

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 105**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/08 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

G01S 7/03 (2006.01)

H01Q 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2014 PCT/JP2014/054824**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14188752**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2014 E 14801858 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 3001506**

54 Título: **Dispositivo de antena de control de tres ejes**

30 Prioridad:

20.05.2013 JP 2013105759

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

09.05.2019

73 Titular/es:

**mitsubishi electric corporation (100.0%)
7-3 Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310, JP**

72 Inventor/es:

**SAKAI YUJI;
HORIMOTO MASANOBU y
SAITO MASAKAZU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 712 105 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

Dispositivo de antena de control de tres ejes

Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo de antena de control de tres ejes para rastrear un satélite orbital.

5 Técnica antecedente

Como un dispositivo de antena para rastrear un satélite orbital, la Literatura de Patente 1 describe un dispositivo de antena de control de tres ejes que acciona y controla individualmente un eje vertical para un rastreo de ángulo azimut, un eje horizontal para el rastreo del ángulo de elevación, y un eje horizontal transversal que es un eje horizontal y ortogonal al eje horizontal.

10 El dispositivo de antena de control de tres ejes en la Literatura de Patente 1 realiza la conmutación de manera que cuando una dirección que rayo de una antena es menor o igual que un ángulo de elevación establecido, se proporcionan entradas a las entradas de accionamiento de dos de tres ejes, mientras que cuando la dirección del rayo de la antena es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido, son proporcionadas entradas a las entradas de accionamiento de los tres ejes. También, después de la conmutación a este accionamiento de tres ejes,
15 el valor de un eje específico obtenido calculando los valores presentes de los tres ejes es proporcionado a la entrada de accionamiento del eje específico de los tres ejes.

20 Cuando se rastrea un satélite que pasa cerca del cenit, el dispositivo de antena de control de tres ejes de la Literatura de Patente 1 realiza un rastreo en tiempo real ordenando que el eje vertical se accione en una dirección de ángulo de azimut y alinee la dirección del rayo de la antena con el objeto objetivo para el eje horizontal y el eje horizontal trasversal.

Incluso aunque la velocidad de rotación del ángulo de azimut (para el eje vertical) del dispositivo de antena de control de tres ejes de la Literatura de Patente 1 está limitado a su propia la velocidad máxima, la falta de rastreo es compensada girando el eje longitudinal transversal, con lo que se habilita el rastreo continuo de un satélite cerca del cenit.

25 La Literatura de Patente 2 es considerada como la técnica anterior relevante y describe un posicionador de antena de tres ejes que tiene una configuración de azimut en X-Y, e incluye un conjunto de accionamiento de azimut, un conjunto el accionamiento de eje X, y un conjunto de accionamiento de eje Y.

30 La Literatura de Patente 3 es considerada como la técnica anterior relevante y describe un conjunto que tiene una parte móvil que puede ser frenada, si un motor eléctrico que mueve la parte móvil pierde potencia, tal como durante el transporte del conjunto.

La Literatura de Patente 4 es considerada como la técnica anterior relevante y describe un controlador de rastreo para un sistema de antena de montura de tres ejes en el que la antena puede girar alrededor de un eje de azimut, un eje de elevación y un eje de elevación trasversal.

Lista de citaciones

35 Literatura de patente

Literatura de Patente 1: publicación Kokai de Solicitud de Patente Japonesa No examinada JP H7-202 541 A.

Literatura de Patente 2: US 2012/182194 A1

Literatura de Patente 3: WO 2012/028642 A1

Literatura de Patente 4: EP 0 246 635 A2

40 Compendio de la invención

Problema técnico

45 La velocidad de variación del ángulo del rayo de rastreo (directividad) de la antena aumenta especialmente cuando un satélite que orbita en una órbita baja pasa por el cenit. En tal circunstancia, la velocidad de rotación del ángulo de azimut (para el eje vertical) está limitada a su propia velocidad máxima y esta limitación es compensada por la velocidad de rotación del eje horizontal transversal, sin embargo, cuando el satélite está en una órbita incluso inferior, la compensación puede ser insuficiente para continuar el rastreo.

Una posible estrategia para tratar este problema es aumentar la velocidad angular máxima del ángulo de azimut (para eje vertical). Sin embargo, haciéndolo así, el tamaño del motor (tipo) necesitaría ser aumentado, con lo que se

aumenta enormemente la potencia necesaria para el accionamiento, lo que conduciría a aumentar la capacidad de la fuente de alimentación.

5 Dadas las circunstancias anteriores, es un objeto de la presente invención minimizar el tamaño del motor o la capacidad de la fuente de alimentación en un dispositivo de antena de control de tres ejes para rastrear un satélite orbital.

Solución al problema

Para conseguir el objetivo anteriormente mencionado, el dispositivo de antena de control que tres ejes expuesto en la presente invención incluye

10 un eje vertical para rastreo del ángulo de azimut, soportado por una base, el eje vertical puede girar con relación a la base alrededor de una línea vertical;

un eje horizontal para rastreo del ángulo de elevación, unido al eje vertical y que puede girar con relación al eje vertical alrededor de una línea ortogonal al eje vertical en una media rotación;

15 un eje horizontal transversal unido al eje horizontal, el eje horizontal transversal puede girar con relación al eje horizontal dentro de un rango de ángulo menor que el ángulo de rotación del eje horizontal, alrededor de un eje ortogonal al eje horizontal;

una antena unida al eje horizontal transversal;

un servocontrolador de eje vertical, un servocontrolador de eje horizontal, y un servocontrolador del eje horizontal transversal para accionar y controlar el eje vertical, el eje horizontal y el eje horizontal transversal, respectivamente; y

20 un controlador que procesamiento aritmético para generar señales de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical, el servocontrolador de eje horizontal, y el servocontrolador que eje horizontal trasversal y proporcionar las señales de accionamiento para realizar el control de rastreo en tiempo real de manera que una dirección de rayo de la antena es alineada con una dirección del un objeto objetivo.

25 El controlador de procesamiento aritmético genera, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena en una trayectoria del objeto objetivo es mayor o igual que un ángulo de elevación establecido en un momento individual de rastreo continuo, una señal de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical, la señal de un ángulo de azimut constante determinado a partir de la trayectoria del objeto objetivo.

30 Cuando el ángulo de elevación máximo de la antena en la trayectoria del objeto objetivo es menor que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, el controlador de procesamiento aritmético genera una señal de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical, la señal de un ángulo de azimut del objeto objetivo, en donde el ángulo de azimut determinado a partir de la trayectoria del objeto objetivo es el ángulo de azimut que es paralelo a la trayectoria del objeto objetivo.

Efectos ventajosos de la invención

35 El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la presente invención puede reducir la velocidad angular máxima requerida del ángulo de azimut (eje vertical) requerida para rastrear un satélite que orbita bajo. Esto hace posible reducir el tamaño del motor y hacer que la capacidad de la fuente de alimentación sea menor.

Breve descripción de los dibujos

40 La Fig. 1 es un diagrama conceptual que ilustra la relación mutua entre los soportes de la antena de control de tres ejes de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención;

La Fig. 3 es un diagrama que ilustra un sistema de coordenadas X-Y utilizado para realizar la detección de error del dispositivo de antena de control de tres ejes;

45 La Fig. 4 es una vista en planta de cada accionamiento de eje en el modo de control de dos ejes en la Realización 1;

La Fig. 5 es una vista en planta de cada accionamiento de eje en el modo de control de tres ejes en la Realización 1;

La Fig. 6 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración a modo de ejemplo de un dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la Realización 2 de la presente invención;

La Fig. 7A es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de un ángulo de accionamiento de cada eje para rastreo de satélite en un ejemplo comparativo;

La Fig. 7B es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de una velocidad angular de accionamiento de cada eje para rastreo de satélite en un ejemplo comparativo;

- 5 La Fig. 8A es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de un ángulo de accionamiento de cada eje para rastreo de satélite en un ejemplo específico de la Realización 1; y

La Fig. 8B es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de una velocidad angular de cada eje para rastreo de satélite en el ejemplo específico.

