

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 095**

51 Int. Cl.:

H04B 10/50 (2013.01)

H04B 10/079 (2013.01)

H04B 10/54 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2014 PCT/CN2014/074476**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2015 WO15149254**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2014 E 14887795 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3116145**

54 Título: **Método para controlar la profundidad de modulación de una señal de frecuencia piloto, transmisor y aparato de bloqueo de frecuencia piloto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.10.2018

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**WANG, JUAN;
DENG, NING;
LUO, XIAODONG y
FENG, ZHIYONG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 685 095 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para controlar la profundidad de modulación de una señal de frecuencia piloto, transmisor y aparato de bloqueo de frecuencia piloto

CAMPO TÉCNICO

- 5 Realizaciones de la presente invención se refieren al campo de las comunicaciones, y en particular, a un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto, un transmisor, y un aparato de bloqueo de piloto.

ANTECEDENTES

10 La detección del estado de un canal óptico se refiere a la disposición de componentes ópticos en puntos de posición sobre una red de comunicaciones óptica para vigilar y medir el rendimiento de un canal óptico, para obtener un estado de toda la red óptica, y proporcionar una base para gestionar y mantener la red. Un piloto es un medio importante de detectar un estado de un canal óptico. Específicamente, un proceso de detección de un estado de un canal óptico utilizando un piloto es: Una señal piloto es modulada sobre una señal transmitida sobre un canal óptico que ha de ser detectado, de manera que la señal piloto es transmitida sobre la red óptica junto con la señal transmitida, y a continuación se detecta información relacionada acerca de la señal piloto en un punto de detección de estado del canal óptico, para determinar un estado actual del canal óptico. La señal piloto tiene una característica que es consistente con la de la señal transmitida. Por ello, después de que se ha realizado la detección sobre información tal como una frecuencia y una amplitud del piloto, puede averiguarse información del rendimiento actual de la señal transmitida sobre la red de comunicaciones ópticas, es decir, se determina el estado del canal óptico. Una amplitud de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal transmitida en tiempo real, lo que asegura la estabilidad y predictibilidad de una profundidad de modulación de piloto, y es un requisito previo para asegurar la detección efectiva sobre el estado del canal óptico.

15 Actualmente, para asegurar la estabilidad y la predictibilidad de una profundidad de modulación piloto, se averigua la potencia de una señal de flujo de servicio y la potencia de un piloto de un canal de red óptica utilizando un bucle de realimentación, para medir, ajustar y bloquear el piloto en tiempo real. Sin embargo, si se carga una señal piloto, en un controlador digital o en un chip de DSP (Digital Signal Processing, Tratamiento de Señal Digital) de un transmisor, sobre la señal de flujo de servicio de una manera cifrada, y a continuación se modula utilizando un modulador MZ (Mach-Zehnder), el piloto pierde, debido a una característica no lineal del modulador MZ, una relación lineal con una característica piloto que es aplicada inicialmente. Un parámetro tal como una amplitud de la señal piloto no puede ser rápida y efectivamente ajustado utilizando un mecanismo existente. Consecuentemente, un estado del canal óptico no puede ser detectado correctamente.

20 Los documentos EP1439644 y EP1226667 muestran esquemas de control de tendencia.

RESUMEN

La invención está definida en las reivindicaciones.

25 Realizaciones de la presente invención proporcionan un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto, un transmisor, y un aparato de bloqueo piloto, que puede ajustar gráficas y efectivamente una profundidad de modulación piloto, asegurando por ello la exactitud de la detección de un estado de un canal óptico.

30 De acuerdo con un primer ejemplo hay un transmisor, que incluye: un aparato de carga de piloto, configurado para generar una señal piloto eléctrica, y cargar la señal piloto eléctrica sobre una señal de flujo de servicio eléctrica; un modulador óptico, configurado para modular, la señal de flujo de servicios eléctrica sobre la que se ha cargado la señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica; y un aparato de bloqueo de piloto, configurado para determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica y un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta que es del modulador óptico, y controlar el aparato de carga de piloto para ajustar una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a la amplitud inicial objetivo, donde si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica es determinada basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica; o si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica es determinada basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto eléctrica.

35 De acuerdo con un segundo ejemplo, una realización de la presente invención proporcionan un aparato de bloqueo de piloto, que incluye: una primera unidad de determinación, configurada para determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta que es de un modulador óptico, donde el modulador óptico esta configurado

para modular, una señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica; y una segunda unidad de determinación, configurada para: si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación de la señal piloto óptica; o una tercera unidad de determinación, configurada para: si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico de la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

Con referencia al segundo ejemplo, en una primera manera de implementación del segundo ejemplo, la primera unidad de determinación está configurada específicamente para obtener profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y determinar el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico de acuerdo a las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, a las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y a la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

Con referencia al segundo ejemplo y a la manera de implementación anterior del segundo ejemplo, en una segunda manera de implementación del segundo ejemplo, la correspondencia entre la profundidad de la modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

Con referencia al segundo ejemplo y a las maneras de implementación anteriores del segundo ejemplo, en una tercera manera de implementación del segundo ejemplo, la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

Con referencia al segundo ejemplo y a las maneras de implementación anteriores del segundo ejemplo, en una cuarta manera de implementación del segundo ejemplo, el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

De acuerdo con un tercer ejemplo, una realización de la presente invención proporciona un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto, que incluye: determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es de un modulador óptico, donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal de flujo de servicios eléctrica sobre la que una señal piloto eléctrica es cargada, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica; si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica; o si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica; y ajustar la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a la amplitud inicial objetivo.

Con referencia al tercer ejemplo, en una primera manera de implementación del tercer ejemplo, cuando el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico es determinado, el método incluye: obtener profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y determinar el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico de acuerdo a las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, a las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y a la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la

señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

5 Con referencia al tercer ejemplo y a la manera de implementación anterior del tercer ejemplo, en una segunda manera de implementación del tercer ejemplo, la correspondencia entre la profundidad de la modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

10 Con referencia al tercer ejemplo y a las maneras de implementación anteriores del tercer ejemplo, en una tercera manera de implementación del tercer ejemplo, la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

15 Con referencia al tercer ejemplo y a las maneras de implementación anteriores del tercer ejemplo, en una cuarta manera de implementación del tercer ejemplo, después de determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es de un modulador óptico, el método incluye además: si el valor del punto operativo piloto es menor que un valor de un punto operativo piloto objetivo, ajustar el punto operativo piloto al punto operativo piloto objetivo, donde el valor del punto operativo piloto objetivo es mayor o igual que el primer umbral.

