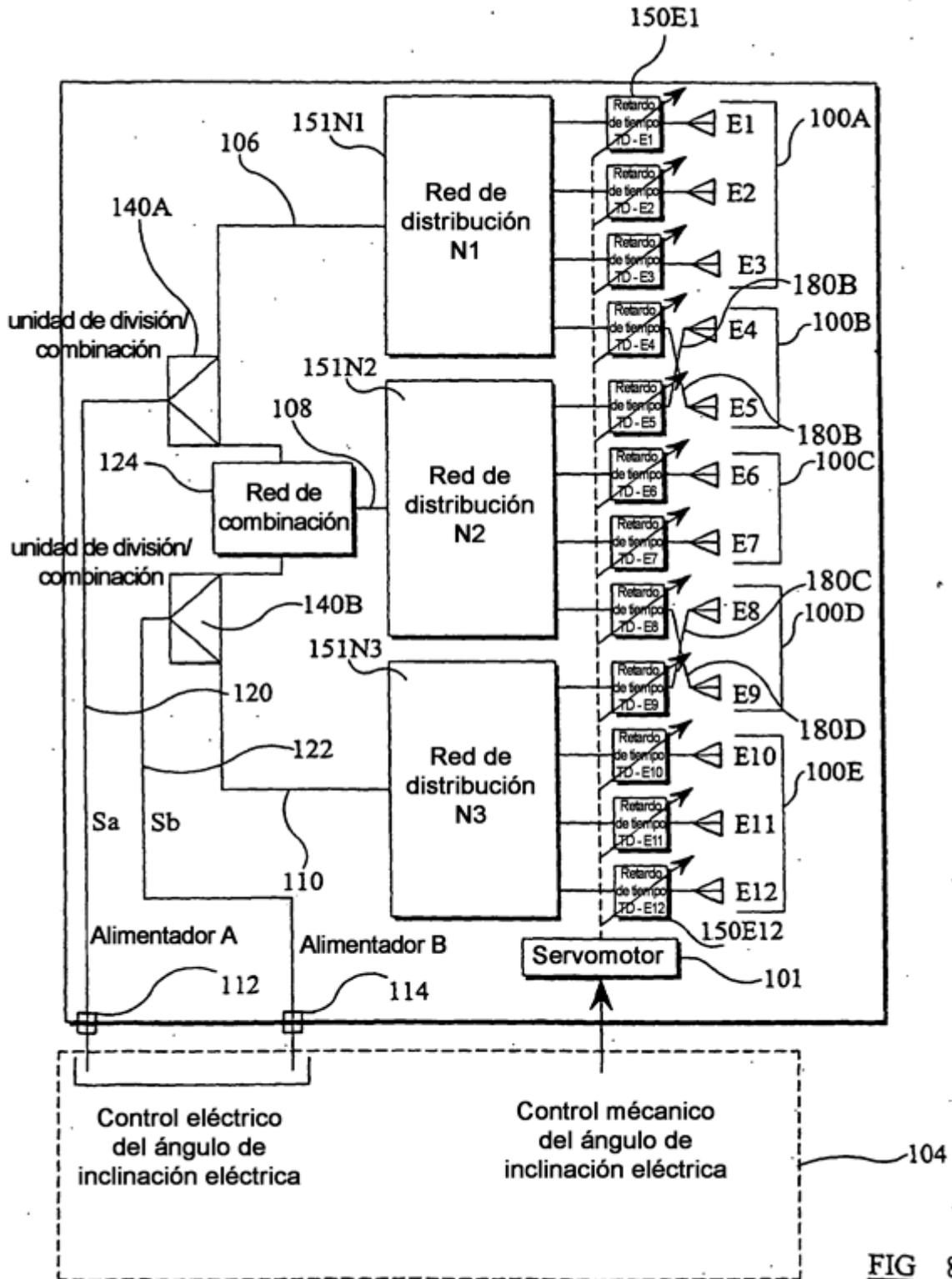


FIG 8