Descripción las realizaciones

- 10 Las realizaciones de la presente invención se describen a continuación con referencia los dibujos. Los mismos números de referencia designan partes iguales o similares en todos los dibujos.

Realización 1

- 15 La Fig. 1es un diagrama conceptual que ilustra la relación mutua entre los soportes de una antena de control de tres ejes de acuerdo con una realización de la presente invención. La antena de control de tres ejes incluye tres ejes, específicamente un eje vertical 1, un eje horizontal 2, y un eje horizontal transversal 3. El eje vertical 1 está soportado por una base 23, y puede girar con relación a la base 23 alrededor de una línea vertical. El eje vertical 1 realiza principalmente la acción de rastreo de ángulo de azimut de la antena. El eje horizontal 2 está unido al eje vertical 1, y puede girar en una media rotación, aproximadamente 180°, con relación al eje vertical 1 alrededor de una línea ortogonal al eje vertical 1. El eje horizontal 2 realiza el rastreo del ángulo de elevación.

- 20 El eje horizontal transversal 3 está unido al eje horizontal 2, que puede girar con relación al eje horizontal 2 dentro de un cierto rango angular alrededor de un eje ortogonal al eje horizontal 2. El rango angular giratorio del eje horizontal transversal 3 es menor que el rango angular de rotación del eje horizontal 2. La antena está fijada al eje horizontal transversal 3. El eje vertical 1, el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3 habilitan una dirección de eje de rayo 4 delantera para que sea orientada en cualquier en dirección destinada.

- 25 La Fig. 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la Realización 1 de la presente invención. Una antena de control de tres ejes (en lo que sigue denominada como antena) 8 incluye soportes que tienen una estructura como se ilustra la Fig. 1. Un accionador de eje vertical 5 gira el eje vertical 1 y un accionador de eje horizontal 6 gira el eje horizontal 2. Un accionador de eje horizontal trasversal 7 gira el eje horizontal trasversal 3.

- 30 Un dispositivo de suministro de potencia 9 detecta una señal de referencia y una señal de error de la señal recibida por la antena 8. Un receptor de rastreo 10 desmodula y detecta, a partir de la señal de referencia y la señal de error, señales de error que ángulo de dos ejes actuales directos (una señal de error de ángulo ΔX en la dirección X y una señal de error de ángulo ΔY en la dirección Y de la antena 8).

- 35 Un servocontrolador de eje vertical 11 suministra la potencia de accionamiento de motor al accionador de eje vertical 5, y después acciona y controla el eje vertical 1. Un servocontrolador de eje horizontal 12 suministra potencia de accionamiento de motor al accionador de eje horizontal 6, y después accionada y controla el eje horizontal. Un servocontrolador de eje horizontal trasversal 13 suministra la potencia de accionamiento de motor al accionador de eje horizontal trasversal 7, y después que acciona y controla el eje horizontal trasversal 3.

- 40 Un dispositivo de control de programa 19 calcula un ángulo del mando de programa de ángulo que azimut (ángulo de azimut θ_{AZ}) y el ángulo de elevación (ángulo de elevación θ_{EL}) de la antena 8 en base a la información de trayectoria del satélite objetivo de rastreo.

- 45 Un controlador de procesamiento aritmético 14 incluye un determinador 15, un procesador al aritmético de ángulo de mando del programa 16, y un procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17. El determinador 15 determina entre los tres ejes de la antena 8, una combinación de ejes para ser controlados para el rastreo en base a la información de trayectoria del satélite objetivo de rastreo. El procesador aritmético de ángulo de mando de programa 16 y el procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17 reciben las señales de error de ángulo ΔX y ΔY procedentes del receptor de rastreo 10, y reciben del ángulo del mando del programa desde el controlador de programa.

- 50 El procesador aritmético de ángulo de mando de programa 16 y el procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17 procesan aritméticamente y obtienen el valor de mando de ángulo de la cantidad de error de cada eje de acuerdo con el modo de control (modo de rastreo de programada o modo de rastreo automático) en el estado de rastreo. El procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17 calcula el ángulo de mando del eje vertical para accionar el eje vertical de los tres ejes.

Un conmutador 18 conmuta la señal de rastreo de acuerdo con el modo de rastreo de programa (PROG) o el modo de rastreo automático (AUTO). El modo de rastreo del programa (PROG) es un modo en el que la altitud de la antena 8 se controla de acuerdo con el ángulo de mando de programa calculado por el dispositivo de control de programa 19.

- 5 El modo de rastreo automático (AUTO) es un modo en el que la altitud de la antena 8 se controla de acuerdo con las señales de error de ángulo ΔX y ΔY desmoduladas y detectadas por el receptor de rastreo 10. El funcionamiento del controlador de procesamiento aritmético 14 se describe a continuación.

10 En el modo de rastreo de programa, el conmutador 18 introduce respectivamente el ángulo de error de eje horizontal y el ángulo de error de eje horizontal transversal procesados aritméticamente por el procesador aritmético de ángulo del mando de programa 16 en el servocontrolador de eje horizontal 12 y en el servocontrolador de eje horizontal transversal 13. En el modo de rastreo automático, el conmutador 18 introduce respectivamente las señales de error de ángulo ΔX y ΔY procedentes del receptor de rastreo 10 en el servocontrolador de eje horizontal 12 y en el servocontrolador de eje horizontal transversal 13.

15 La Fig. 3 es un diagrama que ilustra un sistema de coordenadas X-Y utilizado para realizar la detección de error del dispositivo de antena de control de tres ejes. El sistema de coordenadas X-Y es un sistema de coordenadas fijado en la superficie especular de la antena 8. Cuando el eje horizontal 2 es girado, la dirección de eje de rayo 4 se mueve en la dirección X. La dirección de eje de rayo 4 puede ser orientada en la dirección Y girando el eje horizontal transversal 3.

20 Un determinador 15, en base a la información de trayectoria de satélite objetivo de rastreo, obtiene un ángulo de elevación máximo del rastreo realizado por el dispositivo de antena de control de tres ejes, y después compara el ángulo de elevación máximo con el ángulo de elevación establecido predeterminado. En una trayectoria de un satélite objetivo en un momento individual de rastreo continuo, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena 8 es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido, el control se realiza en el modo de control de dos ejes en el que el rastreo se realiza mediante el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3.

25 En una trayectoria de un satélite objetivo en un momento individual de rastreo continuo, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena 8 es menor que el ángulo de elevación establecido, el control se realiza en el modo de control de tres ejes en el que el rastreo se realiza mediante el eje vertical 1, el eje horizontal 2, y el eje horizontal transversal 3.

30 En la presente memoria, el ángulo de elevación establecido está restringido a un rango de accionamiento ($\Delta\theta_{3max}$) del eje horizontal transversal 3 y se puede establecer utilizando el siguiente rango.

$$90^\circ - \Delta\theta_{3max} < \text{ángulo de elevación establecido} < 90^\circ$$

Un ángulo de elevación de 90° es el ángulo de elevación en el cénit. El ángulo de elevación establecido está establecido dentro de un rango que es mayor que un ángulo obtenido restando el rango de accionamiento ($\Delta\theta_{3max}$) del eje horizontal transversal 3 del ángulo de elevación en el cénit, y menor que el ángulo de elevación en el cénit.

35 El controlador de procesamiento aritmético 14 controla la dirección del eje de rayo 4 de la antena 8 como sigue cuando el rastreo se realiza en el modo de rastreo automático y en el modo de control de dos ejes. Un procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17 gira el eje vertical 1 hasta un ángulo de azimut θ_{1P} de manera que la dirección rotacional del eje horizontal 2 es paralela a la trayectoria del satélite objetivo de rastreo en base a la información de trayectoria del satélite objetivo de rastreo.