20 Con referencia al tercer ejemplo y a las maneras de implementación anteriores del tercer ejemplo, en una quinta manera de implementación del tercer ejemplo, el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

25 Basándose en las soluciones técnicas anteriores, en las realizaciones de la presente invención, un componente dominante, que es, un primer componente de frecuencia armónica o un segundo componente de frecuencia armónica, de una señal piloto en este proceso de modulación es determinado de acuerdo con un punto operativo piloto de un modulador óptico. Posteriormente, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto que se necesita para obtener una profundidad de modulación objetivo es determinada de acuerdo con una relación entre una profundidad de modulación del componente dominante y una amplitud inicial de un piloto, y una amplitud inicial de la señal piloto es ajustada a la amplitud inicial objetivo. De este modo, la profundidad de modulación piloto puede ser ajustada rápida y efectivamente, y a continuación el piloto puede ser bloqueado en una profundidad de modulación esperada, asegurando por ello la exactitud de detección de un estado de un canal óptico.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para describir las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención más claramente, lo que sigue introduce brevemente a los dibujos adjuntos requeridos para describir las realizaciones de la presente invención. Aparentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran simplemente algunas realizaciones de la presente invención y un experto en la técnica puede aún derivar otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin esfuerzos creativos.

35 La fig. 1 es un diagrama de bloques esquemático de un transmisor de acuerdo con una realización de la presente invención;

La fig. 2 es un diagrama esquemático de un punto operativo piloto de acuerdo con una realización de la presente invención;

40 La fig. 3 es un diagrama esquemático de un resultado de emulación de un modulador óptico de acuerdo con una realización de la presente invención;

La fig. 4 es un diagrama esquemático de un resultado de emulación de un modulador óptico de acuerdo con otra realización de la presente invención;

45 La fig. 5 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato de bloqueo piloto de acuerdo con una realización de la presente invención;

La fig. 6 es un diagrama de flujo esquemático de un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La fig. 7 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato de bloqueo piloto de acuerdo con otra realización de la presente invención.

50 DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES

Lo que sigue describe clara y completamente las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención con

referencia a los dibujos adjuntos en las realizaciones de la presente invención. Aparentemente, las realizaciones descritas son algunas pero no todas las realizaciones de la presente invención. Todas las demás realizaciones obtenidas por un experto en la técnica basándose en las realizaciones de la presente invención sin esfuerzos creativos caerán dentro del alcance de protección de la presente invención.

- 5 La fig. 1 es un diagrama de bloques esquemático de un transmisor de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se ha mostrado en la fig. 1, el transmisor 10 incluye un aparato 101 de carga de piloto, un modulador óptico 102, y un aparato 103 de bloqueo de piloto.

El aparato 101 de carga de piloto está configurado para generar una señal piloto eléctrica, y cargar la señal piloto eléctrica en una señal de flujo de servicio eléctrica.

- 10 Por ejemplo, el aparato de carga de piloto genera una señal piloto eléctrica, y a continuación carga la señal piloto eléctrica en una señal del flujo de servicio eléctrica que es introducida. Específicamente, el aparato de carga de piloto puede incluir un aparato de generación de piloto, un procesador de señal digital, y un controlador de datos. En este caso, la señal de flujo de servicio eléctrica es procesada por el procesador de señal digital, y a continuación es introducida en el controlador de datos. Una señal de piloto eléctrica generada por el aparato de generación de piloto es cargada, en un pin
15 del controlador de datos, sobre la señal de flujo de servicio eléctrica, para implementar la carga de la señal piloto eléctrica. El aparato de generación de piloto puede generar señales piloto eléctricas con diferentes amplitudes de acuerdo con las necesidades.

- 20 Debería comprenderse que, la descripción anterior es solamente un ejemplo específico para implementar el aparato de carga piloto, y está destinada a ayudar a un experto en la técnica a comprender mejor esta realización de la presente invención, pero no está destinada a limitar el alcance de esta realización de la presente invención. Por ejemplo, el aparato de carga de piloto puede también incluir solamente un procesador de señal digital y un aparato de generación de piloto, o puede incluir además otro dispositivo, tal como un convertidor de digital a analógico. Todas estas variantes ejemplares deberían caer dentro del alcance de protección de la presente invención.

- 25 El modulador óptico 102 está configurado para modular, la señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada la señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.

- 30 Por ejemplo, el modulador óptico es un modulador MZ u otro modulador óptico que tiene una característica de transferencia no lineal, y está configurado para realizar modulación óptica sobre una señal que es introducida, y a continuación puede obtenerse una forma de una señal que es adecuada para ser transmitida sobre un canal óptico. En este documento, el modulador óptico modula, la señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada la señal piloto eléctrica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.

- El aparato 103 de bloqueo de piloto está configurado para determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica y un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es del modulador óptico, y controlar el aparato de carga de piloto para ajustar una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a la amplitud inicial objetivo, donde

- 35 si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica es determinada basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica; o si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, la amplitud inicial objetivo de
40 la señal piloto eléctrica es determinada basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

- 45 Debería comprenderse que, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico es para un objeto modulado como un todo. La fig. 2 es un diagrama esquemático de un punto operativo piloto de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se ha mostrado en la fig. 2, una señal piloto eléctrica 202 cuya amplitud iniciales V_{PP} y una señal 201 de flujo de servicio eléctrica que es emitida por un procesador de señal digital son conformadas y amplificadas en un controlador de datos 203, y combinadas en una señal eléctrica 204 total. Después de que la señal eléctrica 204 es modulada por un modulador óptico sobre una señal óptica, se obtiene
50 una señal 208 de flujo de servicio óptica.

En este caso, la señal eléctrica 204 es un objeto modulado. Un punto que está sobre una curva de respuesta 205 del modulador óptico y al que corresponde una amplitud de la señal eléctrica 204 es un punto operativo piloto 207 que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico. Un punto 206 sobre la curva de respuesta 205 es un punto de tendencia actual del modulador óptico.

- 55 Debería comprenderse que, el valor del punto operativo piloto se refiere a una relación de una intensidad del campo ligera correspondiente al punto operativo piloto a una intensidad del campo ligera correspondiente a un vértice de la

curva de respuesta.