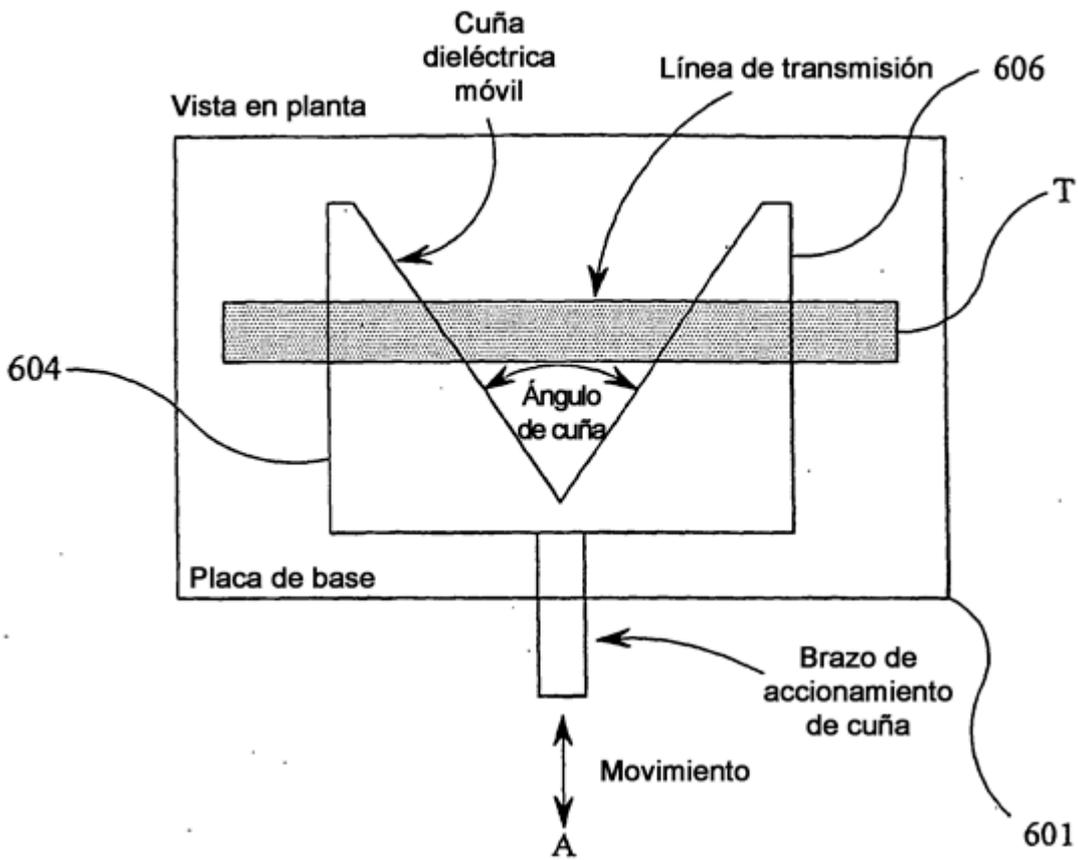
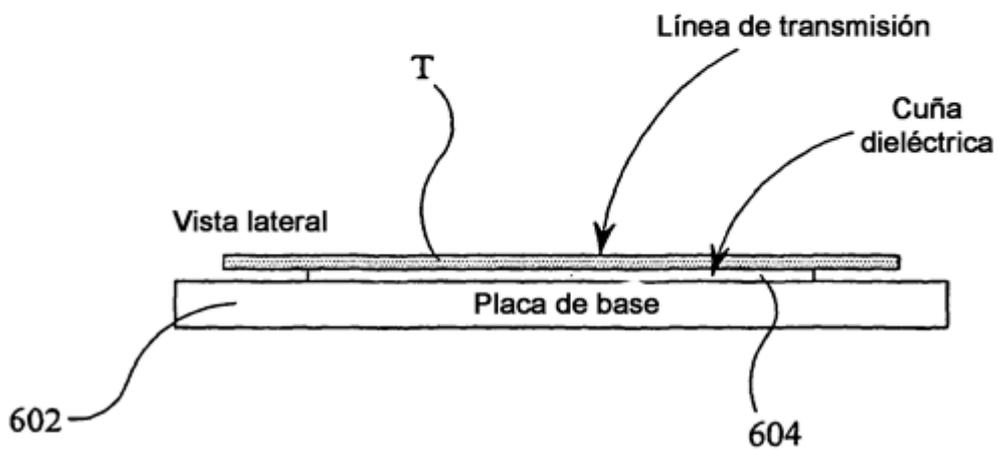