40 Las señales de error de ángulo ΔX y ΔY desmoduladas y detectadas por el receptor de rastreo 10 son errores detectados por el sistema de coordenadas X-Y fijado en la superficie especular como se ha mencionado previamente. La dirección de accionamiento de eje horizontal de la antena 8 corresponde a la dirección de detección de error ΔX en la dirección X, y la dirección de accionamiento de eje horizontal transversal corresponde a la dirección de detección de error ΔY en la dirección Y.

45 La señal de error de ángulo ΔX es suministrada al servocontrolador de eje horizontal 12, y la señal de error de ángulo ΔY es suministrada al servocontrolador de eje horizontal transversal 13. Después, el rastreo se realiza controlando el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3 de manera que se eliminan los errores.

50 La Fig. 4 es una vista en planta de cada accionamiento de eje en el modo de control de dos ejes en la Realización 1. La Fig. 4 ilustra en una vista en planta la relación entre la dirección de la trayectoria del satélite objetivo y la dirección de los ángulos de accionamiento vista desde el cénit cuando el rastreo se realiza en el modo de rastreo automático y el modo de control de dos ejes. La Fig. 4 ilustra un caso en el que la trayectoria (recorrido) del satélite objetivo de rastreo es paralela al ángulo de azimut 0° .

55 El ángulo de elevación máximo (elevación más próxima al cénit) de la antena 8 en la trayectoria del satélite objetivo de rastreo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido utilizado para determinar la selección del modo de control de dos ejes o modo de control de tres ejes. En este caso, dado que el eje vertical 1 es girado de manera

que la dirección rotacional del eje horizontal 2 es paralela al ángulo que azimut 0° , el ángulo de elevación a lo largo de la línea del ángulo de azimut 0° es controlado principalmente mediante el accionamiento del eje horizontal 2.

5 Como se puede ver en la Fig. 4, dado que la trayectoria del satélite objetivo de rastreo es paralela a la dirección rotacional (cambio de ángulo de elevación) del eje horizontal 2, el satélite puede ser rastreado sin cambiar el eje vertical 1 durante el rastreo cambiando la dirección X con el eje horizontal 2 y cambiando la dirección Y con el eje horizontal trasversal 3.

10 En este caso, incluso cuando el ángulo de elevación está cerca del cénit, no existe necesidad de mover (al menos no de manera significativa) el eje vertical 1 y la velocidad angular máxima requerida del eje vertical 1 puede ser disminuida. Como resultado, el tamaño del motor y la capacidad de la fuente de alimentación se pueden mantener pequeñas en el dispositivo de antena de control de tres ejes para el rastreo de un satélite orbital.

15 Aunque la Fig. 4 muestra una trayectoria de un satélite en una línea recta visto desde el cénit, existen muchos casos en los que la trayectoria real es una trayectoria ligeramente curva. Incluso en tales casos, el giro de antemano del eje vertical 1 para ser orientado hacia un ángulo de azimut constante de manera que la dirección rotacional del eje horizontal 2 sea casi paralela a la trayectoria (recorrido) del satélite elimina la necesidad de mover mucho el eje vertical 1 durante el rastreo.

20 Como método para calcular la dirección (ángulo de azimut) del eje vertical 1 que es paralela a la trayectoria, se puede utilizar un método para obtener interpolación lineal utilizando la aproximación de mínimos cuadrados, un método para obtener una trayectoria de satélite en la máxima elevación (EL), o similar. También, el eje vertical 1, después de ser orientado en un ángulo de azimut hasta estar casi paralelo a la trayectoria, puede quedar libre y ser controlado de forma continua en tiempo real para permanecerlo paralelo a la trayectoria que un satélite.

25 Cuando se rastrea en el modo de rastreo automático y en el modo de control de tres ejes, el controlador de procesamiento aritmético 14 de la Fig. 2 controla la dirección de eje de rayo 4 de la antena 8 como sigue. Las señales de error de ángulo ΔX y ΔY el desmoduladas y detectadas por el receptor de rastreo 10 son errores detectados por el sistema de coordenadas X-Y fijado a la superficie especular como se ha mencionado anteriormente.

30 En tal caso, la dirección de accionamiento de eje horizontal de la antena 8 corresponde a la dirección de detección de error ΔY , y la dirección de accionamiento de eje horizontal trasversal corresponde a la dirección de detección de error ΔX . La señal de error de ángulo ΔY es suministrada al servocontrolador de eje horizontal 12, y la señal de error de ángulo ΔX es suministrada al servocontrolador de eje horizontal trasversal 13. También, el eje horizontal 2 y el eje horizontal trasversal 3 son controlados de manera que se eliminan los errores.

Al mismo tiempo, un error entre el ángulo de azimut de la dirección de eje de rayo 4 determinado por los tres ejes de la antena y el ángulo real del eje vertical 1 es suministrado al servocontrolador de eje vertical 11 y el rastreo se realiza controlando el eje vertical de manera que se elimina el error.

35 Como resultado de esto, cuando se realiza el accionamiento en este modo de control de tres ejes, la rotación del eje vertical 1 está limitada a su máxima velocidad por el control de ángulo de azimut, y la falta de rastreo del rayo es compensada mediante el rastreo con el eje horizontal 2 y el eje horizontal trasversal 3 en base a las señales de error anteriormente mencionadas.

40 La Fig. 5 es una vista en planta de cada accionamiento de eje en el modo de control de tres ejes en la Realización 1. La Fig. 5 ilustra en una vista en planta la relación entre la dirección de la trayectoria del satélite objetivo y la dirección de los ángulos de accionamiento vista desde el cénit durante el rastreo que en el modo de rastreo automático y en el modo de control de tres ejes. La línea continua delgada representa la trayectoria del satélite objetivo de rastreo y la línea discontinua representa el ángulo de accionamiento mediante el eje vertical 1 y el eje horizontal 2.

45 La Fig. 5 ilustra un caso en el que la trayectoria (recorrido) de satélite objetivo de rastreo es paralela al ángulo de azimut 0° . El ángulo de elevación máximo (ángulo de elevación más cercano al cénit) de la antena 8 en la trayectoria del satélite el objetivo de rastreo es menor que el ángulo de elevación establecido utilizado para determinar la selección del modo de control de dos ejes o el modo de control de tres ejes.

50 Como se ilustra la Fig. 5, el máximo ángulo de elevación de la antena 8 en la trayectoria del satélite objetivo de rastreo es menor que el máximo valor establecido de determinación de ángulo de elevación máximo, y de este modo la velocidad de variación del ángulo del eje de rayo de rastreo (directividad) no es muy rápida. Por lo tanto, el rastreo puede ser realizado de manera suficiente sin aumentar la velocidad de accionamiento del eje vertical 1 para poder realizar el rastreo de la trayectoria que pasa cerca del cénit.

55 Aunque la Fig. 5 muestra una trayectoria de un satélite en una línea recta distal desde el cénit, existen muchos casos en los que la trayectoria real es una trayectoria ligeramente curva. Incluso en tales casos, siempre y cuando el ángulo de elevación máximo de la antena 8 en la trayectoria del satélite de objetivo de rastreo sea menor que el valor establecido de determinación de ángulo de elevación máximo, la velocidad de variación de ángulo del eje de rayo de rastreo (directividad) no es muy rápida. Por lo tanto, el rastreo se puede realizar de manera suficiente sin

incrementar la velocidad de accionamiento del eje vertical 1, para poder realizar el rastreo de la trayectoria que pasa cerca del cénit.