5 Debería comprenderse que, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. La profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica, y la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica. La amplitud de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real. Por ello, cuando un piloto es bloqueado a una profundidad de modulación esperada, la amplitud de la señal piloto puede corresponder a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real, y a continuación puede averiguarse un estado de un canal óptico detectando la señal piloto.

10 El primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

15 Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa no lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

20 Basándose en la solución técnica anterior, en esta realización de la presente invención, un componente dominante, es decir, un primer componente de frecuencia armónica o un segundo componente de frecuencia armónica, de una señal piloto en este proceso de modulación es determinado de acuerdo con un punto operativo piloto de un modulador óptico. Posteriormente, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener una profundidad de modulación objetivo es determinada de acuerdo con una relación entre una profundidad de modulación del componente dominante y una amplitud inicial de un piloto, y una amplitud inicial de la señal piloto es ajustada a la amplitud inicial objetivo. De este modo, en la profundidad de modulación piloto puede ser ajustada rápida y efectivamente, y a continuación el piloto puede ser bloqueado a una profundidad de modulación esperada, asegurando por ello la exactitud de detección de un estado de un canal óptico.

25 Además, debido a una característica no lineal del modulador óptico, después de una transferencia no lineal por el modulador óptico, una relación entre la potencia de una señal piloto y una amplitud de la señal piloto es inestable e impredecible, es decir, el piloto está desbloqueado. Consecuentemente, el estado del canal óptico no puede ser averiguado detectando la señal piloto. De acuerdo con el método en esta realización de la presente invención, el piloto puede ser bloqueado rápida y efectivamente a la profundidad de modulación esperada, y a continuación puede asegurarse la exactitud de detección del estado del canal óptico.

30 Opcionalmente, en una realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

35 Por ejemplo, se ha proporcionado una descripción utilizando un ejemplo en el que un modulador óptico es un modulador MZ de un tipo de código QPSK. Cuando una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, pueden realizarse las siguientes operaciones.

40 Después de que una señal piloto $R(t) = \xi \cos(2\pi f_s t)$ es cargada a una señal de flujo de servicio $D_{in}(t)$, un controlador de datos emite una señal eléctrica $D_{out}(t)$ como se ha mostrado en la fórmula (1):

$$D_{out}(t) = D_{in}(t) \left[1 + \xi \cos(2\pi f_s t) \right] \quad (1)$$

45 donde ξ es una amplitud de la señal piloto $R(t)$, f_s es una frecuencia de la señal piloto y t es una variable de tiempo.

La señal eléctrica $D_{out}(t)$ es modulada por el modulador MZ. La función de transferencia del modulador MZ del tipo de código de la QPSK (Quadrature Phase Shift Keying, Clave de Desfase en Cuadratura) está mostrada en una fórmula (2):

$$P_{out}(t) = \frac{P_{in}(t)}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{2V_{\pi}} V_{RF_in}(t)\right) \right] \quad (2)$$

donde $V_{RF_in}(t) = \eta V_{\pi} D_{out}(t)$, η es un punto operativo piloto del modulador MZ, $P_{in}(t)$ es la potencia de la señal que es introducida en el modulador MZ, y $P_{out}(t)$ es la potencia de señal que es emitida por el modulador MZ, y V_{π} es una tensión de semionda.

- 5 Una expresión de potencia óptica de una señal, que es emitida por el modulador MZ, del tipo de código QPSK puede ser determinada de acuerdo con la fórmula (2), como se ha mostrado en una fórmula (3):

$$P_{QPSK_out}(t) = \frac{P_{in}(t)}{2} \left\{ 1 - \cos\left[\pi \eta (1 + \xi \cos(2\pi f_s t)) D_{out}(t)\right] \right\} \quad (3)$$

0 donde f_s es la frecuencia piloto.

- 10 El aparato de bloqueo de piloto detecta una señal óptica que es emitida por el modulador MZ, y puede obtener información tal como una amplitud y potencia de la señal piloto después de que la señal piloto es modulada por el modulador MZ, y a continuación determinar consecuentemente una profundidad de modulación de la señal piloto. Específicamente, cuando detecta la señal óptica, el aparato de bloqueo de piloto realiza en primer lugar una conversión de óptica a eléctrica y una conversión de analógica a digital sobre la señal óptica, a continuación divide la señal en dos trayectos señales utilizando conversión de tiempo-frecuencia, donde un trayecto de señal obtiene un componente de corriente continua P_{CC} , y el otro proyecto de señal obtiene una amplitud P_{1f} del primer componente de frecuencia armónica y una amplitud P_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica, y consecuentemente determina por separado la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica y una profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto.

- 20 Además, la información de amplitud y potencia de una señal piloto que es emitida en un estado ideal por el modulador MZ puede ser determinada de acuerdo con la fórmula (3). Específicamente, después de haber realizado la expansión de Bessel sobre artículos de coseno en la fórmula (3), pueden obtenerse funciones de Bessel de orden 0, de orden 1, y de orden 2, y corresponder respectivamente a un componente $P_{CC}(t)$ de corriente continua, una amplitud $P_{1f}(t)$ del primer componente de frecuencia armónica, y una amplitud $P_{2f}(t)$ del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto en un extremo de detección, que están respectivamente mostradas en las fórmulas (4), (5), y (6):

25

$$P_{CC}(t) = (P_{in}(t)/2) \left[1 - J_0(\eta \xi \pi) \cos(\eta \pi) \right] \quad (4)$$

$$P_{1f}(t) = J_1(\eta \xi \pi) \sin(\eta \pi) P_{in}(t) \cos(2\pi f_s t) \quad (5)$$

$$P_{2f}(t) = J_2(\eta \xi \pi) \cos(\eta \pi) P_{in}(t) \cos(4\pi f_s t) \quad (6)$$

donde J_0 es la función de Bessel de orden 0, J_1 es la función de Bessel de orden 1 y J_2 es la función de Bessel de orden 2.