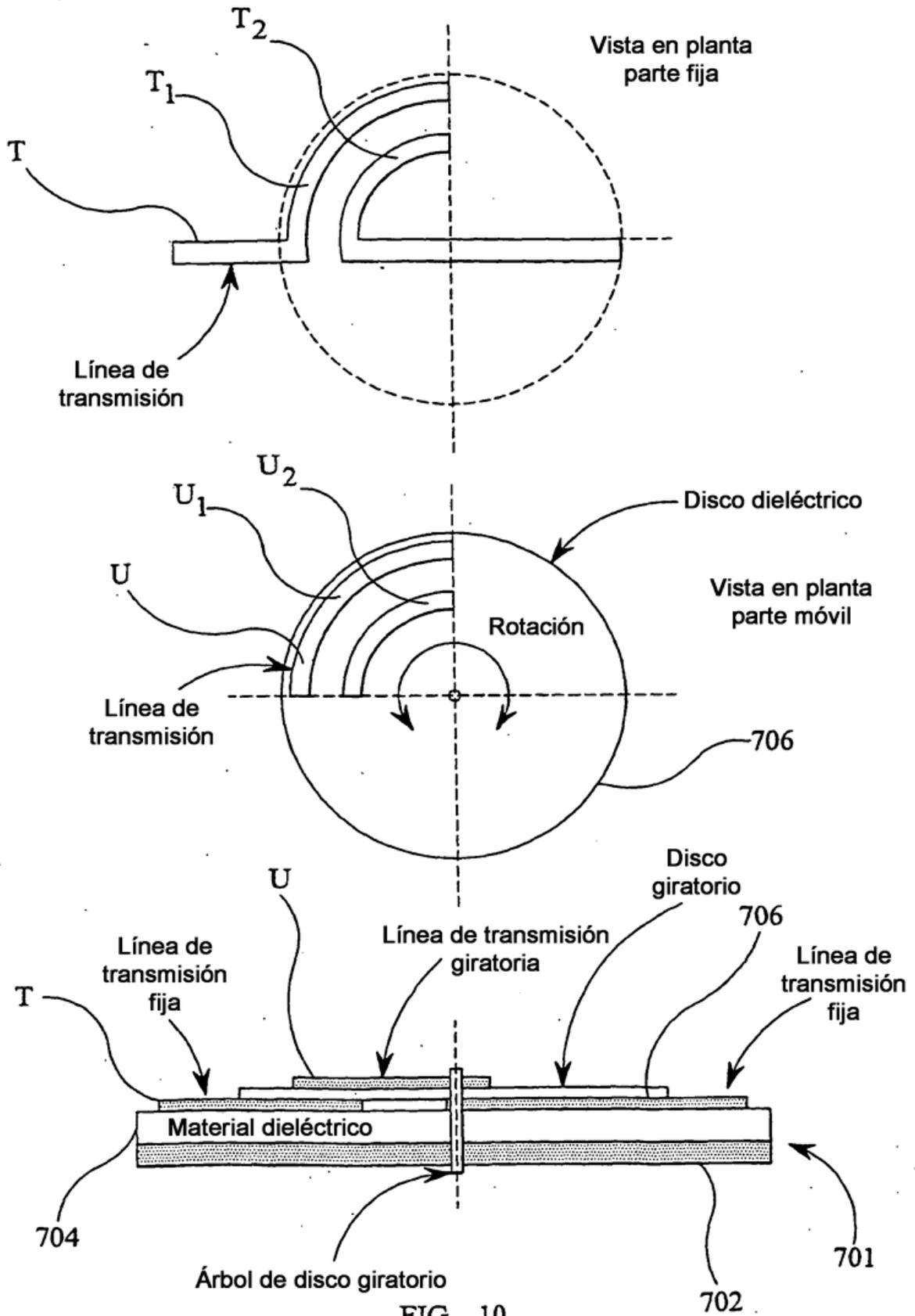