5 A continuación, se describe el funcionamiento para cuando el control de rastreo se realiza en el modo de rastreo de programa y en el modo de control de dos ejes. El determinador 15 selecciona el modo de control de dos ejes cuando el ángulo de elevación máximo de la antena 8 en la trayectoria de satélite objetivo en un momento individual de rastreo continuo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido.

10 Incluso cuando el rastreo se realiza en el modo de rastreo de programa y en el modo de control de dos ejes, el procesador aritmético de ángulo de mando de eje vertical 17, basado que en la información de trayectoria del satélite objetivo de rastreo, gira de antemano que el eje vertical 1 de manera que dirige un ángulo de azimut θ_{1P} que es paralelo a la trayectoria.

El controlador de procesamiento aritmético 14 recibe los ángulos de mando de programa (θ_{AZ} y θ_{EL}) desde el dispositivo de control de programa 19 y calcula los ángulos de accionamiento del eje vertical 1, el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3 en el procesador aritmético de ángulo de mando de programa 16 dentro del controlador de procesamiento aritmético 14 como los ángulos de mando para los respectivos ejes.

15 También, los errores entre los ángulos del mando y los ángulos reales θ_{1R} , θ_{2R} , y θ_{3R} de los respectivos ejes son cada uno suministrados al servocontrolador de eje vertical 11, el servocontrolador de eje horizontal 12, y el servocontrolador de eje horizontal trasversal 13, y después los accionadores son controlados para dirigir el eje del rayo en los ángulos destinados.

20 En este punto, el ángulo de mando de eje vertical θ_{1C} , el ángulo de mando de eje horizontal θ_{2C} , y el ángulo de mando de eje horizontal transversal θ_{3C} son proporcionados por las siguientes ecuaciones (1) a (3) utilizando ángulos de mando de programa (θ_{AZ} , θ_{EL}) y rango real del eje vertical θ_{1R} .

$$\theta_{1C} = \theta_{1P} \quad \dots (1)$$

Ecuación 1

$$\theta_{2C} = \tan^{-1} \left\{ \tan \theta_{EL} \frac{1}{\cos(\theta_{1R} - \theta_{AZ})} \right\} \quad \dots(2)$$

25

Ecuación 2

$$\theta_{3C} = \tan^{-1} \frac{\sin(\theta_{1R} - \theta_{AZ})}{\sqrt{\cos^2(\theta_{1R} - \theta_{AZ}) + \tan^2 \theta_{EL}}} \quad \dots (3)$$

En la presente memoria, θ_{1R} es el ángulo real del eje vertical 1.

30 En lo que sigue, se describe el funcionamiento para cuando el control de rastreo se realiza en el modo de rastreo de programa y en el modo de control de tres ejes. El controlador de procesamiento aritmético 14 recibe los ángulos de mando de programa (θ_{AZ} y θ_{EL}) desde el dispositivo de control de programa 19 y calcula los ángulos de accionamiento del eje vertical 1, del eje horizontal 2, y del eje horizontal trasversal 3 en el procesador aritmético de ángulo de mando de programa 16 dentro del controlador que procesamiento aritmético 14 como los ángulos del mando para los respectivos ejes.

35

También, los errores que entre los ángulos de mando y los ángulos reales θ_{1R} , θ_{2R} , y θ_{3R} de los respectivos ejes son cada uno suministrados a los servocontroladores de eje 11, 12 y 13, y después los accionadores son controlados para dirigir el eje de rayo en los ángulos destinados.

40 En este punto, el ángulo de mando de eje vertical θ_{1C} , el ángulo de mando de eje horizontal θ_{2C} , y el ángulo de mando de eje horizontal trasversal θ_{3C} son proporcionados por las siguientes ecuaciones (4) a (6) utilizando los ángulos de mando de programa (θ_{AZ} y θ_{EL}), el ángulo real del eje vertical θ_{1R} , y el ángulo real de eje horizontal θ_{2R} .

$$\theta_{1C} = \theta_{AZ} \quad \dots (4)$$

Ecuación 3

$$\theta_{2C} = \tan^{-1} \left\{ \tan \theta_{EL} \frac{1}{\cos(\theta_{1R} - \theta_{AZ})} \right\} \dots (5)$$

Ecuación 4

$$\theta_{3C} = \tan^{-1} \frac{\sin(\theta_{1R} - \theta_{AZ})}{\sqrt{\cos^2(\theta_{1R} - \theta_{AZ}) + \tan^2 \theta_{EL}}}$$

5 ... (6)

La presente memoria θ_{1R} es el ángulo real del eje vertical 1 y θ_{2R} es el ángulo real del eje horizontal 2.

Incluso aunque en el modo de rastreo del programa, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena 8 es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido en la trayectoria del satélite objetivo en un momento individual de rastreo continuo, el modo de control de dos ejes es seleccionado y el eje vertical 1 es girado para dirigir un ángulo de azimut θ_{1P} que es paralelo a la trayectoria. Por lo tanto, la velocidad angular máxima requerida del eje vertical 1 puede ser disminuida. Como resultado, el tamaño de motor y la capacidad de la fuente de potencia se pueden mantener pequeños en el dispositivo de antena de control de tres ejes para el rastreo de un satélite orbital.

Como se ha descrito anteriormente, los controles realizados en el modo de control de dos ejes y en el modo de control de tres ejes son los mismos independientemente de si se está en el modo de rastreo automático o en el modo de rastreo del programa, excepto en la forma de suministrar las señales de error al servocontrolador de eje vertical 11. Los controles realizados en el servocontrolador de eje horizontal 12 y en el servocontrolador de eje horizontal transversal 13 son exactamente los mismos. De este modo se puede realizar fácilmente, un algoritmo de ordenador.

En el modo de control de tres ejes, el control se puede realizar como sigue. El ángulo de mando de programa (θ_{AZ}) es recibido desde el dispositivo de control del programa 19, el ángulo de accionamiento del eje vertical 1 es calculado como el ángulo de mando de cada eje en el procesador aritmético de ángulo del mando de programa 16 dentro del controlador aritmético 14 y el error entre el ángulo de mando y el ángulo real del eje vertical 1 es suministrado al servocontrolador de eje vertical 11.

También, la señal de error de ángulo ΔY desmodulada y detectada por el receptor de rastreo 10 es suministrada al servocontrolador de eje horizontal 12, y la señal de error de ángulo ΔX es suministrada al servocontrolador de eje horizontal transversal 13. El servocontrolador de eje horizontal 12 y el servocontrolador de eje horizontal transversal 13 controlan respectivamente el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3 de manera que se eliminan los errores.

Realización 2

En la Realización 2, cuando el control se realiza mientras se está en el modo de control de dos ejes descrito anteriormente, después de que el eje vertical 1 sea girado para un ángulo de azimut θ_{1P} de manera que la dirección rotacional del eje horizontal 2 es paralela a la trayectoria del satélite el objetivo de rastreo, el eje vertical 1 se mantiene en ese ángulo con relación a la base 23 mediante un detenedor de movimiento tal como un freno.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración a modo de ejemplo de un dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la Realización 2 de la presente invención. El dispositivo de antena de control de tres ejes de la realización 2, además de la configuración de la realización 1, incluye un generador de señal de liberación de freno 20, un conmutador de modo 21, y un detenedor de movimiento 22.

La Realización 1 describe un caso en el que el eje vertical 1 está fijado proporcionando cero como una señal de error al servocontrolador de eje vertical 11 bajo control en el modo de control de dos ejes. En el modo de control de dos ejes, dado que el rastreo con el rayo de la antena 8 se realiza controlando el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3, el suministro de potencia de accionamiento de motor al servocontrolador de eje vertical 11 se puede detener después de que el eje vertical 1 sea dirigido a la posición destinada, y el ángulo puede ser mantenido con respecto a la base 23 mediante un freno o similar.