- 30 Como se ha descrito anteriormente, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. El componente de corriente continua de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal piloto. Por ello, una profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto puede ser determinada de acuerdo con las fórmulas (4), (5), y (6), como se ha mostrado en una fórmula (7):

$$m_{1f} = P_{1f}(t) / P_{CC}(t) = 2J_1(\eta \xi \pi) \sin(\eta \pi) / \left[1 - J_0(\eta \xi \pi) \cos(\eta \pi) \right] \quad (7)$$

Como otro ejemplo, la fig. 3 es un diagrama esquemático de un resultado de emulación de un modulador óptico de

acuerdo con una realización de la presente invención. En el resultado de emulación mostrado en la fig. 3, una coordenada vertical indica una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica, una coordenada horizontal indica una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica, y cuatro líneas rectas cuyas pendientes son respectivamente diferentes corresponden a cuatro puntos operativos diferentes. En este documento, una profundidad de modulación de la señal piloto eléctrica es igual a una relación de la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a una potencia constante de la señal piloto eléctrica. Por ello, una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica puede ser determinada de acuerdo con el resultado de la emulación mostrado en la fig. 3, y la relación es una relación lineal. Debería comprenderse que, existe una diferencia individual entre moduladores ópticos diferentes, y las pendientes de líneas rectas correspondientes a puntos operativos diferentes pueden ser diferentes. El resultado de la emulación mostrado en la fig. 3 es solo un ejemplo, y el alcance de protección de esta realización de la presente invención no está limitado a ello.

Opcionalmente, en otra realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

Por ejemplo, de manera similar, se ha proporcionado una descripción utilizando un ejemplo en el que un modulador óptico es un modulador MZ de un tipo de código QPSK. Cuando se determina una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, se hace referencia a las operaciones anteriores. Específicamente, una profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica está mostrada en una fórmula (8):

$$m_{2f} = P_{2f}(t) / P_{cc}(t) = 2J_2(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi) / [1 - J_0(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi)] \quad (8)$$

Como otro ejemplo, la fig. 4 es un diagrama esquemático de un resultado de emulación de un modulador óptico de acuerdo con otra realización de la presente invención. En el resultado de la emulación mostrado en la fig. 4, una coordenada vertical indica una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica, una coordenada horizontal indica una profundidad de modulación de una señal piloto eléctrica, y cuatro curvas diferentes corresponden respectivamente a cuatro puntos operativos diferentes. Así, una profundidad de modulación de la señal piloto eléctrica es igual a una relación de la amplitud inicial de una señal piloto eléctrica a una potencia constante de la señal piloto eléctrica. Por ello, una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica pueden ser determinadas de acuerdo con un resultado de la emulación mostrado en la fig. 4, y la relación es una relación no lineal. Debería comprenderse que, existe una diferencia individual entre moduladores ópticos diferentes. El resultado de la emulación mostrado en la fig. 4 es solo un ejemplo, y el alcance de protección de esta realización de la presente invención no está limitado a ella.

Opcionalmente, en una realización, el aparato 103 de bloqueo de piloto está específicamente configurado para obtener profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1.

A continuación, un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es del modulador óptico es determinado de acuerdo a las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

Por ejemplo, una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica es una relación lineal, y las correspondencias entre profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de diferentes puntos operativos piloto y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica son relaciones lineales que corresponden a pendientes diferentes.

Cuando un valor de N es 2, las amplitudes iniciales de dos señales piloto eléctricas son aplicadas de manera separada, para obtener profundidades de modulación (que puede ser consideradas como dos puntos) de dos primeros componentes de frecuencia armónica, y una pendiente de una línea recta formada por los dos puntos es comparada con las pendientes anteriores para los diferentes puntos operativos. Un punto operativo piloto correspondiente a la misma pendiente o a una pendiente similar es el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico. Alternativamente, como se ha mostrado en la fig. 3, las amplitudes iniciales aplicadas de las dos

señales piloto eléctricas son divididas por una potencia constante, para obtener profundidades de modulación de las dos señales piloto eléctricas. Las profundidades de modulación de las dos señales piloto eléctricas y las profundidades de modulación de los dos primeros componentes de frecuencia armónica correspondientes forman dos puntos, se determina una pendiente de una línea recta formada por los dos puntos, a continuación el valor de la pendiente obtenido es comparado por separado con los valores de la pendiente de las líneas rectas correspondientes a los diferentes puntos operativos en la fig. 3, y a continuación se determina un punto operativo piloto actual.

Cuando el valor de N es mayor de 2, pueden determinarse las pendientes entre los N puntos, y uno de los valores o un valor medio de los valores de la pendiente es comparado con las pendientes anteriores para los diferentes puntos operativos. Un punto operativo piloto correspondiente a la misma pendiente o a una pendiente similar es el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico.

Por ejemplo, un aparato de generación de piloto aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_1 a un controlador de datos, y un aparato de bloqueo de piloto detecta una señal óptica para obtener una profundidad de modulación m_{1f}^1 de un primer componente de frecuencia armónica. A continuación, el aparato de generación de piloto aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_2 al controlador de datos, y el aparato de bloqueo de piloto detecta la señal óptica para obtener una profundidad de modulación m_{1f}^2 del primer componente de frecuencia armónica. A continuación, $k = (m_{1f}^1 - m_{1f}^2) / (\xi_1 - \xi_2)$ es comparada con la relación (una pendiente k_0 correspondiente) que es obtenida en lo anterior y que está entre profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica para diferentes puntos operativos piloto y la señal piloto eléctrica, de manera que el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador MZ pueda ser determinado.

Después de que un punto η operativo piloto del modulador MZ es averiguado, puede determinarse una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto de acuerdo con la fórmula (7). De manera similar, puede determinarse una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto de acuerdo con la fórmula (8).

Puede verse que, la profundidad de modulación (m_{1f} o m_{2f}) de la señal piloto es determinada conjuntamente por la amplitud inicial ξ de la señal piloto y el punto η operativo piloto del modulador MZ. Como se ha mostrado en la fórmula (7), cuando el punto operativo piloto del modulador MZ es el 100%, un valor de una función de seno en la profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica es 0, es decir, no hay primer componente de frecuencia armónica. Como se ha mostrado en la fórmula (8), cuando el punto operativo piloto del modulador MZ es del 50%, un valor de una función coseno en la profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica es 0, es decir, no hay segundo componente de frecuencia armónica.