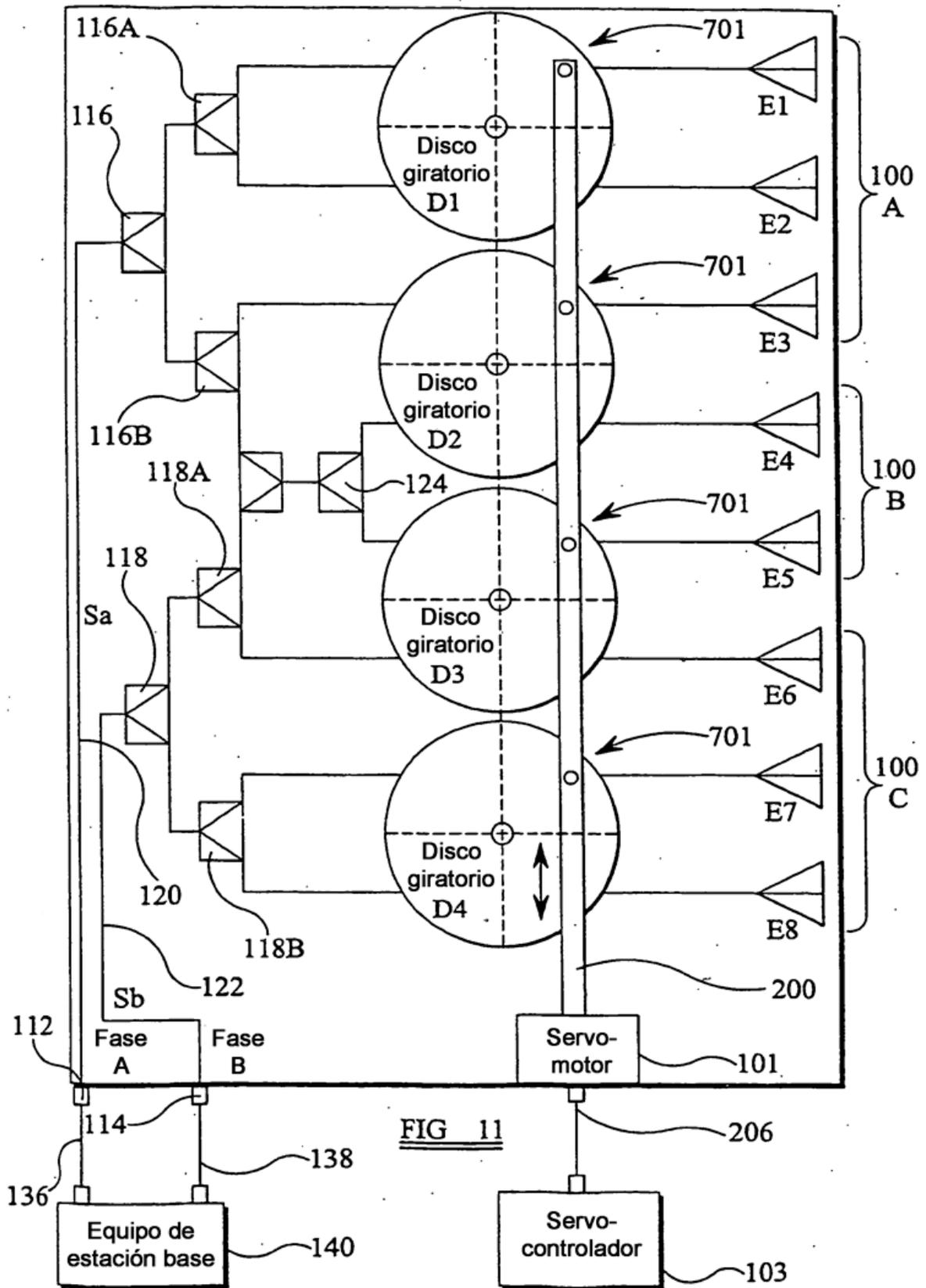


FIG 9