Cuando el determinador 15 determina realizar control en el modo de control de dos ejes, el eje vertical 1 es girado hasta un ángulo de azimut θ_{1P} de manera que la dirección rotacional del eje horizontal 2 es paralela a la trayectoria del satélite objetivo de rastreo, y después el conmutador de modo 21, conmuta para bloquear el envío de una señal de liberación de freno al detenedor de movimiento 22 haciendo con ello que un freno sea aplicado al eje vertical 1 de

manera que se mantiene el ángulo con respecto a la base 23. También, al mismo tiempo, la potencia de accionamiento de motor al eje vertical 1 es interrumpida.

5 Cuando en el determinador 15 determina realizar el control en el modo de control de tres ejes, el conmutador de modo 21 conmuta al lado del generador de señal de liberación de freno 20, es enviada una señal de liberación de freno al detenedor de movimiento 22 lo que hace que el freno aplicado al eje vertical 1 sea liberado. Al mismo tiempo, la potencia de accionamiento de motor que suministrada al eje vertical 1.

10 El modo de rastreo en el modo de control de tres ejes puede ser o bien un modo de rastreo automático o bien un modo de rastreo de programa. El funcionamiento del eje horizontal 2 y del eje horizontal transversal 3 es el mismo que en la Realización 1. También, el funcionamiento del modo de control de tres ejes es el mismo que en la Realización 1.

15 En el modo de control de dos ejes, dado que el eje vertical 1 es girado a un ángulo de azimut θ_{1P} de manera que la dirección rotacional del eje horizontal 2 sea paralela a la trayectoria del satélite objetivo de rastreo, el rastreo se puede realizar sólo operando el eje horizontal 2 y el eje horizontal transversal 3 sin mover el eje vertical 1 durante la operación de rastreo. De acuerdo con la Realización 2, dado que la potencia de accionamiento de motor para el eje vertical 1 es innecesaria en el modo de control de dos ejes, el consumo de energía puede ser reducido.

20 El resultado de cálculo de la velocidad de accionamiento requerida para cada eje cuando la altitud del satélite es de 400 km se describe a continuación. En la presente memoria, los cálculos se hicieron en base a un ejemplo en el que la velocidad angular del eje horizontal 2 es de 2°/segundo(s), la velocidad angular del eje horizontal transversal 3 es de 1,5°/segundo(s), y el rango acción hable del eje horizontal transversal 3 es $\pm 10^\circ$. También, se supone que cada servocontrolador es de un tipo comúnmente utilizado.

Ejemplo comparativo

25 La Fig. 7A es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de un ángulo de accionamiento de cada eje para el rastreo de satélites en un ejemplo comparativo. La Fig. 7B es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de una velocidad angular de accionamiento de cada eje para el rastreo de satélites en un ejemplo comparativo. El ejemplo comparativo es un resultado de cálculo de un control de accionamiento de tres ejes típico cuando el ángulo de elevación máximo es de aproximadamente 87,5°.

Como se observa en la Fig. 7A, la velocidad de cambio (pendiente) en el ángulo real del eje vertical 1 es grande cerca del cénit (el ángulo real = aproximadamente 90°) y cómo se puede ver en la Fig. 7B, la máxima velocidad angular del eje vertical 1 es de aproximadamente 6°/s.

Ejemplo específico

30 La Fig. 8A es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de un ángulo de accionamiento de cada eje para rastreo de satélites en un ejemplo específico de la Realización 1. La Fig. 8B es un diagrama que ilustra un resultado de cálculo de una velocidad angular de accionamiento de cada eje para rastreo de satélites en un ejemplo específico. El ejemplo específico es un resultado de cálculo cuando el ángulo de elevación máximo es de aproximadamente 80° mientras se está en el modo de control de tres ejes en la Realización 1. En este ejemplo, dado que el modo de control de tres ejes es conectado cuando el ángulo de elevación máximo supera los 80°, la velocidad angular del eje vertical 1 está en el máximo cuando la máxima elevación es de aproximadamente 80° mientras se está en el modo de control de tres ejes .

35 Como se puede ver en la Fig. 8A, cuando el ángulo de elevación máximo es 80° incluso en el modo de control de tres ejes, la velocidad de cambio (pendiente) en el ángulo real del eje vertical 1 es menor en comparación con la Fig. 7A. Como se puede ver en la Fig. 8B, la máxima velocidad angular del eje vertical 1 es aproximadamente 3°/s. Cuando el ángulo de elevación máximo excede 80°, es conectado el modo de control de dos ejes y de este modo aproximadamente 3°/s es la velocidad angular máxima del eje vertical 1. Por lo tanto, de acuerdo con la presente realización, es evidente que la máxima velocidad angular del eje vertical 1 puede ser reducida de manera significativa en comparación con el ejemplo comparativo.

40 La presente invención se puede llevar a la práctica de diversas maneras y puede experimentar diversas modificaciones sin que se salgan del alcance de la invención. Además, la realización descrita anteriormente es para explicar la presente invención, y no limita el alcance de la presente invención. En otras palabras, el alcance de la presente invención se establece en las Reivindicaciones y no en la realización. Diversos cambios y modificaciones que están dentro del alcance descrito en las reivindicaciones están también incluidos dentro del alcance de la presente invención.

Lista de signos de referencia

	1	Eje vertical
	2	Eje horizontal
	3	Eje horizontal trasversal
5	4	Dirección del eje de rayo
	5	Accionador de eje vertical
	6	Accionador de eje horizontal
	7	Accionador de eje horizontal trasversal
	8	Antena de control de tres ejes
10	9	Dispositivo de suministro de potencia
	10	Receptor de rastreo
	11	Servocontrolador de eje vertical
	12	Servocontrolador de eje horizontal
	13	Servocontrolador de eje horizontal trasversal
15	14	Controlador de procesamiento aritmético
	15	Determinador
	16	Procesador aritmético de ángulo de mando del programa
	17	Procesador aritmético que ángulo de mando de eje vertical
	18	Conmutador
20	19	Dispositivo de control del programa
	20	Generador de señal de liberación de freno
	21	Conmutador de modo
	22	Detenedor de movimiento
	23	Base
25		

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de antena de control de tres ejes, que comprende:
 - un eje vertical (1) para rastreo de ángulo de azimut, soportado por una base (23) y que puede girar con relación a la base (23) alrededor de una línea vertical;
- 5 - un eje horizontal (2) para rastreo de ángulo de elevación, unido al eje vertical (1) y que puede girar con relación al eje vertical (1) alrededor de una línea ortogonal al eje vertical (1) en una media rotación;
- un eje horizontal transversal (3) unido al eje horizontal (2) y que puede girar con relación al eje horizontal (2), dentro de un rango de ángulo menor que el ángulo de rotación del eje horizontal (2), alrededor de un eje ortogonal al eje horizontal (2);
- 10 - una antena (8) unida al eje horizontal transversal (3);
- un servocontrolador de eje vertical (11), un servocontrolador de eje horizontal (12), y un servocontrolador de eje horizontal transversal (13) adaptados para accionar y controlar el eje vertical (1), el eje horizontal (2), y el eje horizontal transversal (3), respectivamente; y
- 15 - un controlador de procesamiento aritmético (14) adaptado para generar señales de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical (11), el servocontrolador de eje horizontal (12), y el servocontrolador de eje horizontal transversal (13), y proporcionar las señales de accionamiento para realizar el control de rastreo en tiempo real, de manera que una dirección de rayo de la antena (8) se alinea con una dirección de un objeto objetivo, en donde
- 20 el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar, cuando un ángulo de elevación máximo de la antena (8) en una trayectoria del objeto objetivo es mayor o igual a un ángulo de elevación establecido en un momento individual de rastreo continuo, una señal de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical (11), la señal de accionamiento de un ángulo de azimut constante determinado a partir de la trayectoria del objeto objetivo, y cuando el máximo ángulo de elevación de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es menor que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, el controlador de procesamiento aritmético (14) está datado para generar una señal de accionamiento para el servocontrolador de eje vertical (11), la señal de accionamiento de un ángulo de azimut del objeto objetivo, y caracterizado por que
- 25 el ángulo de azimut determinado a partir de la trayectoria del objeto objetivo es el ángulo de azimut que es paralelo a la trayectoria del objeto objetivo.
- 30 2. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el ángulo de elevación establecido es un ángulo predeterminado dentro de un rango que es mayor que un ángulo obtenido restando el rango de ángulo del eje horizontal transversal (3) del ángulo de elevación en el cénit, y menor que el ángulo de elevación en el cénit.
- 35 3. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objetivo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido en el momento individual o de rastreo continuo, la señal de accionamiento del ángulo de azimut constante continuamente para el servocontrolador de eje vertical (11) mientras el rastreo, el ángulo de azimut determinado a partir de la trayectoria de desplazamiento del objeto objetivo.
- 40 4. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que además comprende:
 - un detenedor de movimiento (22) adaptado para mantener el eje vertical (1) en una posición rotacional destinada, en donde el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, después de que el controlador de procesamiento aritmético (14) mande una señal de accionamiento del ángulo de azimut constante determinado a partir de la trayectoria de desplazamiento del objeto objetivo para el servocontrolador de eje vertical (11), en detenedor de movimiento (22) está adaptado para mantener el eje vertical (1) en la posición destinada.
- 45 5. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende:
 - un receptor de rastreo (10) adaptado para obtener una señal de error de ángulo a partir de una señal recibida por la antena (8), en donde
- 50