Puede verse a partir de esto que, la anterior correspondencia puede ser descrita brevemente como: cuando el punto operativo piloto del modulador MZ está en un área lineal de la curva de respuesta del modulador MZ, el primer componente de frecuencia armónica es dominante; o cuando el punto operativo piloto del modulador MZ está en un área de un punto de inflexión (área no lineal) de la curva de respuesta del modulador MZ, el segundo componente de frecuencia armónica es dominante. Aquí, del 50% al 90% puede ser definido como el área lineal en el que se utiliza el primer componente de frecuencia armónica dominante, y del 90% al 100% es definido como el área del punto de inflexión (área no lineal) en el que se utiliza el segundo componente de frecuencia armónica dominante. Aquí, el primer umbral es el 90%.

Para otro ejemplo, cuando el primer umbral es el 80%, consiguientemente del 50% al 80% es el área lineal, y del 80% al 100% es el área del punto de inflexión (área no lineal). Debería comprenderse que, para un modulador óptico diferente, el área lineal y el área no lineal son definidas de manera diferente, y un valor del primer umbral correspondiente es también diferente, la totalidad de lo cual debería caer dentro del alcance de protección de esta realización de la presente invención.

Alternativamente, el modulador MZ puede ser puesto a prueba o emulado. En un caso en el que el punto operativo piloto es fijo, se determina una dependencia entre la profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial ξ del piloto, y una dependencia entre la profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial ξ de la señal piloto.

La profundidad de modulación m_{1f} de la primera frecuencia armónica varía linealmente con la amplitud inicial ξ , y por ello cuando se determina el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador MZ, amplitudes iniciales ξ diferentes pueden ser aplicadas por separado, para obtener profundidades de modulación m_{1f} de primeros componentes de frecuencia armónica correspondientes. A continuación, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador MZ es determinado consecuentemente. Específicamente, la señal óptica puede ser detectada de acuerdo con el método descrito anteriormente, y a continuación se determinan las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de acuerdo con un resultado de la detección. Para evitar repeticiones, no se han descrito de nuevo a continuación los detalles.

A continuación, el punto operativo piloto del modulador MZ es comparado con el primer umbral, es decir, se determina si

- el punto operativo piloto cae dentro del área lineal o del área no lineal, y a continuación se determina el componente dominante del punto operativo piloto. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral (el punto operativo piloto cae dentro del área lineal), el primer componente de frecuencia armónica es dominante, y un papel del segundo componente de frecuencia armónica es relativamente pequeño, y puede ser omitido. Se determina una amplitud inicial correspondiente basándose en la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial de la señal piloto, y una profundidad de modulación objetivo esperada (por ejemplo, 0,001% a 20%). En otras palabras, la profundidad de modulación objetivo es sustituida en la correspondencia, para determinar la amplitud inicial correspondiente.
- Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral (el punto operativo piloto cae dentro del área no lineal), el segundo componente de frecuencia armónica es dominante, y un papel del primer componente de frecuencia armónica es relativamente pequeño, y puede ser omitido. Una amplitud inicial correspondiente es determinada basándose en la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial de la señal piloto, y una profundidad de modulación objetivo esperada (por ejemplo, 0,001% a 20%).
- Finalmente, el aparato de carga de la señal piloto puede generar una señal piloto apropiada de acuerdo con un resultado (por ejemplo, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto) que es emitida por el aparato de bloqueo piloto, y finalmente bloquea la profundidad de modulación de la señal piloto a la profundidad de modulación esperada (por ejemplo, 2%).
- Opcionalmente, en otra realización, el aparato de bloqueo de piloto está configurado además para: si el valor del punto operativo piloto es menor que un valor de un punto operativo piloto objetivo, ajustar el punto operativo piloto al punto operativo piloto objetivo, donde el valor del punto operativo piloto objetivo es mayor o igual al primer umbral.
- Por ejemplo, después de que se haya determinado el punto operativo piloto actual del modulador MZ, si el punto operativo piloto no es ideal, el punto operativo piloto puede ser ajustado al punto operativo piloto objetivo. Por ejemplo, cuando el modulador MZ realiza una modulación QPSK, un punto de tendencia es un punto cero, la modulación a escala completa hace máxima la apertura del ojo, y en este caso, el punto operativo piloto objetivo se requiere que sea mayor del 90%. Específicamente, una ganancia de una señal eléctrica que es emitida por el controlador de datos puede ser cambiada, para ajustar el punto operativo piloto del modulador MZ.
- Específicamente, la ganancia de la señal eléctrica que es emitida por la unidad de datos puede ser cambiada, para ajustar el punto operativo piloto del modulador MZ. Específicamente, una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_1 puede ser aplicada, para obtener consecuentemente una profundidad de modulación m^1_{if} del primer componente de frecuencia armónica. A continuación, se aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_2 , para obtener consecuentemente una profundidad de modulación m^2_{if} del primer componente de frecuencia armónica. A continuación, $k = (m^1_{if} - m^2_{if}) / (\xi_1 - \xi_2)$ es comparada con una relación (una pendiente k_0 correspondiente) entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica para el punto operativo piloto y la señal piloto. Si $k > k_0$, el controlador de datos en controlado para aumentar la ganancia de la señal eléctrica, y k es determinada de nuevo basándose en esto hasta que $k \leq k_0$.
- Opcionalmente, en otra realización, el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%.
- Opcionalmente, en otra realización, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%.
- Opcionalmente, en otra realización, el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.
- La fig. 5 es un diagrama de bloques esquemáticos de un aparato de bloqueo de piloto de acuerdo con una realización de la presente invención. Por ejemplo, el aparato 50 de bloqueo de piloto incluye una primera unidad de determinación 501, una segunda unidad de determinación 502, y una tercera unidad de determinación 503.
- La primera unidad de determinación 501 está configurada para determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es de un modulador óptico, donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.
- Por ejemplo, el modulador óptico es un modulador MZ u otro modulador óptico que tiene una característica de transferencia no lineal, y está configurado para realizar modulaciones ópticas sobre una señal que es introducida, y a continuación puede ser obtenida una forma de una señal que es adecuada para ser transmitida sobre un canal óptico. Aquí, el modulador óptico modula, la señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada la señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.
- La segunda unidad de configuración 502 está configurada para: si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

5 Por ejemplo, el primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

10 La tercera unidad de determinación 503 está configurada para: si un valor del punto operativo pilotos es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

15 Por ejemplo, el primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo en mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área no lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

20 Basándose en la solución técnica anterior, en esta realización de la presente invención, un componente dominante, es decir, un primer componente de frecuencia armónica o un segundo componente de frecuencia armónica, de una señal piloto en este proceso de modulación es determinado de acuerdo con un punto operativo piloto de un modulador óptico. Posteriormente, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener una profundidad de modulación objetivo es determinada de acuerdo con una relación entre una profundidad de modulación del componente dominante y una amplitud inicial de un piloto, y por ello puede ser ajustada una amplitud inicial de la señal piloto a la amplitud inicial objetivo. De esta manera, la profundidad de modulación de piloto puede ser ajustada rápida y efectivamente, y a continuación el piloto puede ser bloqueado a una profundidad de modulación esperada, asegurando así la exactitud de detección de un estado de un canal óptico.