**FIG 10**





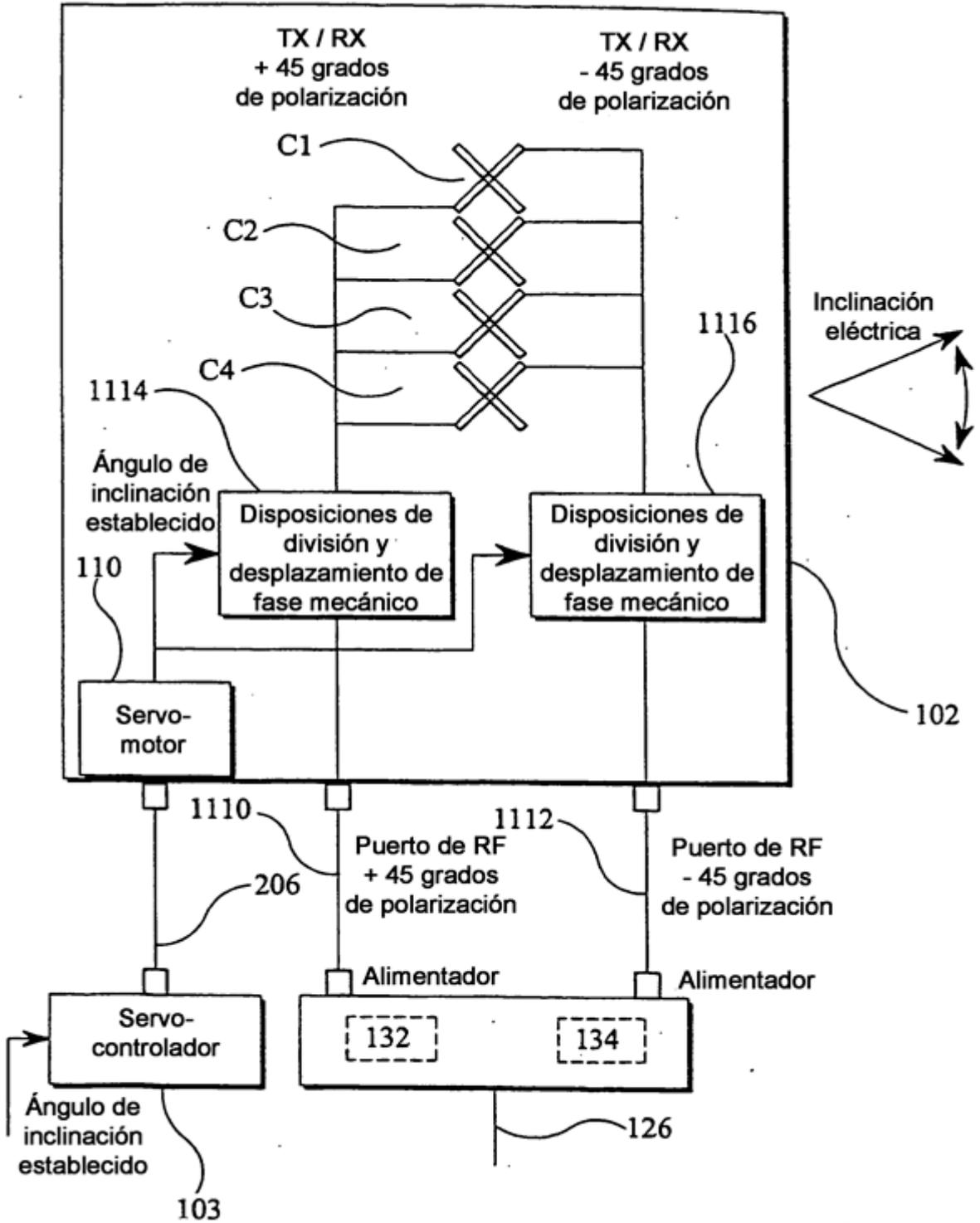


FIG 13