el servocontrolador de eje horizontal (12) y el servocontrolador de eje horizontal trasversal (13) están cada uno adaptado para realizar el control de rastreo en base a la correspondiente señal de error de ángulo.

6. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que además comprende:

5 - un controlador de programa (19) adaptado para calcular, a partir de la trayectoria estimada del objeto objetivo, un ángulo de azimut de programa y un ángulo de elevación de programa que orientan la dirección del rayo de la antena (8) en una posición en un tiempo de control de la trayectoria estimada, en donde

10 el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, una señal de accionamiento de un ángulo de azimut constante determinado a partir de trayectoria del objeto objetivo para el servocontrolador de eje vertical (11) y una señal de accionamiento para el control del tiempo real en el ángulo obtenido mediante cálculo utilizando el ángulo de azimut del programa y del ángulo de elevación de programa, y cuando el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es menor que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar la señal de accionamiento del ángulo de azimut de programa para el servocontrolador de eje vertical (11) y para generar las señales de accionamiento que controlan en tiempo real en los ángulos obtenidos mediante cálculo utilizando el ángulo real del eje vertical (1), el ángulo de azimut de programa, el ángulo de elevación de programa para el servocontrolador de eje horizontal (12) y el servocontrolador de eje horizontal trasversal (13).

7. El dispositivo de antena de control de tres ejes de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende:

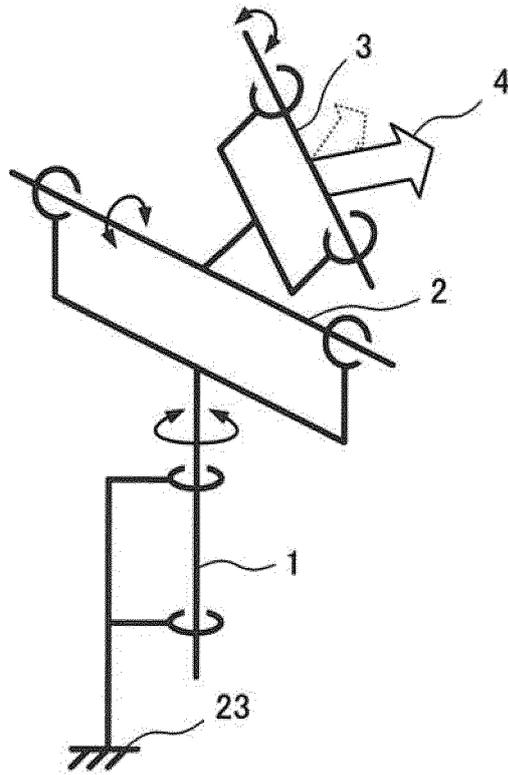
25 - un controlador del programa (19) adaptado para calcular, a partir de una trayectoria estimada del objeto objetivo, un ángulo de azimut de programa y un ángulo de elevación de programa para orientar la dirección del rayo de la antena (8) en una posición en un tiempo de control de la trayectoria estimada; y

- un receptor de rastreo (10) adaptado para obtener una señal de error de ángulo a partir de una señal recibida por la antena (8), en donde

30 el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar, cuando el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es mayor o igual que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, una señal de accionamiento de un ángulo de azimut constante determinado a partir de la trayectoria del objeto objetivo para el servocontrolador de eje vertical (11) y una señal de accionamiento para el control en tiempo real en el ángulo obtenido mediante cálculo utilizando que el ángulo de azimut del programa y el ángulo de elevación de programa, y cuando el ángulo de elevación máximo de la antena (8) en la trayectoria del objeto objetivo es menor que el ángulo de elevación establecido en el momento individual de rastreo continuo, el controlador de procesamiento aritmético (14) está adaptado para generar la señal de accionamiento del ángulo de azimut del programa para el servocontrolador de eje vertical (11) y para realizar el control de rastreo en base a la señal de error de ángulo correspondiente a cada uno del servocontrolador de eje horizontal (12) y el servocontrolador de eje horizontal trasversal (13).