30 Además, debido a una característica no lineal del modulador óptico, después de una transferencia no lineal por el modulador óptico, una relación entre la potencia de una señal piloto y una amplitud de la señal piloto es inestable e impredecible, es decir, el piloto está desbloqueado. Consecuentemente, el estado del canal óptico no puede ser averiguado detectando la señal piloto. De acuerdo con el método en esta realización de la presente invención, el piloto debe ser rápida y efectivamente bloqueado a la profundidad de modulación esperada, y entonces la exactitud de detección del estado del canal óptico puede ser asegurada.

35 Debería comprenderse que, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico para un objeto modulado como un todo. Debería también comprenderse que, el valor del punto operativo piloto se refiere a una relación de una intensidad del campo ligera correspondiente al punto operativo piloto a una intensidad de campo ligera correspondiente a un vértice de la curva de respuesta.

40 Debería comprenderse también que, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. La profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica, y la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica. La amplitud de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real. Así, cuando un piloto es bloqueado a una profundidad de modulación esperada, la amplitud de la señal piloto puede corresponder a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real, y a continuación puede averiguarse un estado de un canal óptico detectando la señal piloto.

50 El primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Así, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

55 Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa no lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una

correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

5 Opcionalmente, en una realización, la primera unidad de determinación 501 está configurada específicamente para obtener profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y determinar el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico de acuerdo con las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, a 10 las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y a la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

15 Opcionalmente, en otra realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

20 Opcionalmente, en otra realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

Opcionalmente, en otra realización, el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

25 La fig. 6 es un diagrama de flujo esquemático de un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto de acuerdo con una realización de la presente invención. El método 600 en la fig. 6 puede ser realizado por un transmisor, por ejemplo, un transmisor 10 mostrado en la fig. 1.

601: Determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es de un modulador óptico, donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.

30 Por ejemplo, el modulador óptico es un modulador MZ u otro modulador óptico que tiene una característica de transferencia no lineal, y está configurado para realizar modulación óptica sobre una señal que es introducida, y a continuación puede ser obtenida una forma de una señal que es adecuada para ser transmitida sobre un canal óptico. Aquí, el modulador óptico modula, la señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada la señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica.

35 602: Si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

40 Por ejemplo, el primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la 45 señal piloto.

50 603: Si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto de eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

55 Por ejemplo, el primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con las características de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo es mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una

correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

604: Ajustar la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a la amplitud inicial objetivo.

5 Basándose en la solución técnica anterior, en esta realización de la presente invención, un componente dominante, es decir, un primer componente de frecuencia armónica o un segundo componente de frecuencia armónica, de una señal piloto en este proceso de modulación es determinado de acuerdo con un punto operativo piloto de un modulador óptico. Posteriormente, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener una profundidad de modulación objetivo es determinada de acuerdo con una relación entre una profundidad de modulación del componente dominante y una amplitud inicial de un piloto, y una amplitud inicial de la señal piloto es ajustada a la amplitud inicial objetivo. De esta manera, la profundidad de modulación piloto puede ser ajustada rápida y efectivamente, y a continuación el piloto puede ser bloqueado a una profundidad de modulación esperada, asegurando por ello la exactitud de detección de un estado de un canal óptico.

15 Además, debido a una característica no lineal del modulador óptico, después de una transferencia no lineal por el modulador óptico, una relación entre la potencia de una señal piloto y una amplitud de la señal piloto es inestable e impredecible, es decir, el piloto está desbloqueado. Consecuentemente, el estado del canal óptico no puede ser averiguado detectando la señal piloto. De acuerdo con el método en esta realización de la presente invención, el piloto debe ser rápida y efectivamente bloqueado a la profundidad de modulación esperada, y entonces la exactitud de detección del estado del canal óptico puede ser asegurada.

20 Debería comprenderse que, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico para un objeto modulado como un todo. Debería también comprenderse que, el valor del punto operativo piloto se refiere a una relación de una intensidad de campo ligera correspondiente al punto operativo piloto a una intensidad de campo ligera correspondiente a un vértice de la curva de respuesta.

25 Debería comprenderse que, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. La profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica, y la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica. La amplitud de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real. Por ello, cuando un piloto es bloqueado a una profundidad de modulación esperada, la amplitud de la señal piloto puede corresponder a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real, y a continuación puede averiguarse un estado de un canal óptico detectando la señal piloto.

30 El primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en el proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

35 Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa no lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

40 Opcionalmente, en una realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

45 Por ejemplo, se ha proporcionado una descripción utilizando un ejemplo en el que un modulador óptico es un modulador MZ de un tipo de código QPSK. Cuando una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, pueden realizarse las siguientes operaciones.

50 Después de que una señal piloto $R(t) = \xi \cos(2\pi f_s t)$ es cargada sobre una señal de flujo de servicio $D_{in}(t)$, un controlador de datos emite una señal eléctrica $D_{out}(t)$ como se ha mostrado en la fórmula (9):

$$D_{out}(t) = D_{in}(t) [1 + \xi \cos(2\pi f_s t)] \quad (9)$$

donde ξ es una amplitud de la señal piloto $R(t)$, f_s es una frecuencia de la señal piloto y t es una variable de tiempo.

La señal eléctrica $D_{out}(t)$ es modulada por el modulador MZ. La función de transferencia del modulador MZ mayor del tipo de código de QPSK (Quadrature Phase Shift Keying, Clave de Desfase en Cuadratura) está mostrada en una fórmula (10):

$$P_{out}(t) = \frac{P_{in}(t)}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{2V_\pi} V_{RF_in}(t)\right) \right] \quad (10)$$

donde $V_{RF_in}(t) = \eta V_\pi D_{out}(t)$, η es un punto operativo piloto del modulador MZ, $P_{in}(t)$ es la potencia de la señal que es introducida en el modulador MZ, y $P_{out}(t)$ es la potencia de señal que es emitida por el modulador MZ, y V_π es una tensión de semionda.

Una expresión de potencia óptica de una señal, que es emitida por el modulador MZ, del tipo de código QPSK puede ser determinada de acuerdo con la fórmula (10), como se ha mostrado en una fórmula (11):

$$P_{QPSK_out}(t) = \frac{P_{in}(t)}{2} \left\{ 1 - \cos\left[\pi \eta (1 + \xi \cos(2\pi f_s t)) D_{out}(t)\right] \right\} \quad (11)$$

donde f_s es la frecuencia piloto.

El aparato de bloqueo de piloto detecta una señal óptica que es emitida por el modulador MZ, y puede obtener información tal como una amplitud y potencia de la señal piloto después de que la señal piloto es modulada por el modulador MZ, y a continuación determinar consecuentemente una profundidad de modulación de la señal piloto. Específicamente, cuando se detecta la señal óptica, el aparato de bloqueo de piloto realiza en primer lugar una conversión de óptica a eléctrica y una conversión de analógica a digital sobre la señal óptica, a continuación divide la señal en dos trayectos de señales utilizando conversión de tiempo-frecuencia, donde un trayecto de señal obtiene un componente de corriente continua P_{cc} , y el otro trayecto de señal obtiene una amplitud P_{1f} del primer componente de frecuencia armónica y una amplitud P_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica, y consecuentemente determina por separado la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica y una profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto.

Además, la información de amplitud y potencia de una señal piloto que es emitida en un estado ideal por el modulador MZ puede ser determinada de acuerdo con la fórmula (11). Específicamente, después de que se realice la expansión de Bessel sobre elementos de coseno en la fórmula (11), pueden obtenerse funciones de Bessel de orden 0, de orden 1, y de orden 2, y corresponden respectivamente a un componente $P_{cc}(t)$ de corriente continua, a una amplitud $P_{1f}(t)$ del primer componente de frecuencia armónica, y a una amplitud $P_{2f}(t)$ del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto en un extremo de detección, que están respectivamente mostrados en las fórmulas (12), (13), y (14):

$$P_{cc}(t) = (P_{in}(t)/2) [1 - J_0(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi)] \quad (12)$$

$$P_{1f}(t) = J_1(\eta\xi\pi) \sin(\eta\pi) P_{in}(t) \cos(2\pi f_s t) \quad (13)$$

$$P_{2f}(t) = J_2(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi) P_{in}(t) \cos(4\pi f_s t) \quad (14)$$

donde J_0 es la función de Bessel de orden 0, J_1 es la función de Bessel de orden 1 y J_2 es la función de Bessel de orden 2.

Como se ha descrito anteriormente, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. El componente de corriente continua de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal piloto. Por ello, una profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto puede ser determinada de acuerdo con las fórmulas (12), (13), y (14), como se ha mostrado en una fórmula (15):

$$m_{1f} = P_{1f}(t)/P_{cc}(t) = 2J_1(\eta\xi\pi) \sin(\eta\pi) / [1 - J_0(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi)] \quad (15)$$

Opcionalmente, en otra realización, la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

De manera similar, se ha proporcionado una descripción utilizando un ejemplo en el que un modulador óptico es un modulador MZ de un tipo de código QPSK. Cuando se determina una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, se hace referencia a las operaciones anteriores. Específicamente, una profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica esta mostrada en una fórmula (16):

$$m_{2f} = P_{2f}(t)/P_{cc}(t) = 2J_2(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi) / [1 - J_0(\eta\xi\pi) \cos(\eta\pi)] \quad (16)$$

Opcionalmente, en una realización, cuando el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico es determinado, pueden obtenerse profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1.

A continuación, el punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es del modulador óptico es determinado de acuerdo a las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, a las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y a la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

Por ejemplo, una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica y una amplitud inicial de una señal piloto eléctrica es una relación lineal, y las correspondencias entre profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de diferentes puntos operativos piloto y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica son relaciones lineales que corresponden a pendientes diferentes.

Cuando un valor de N es 2, las amplitudes iniciales de dos señales piloto eléctricas son aplicadas de manera separada, para obtener profundidades de modulación (que puede ser consideradas como dos puntos) de dos primeros componentes de frecuencia armónica, y una pendiente de una línea recta formada por los dos puntos es comparada con las pendientes anteriores para los diferentes puntos operativos. Un punto operativo piloto correspondiente a la misma pendiente o una pendiente similar es el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico. Alternativamente, como se ha mostrado en la fig. 3, las amplitudes iniciales aplicadas de las dos señales piloto eléctricas están divididas por una potencia constante, para obtener profundidades de modulación de las dos señales piloto eléctricas. Las profundidades de modulación de las dos señales piloto eléctricas y las profundidades de modulación de los dos primeros componentes de frecuencia armónica correspondientes forman dos puntos, se determina una pendiente de una línea recta formada por los dos puntos, luego el valor de la pendiente obtenido es comparado por separado con los valores de la pendiente de las líneas rectas correspondientes a los diferentes puntos operativos en la fig. 3, y a continuación se determina un punto operativo piloto actual.

Cuando el valor de N es mayor de 2, pueden determinarse las pendientes entre los N puntos, y uno de los valores o un valor medio de los valores de la pendiente es comparado con las pendientes anteriores para los diferentes puntos operativos. Un punto operativo piloto correspondiente a la misma pendiente o a una pendiente similar es el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico.

Por ejemplo, un aparato de generación de piloto aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_1 a un controlador de datos, y un aparato de bloqueo de piloto detecta una señal óptica para obtener una profundidad de modulación m^1_{1f} de un primer componente de frecuencia armónica. A continuación, el aparato de generación piloto aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_2 al controlador de datos, y el aparato de bloqueo de piloto detecta la señal óptica para obtener una profundidad de modulación m^2_{1f} del primer componente de frecuencia armónica. A continuación, $k = (m^1_{1f} - m^2_{1f}) / (\xi_1 - \xi_2)$ es comparado con la relación (una pendiente k_0 correspondiente) que es obtenida en lo anterior y que está entre profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica para diferentes puntos operativos piloto y la señal piloto eléctrica, de manera que el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y

que es del modulador MZ puede ser determinado.