40

FIG. 1



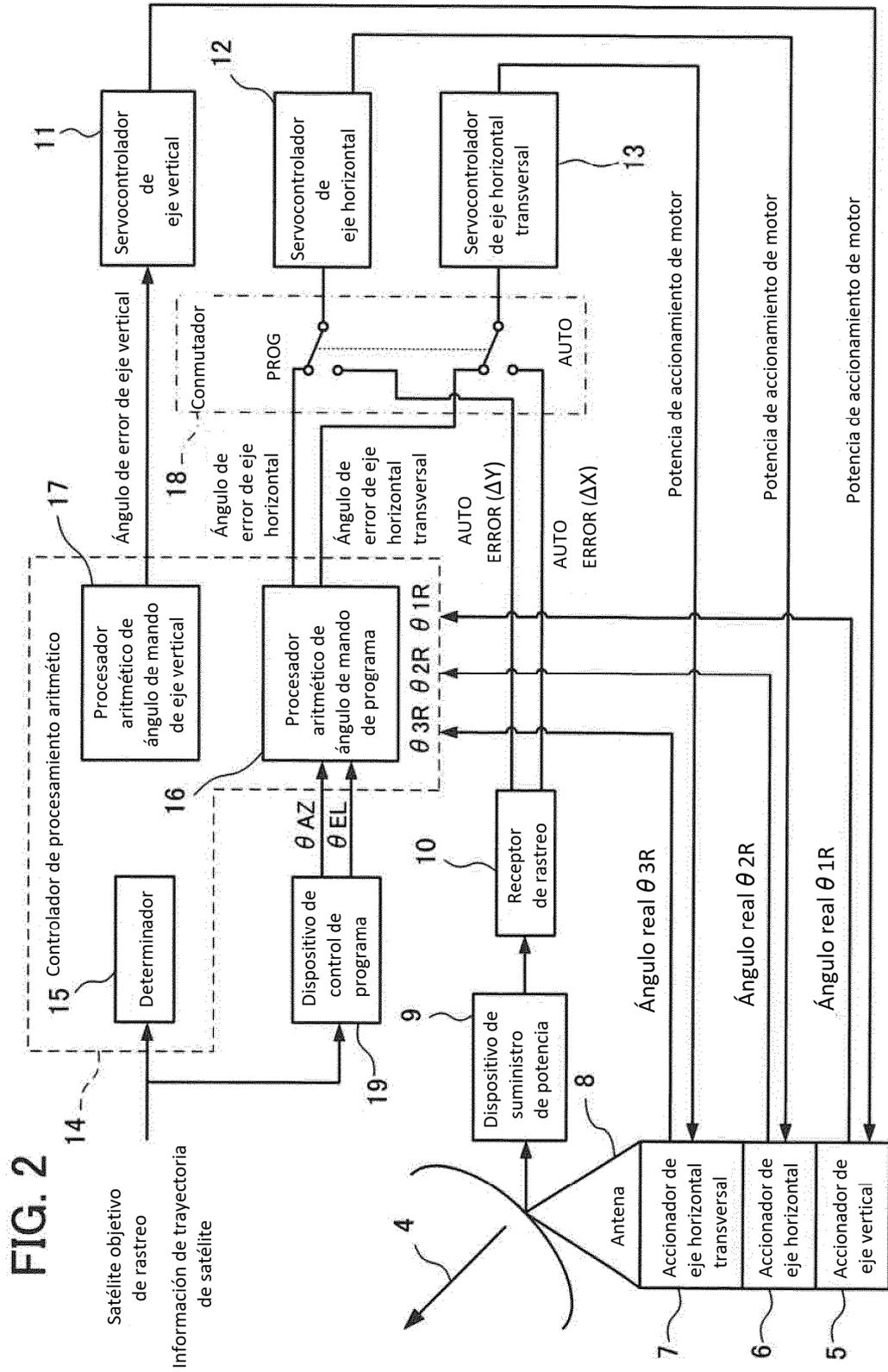


FIG. 3

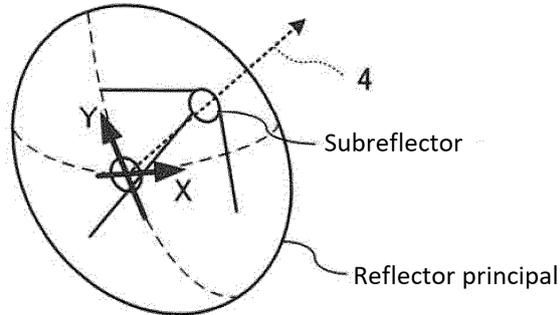


FIG. 4

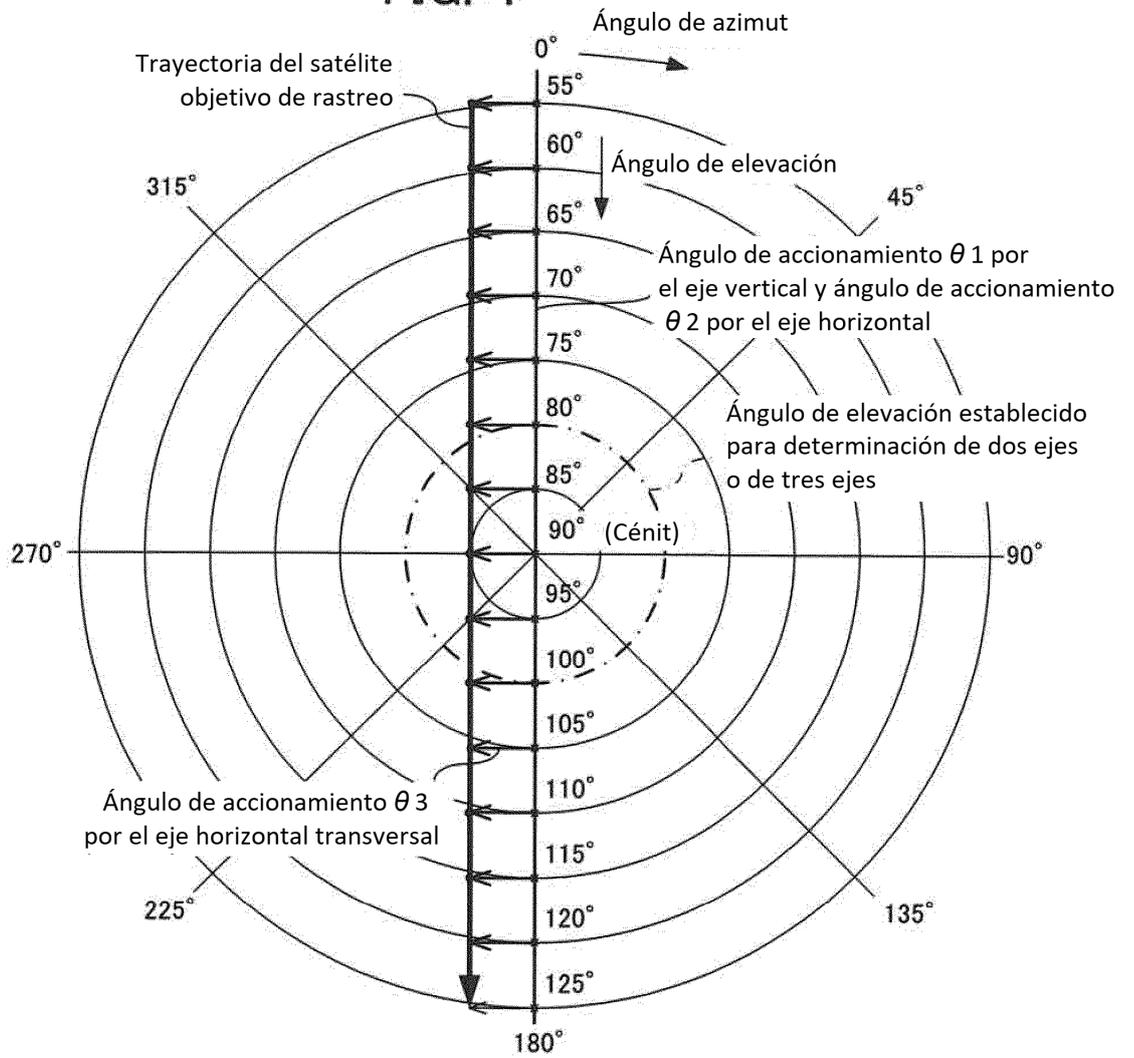


FIG. 5

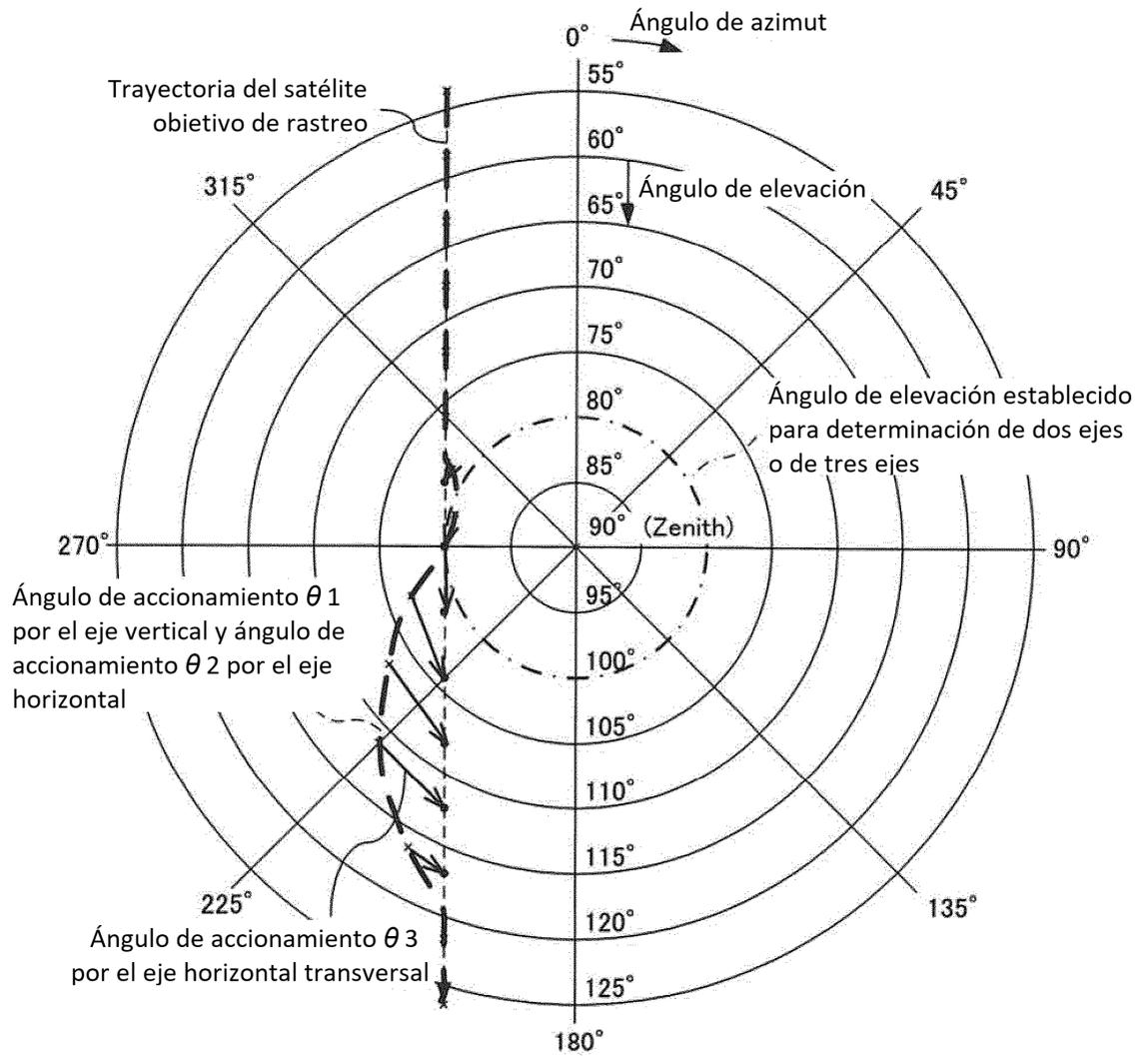


FIG. 7A

Ángulo real de cada eje

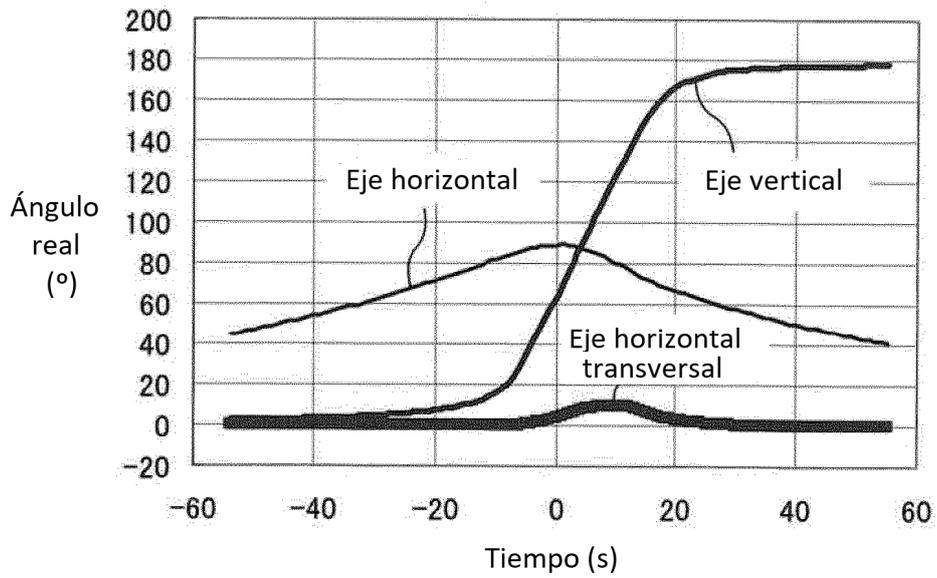


FIG. 7B

Velocidad angular de cada eje

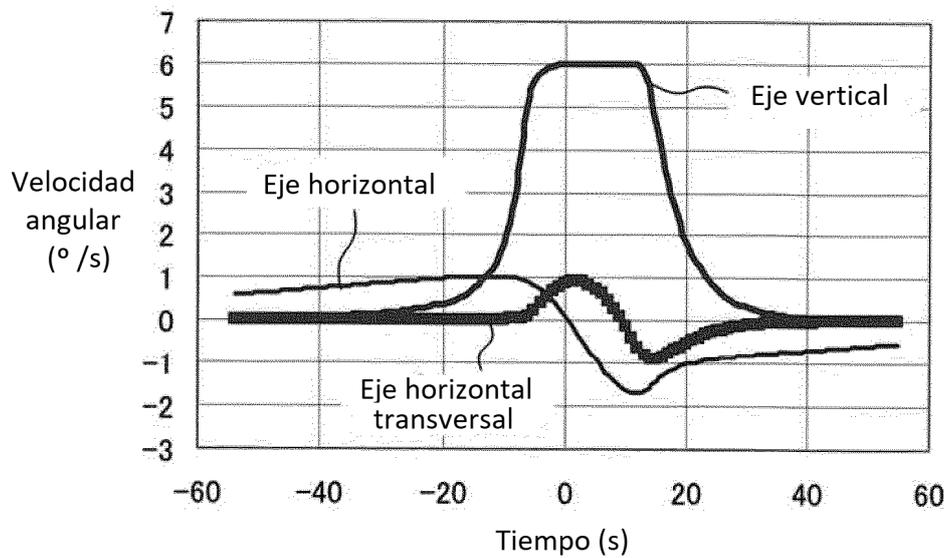


FIG. 8A

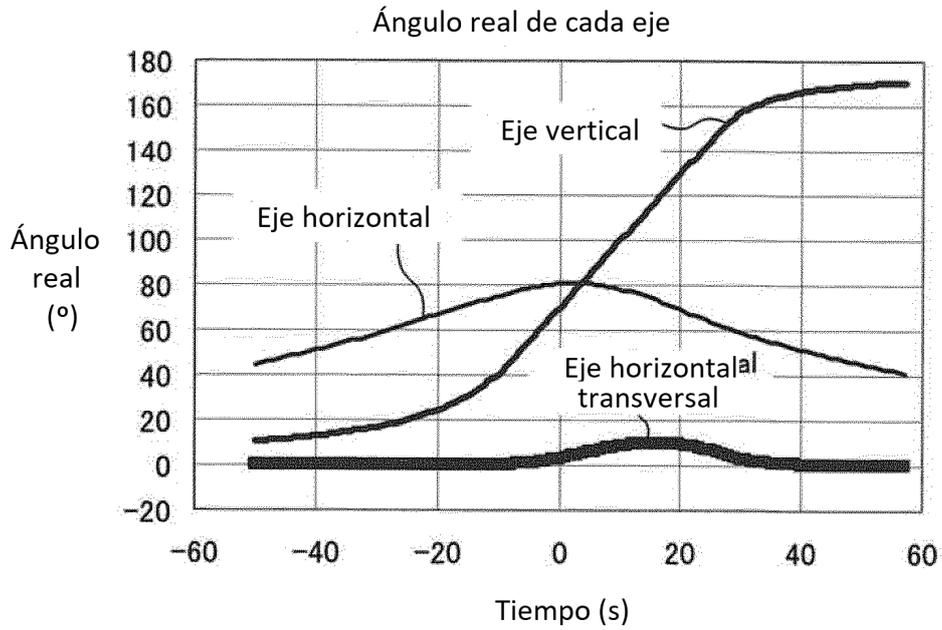


FIG. 8B