Después de que un punto η operativo piloto del modulador MZ es averiguado, puede determinarse una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto puede ser determinada de acuerdo con la fórmula (7). De manera similar, puede determinarse una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto de acuerdo con la fórmula (8).

Puede verse que, la profundidad de modulación (m_{1f} o m_{2f}) de la señal piloto es determinada conjuntamente por la amplitud inicial ξ de la señal piloto y el punto η operativo piloto del modulador MZ. Como se ha mostrado en la fórmula (7), cuando el punto operativo piloto del modulador MZ es el 100%, un valor de una función de seno a la profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica es 0, es decir, no hay primer componente de frecuencia armónica. Como se ha mostrado en la fórmula (8), cuando el punto operativo piloto del modulador MZ es del 50%, un valor de una función coseno a la profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica es 0, es decir, no hay segundo componente de frecuencia armónica.

Puede verse a partir de esto que, la anterior correspondencia puede ser descrita brevemente como: cuando el punto operativo piloto del modulador MZ está en un área lineal de la curva de respuesta del modulador MZ, el primer componente de frecuencia armónica es dominante; o cuando el punto operativo piloto del modulador MZ está en un área de un punto de inflexión (área no lineal) de la curva de respuesta del modulador MZ, el segundo componente de frecuencia armónica es dominante. Aquí, del 50% al 90% puede ser definida como el área lineal en la que se utiliza el primer componente de frecuencia armónica dominante, y del 90% al 100% es definida como el área del punto de inflexión (área no lineal) en la que se utiliza el segundo componente de frecuencia armónica dominante. Aquí, el primer umbral es 90%.

Como otro ejemplo, cuando el primer umbral es el 80%, consiguientemente del 50% al 80% es el área lineal, y del 80% al 100% es el área del punto de inflexión (área no lineal). Debería comprenderse que, para un modulador óptico diferente, el área lineal y el área no lineal son definidas de manera diferente, y un valor del primer umbral correspondiente es también diferente, la totalidad de lo cual debería caer dentro del alcance de protección de esta realización de la presente invención.

Alternativamente, el modulador MZ puede ser puesto a prueba o emulado. En un caso en el que el punto operativo piloto es fijo, se determina una dependencia entre la profundidad de modulación m_{1f} del primer componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial ξ del piloto, y una dependencia entre la profundidad de modulación m_{2f} del segundo componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial ξ de la señal piloto.

La profundidad de modulación m_{1f} de la primera frecuencia armónica varía linealmente con la amplitud inicial ξ , y por ello cuando se determina el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador MZ, amplitudes iniciales ξ diferentes pueden ser aplicadas por separado, para obtener profundidades de modulación m_{1f} de primeros componentes de frecuencia armónica correspondientes. A continuación, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador MZ es determinado consecuentemente. Específicamente, la señal óptica puede ser detectada de acuerdo con el método descrito anteriormente, y a continuación se determinan las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de acuerdo con un resultado de la detección. Para evitar repeticiones, no se han descrito de nuevo a continuación los detalles.

A continuación, el punto operativo piloto del modulador MZ es comparado con el primer umbral, es decir, se determina si el punto operativo piloto cae dentro del área lineal o del área no lineal, y a continuación se determina el componente dominante del punto operativo piloto. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral (el punto operativo piloto cae dentro del área lineal), el primer componente de frecuencia armónica es dominante, y un papel del segundo componente de frecuencia armónica es relativamente pequeño, y puede ser omitido. Se determina una amplitud inicial correspondiente basándose en la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial de la señal piloto, y una profundidad de modulación objetivo esperada (por ejemplo, 0,001% a 20%). En otras palabras, la profundidad de modulación objetivo es sustituida en la correspondencia, para determinar la amplitud inicial correspondiente.

Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral (el punto operativo piloto cae dentro del área no lineal), el segundo componente de frecuencia armónica es dominante, y un papel del primer componente de frecuencia armónica es relativamente pequeño, y puede ser omitido. Una amplitud inicial correspondiente es determinada basándose en la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica y la amplitud inicial de la señal piloto, y una profundidad de modulación objetivo esperada (por ejemplo, 0,001% a 20%).

Finalmente, el aparato de carga de la señal piloto puede generar una señal piloto apropiada de acuerdo con un resultado (por ejemplo, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto) que es emitida por el aparato de bloqueo de piloto, y finalmente bloquea la profundidad de modulación de la señal piloto a la profundidad de modulación esperada (por ejemplo, 2%).

Opcionalmente, en otra realización, después de que se haya determinado el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico, si el valor del punto operativo piloto es menor que un valor de un punto operativo piloto objetivo, el punto operativo piloto puede ser además ajustado al punto operativo piloto objetivo, donde el valor del punto operativo piloto objetivo es mayor o igual que el primer umbral.

5 Por ejemplo, después de que se ha determinado el punto operativo piloto actual del modulador MZ, si el punto operativo piloto no es ideal, el punto operativo piloto puede ser ajustado al punto operativo piloto objetivo. Por ejemplo, cuando el modulador MZ realiza una modulación QPSK, un punto de tendencia es un punto cero, la modulación a escala completa hace máxima la abertura del ojo, y en este caso, el punto operativo piloto objetivo se requiere que sea mayor del 90%.
10 Específicamente, una ganancia de una señal eléctrica que es emitida por el controlador de datos puede ser cambiada, para ajustar el punto operativo piloto del modulador MZ. De esta manera, pueden reducirse la interferencia entre símbolos, aumentando por ello la eficiencia de la modulación.

Específicamente, la ganancia de la señal eléctrica que es emitida por el controlador de datos puede ser cambiada, para ajustar el punto operativo piloto del modulador MZ. Específicamente, una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_1 puede ser aplicada, para obtener consecuentemente una profundidad de modulación m_{1f}^1 del primer componente de frecuencia armónica. A continuación, se aplica una señal piloto cuya amplitud inicial es ξ_2 a la unidad de datos, para obtener consecuentemente una profundidad de modulación m_{1f}^2 del primer componente de frecuencia armónica. A continuación,
15 $k = (m_{1f}^1 - m_{1f}^2) / (\xi_1 - \xi_2)$ es comparada con la relación (una pendiente k_0 correspondiente) entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica para el punto operativo piloto y la señal piloto. Si $k > k_0$, la unidad de datos es controlada para aumentar la ganancia de la señal eléctrica, y k es determinada de nuevo basándose en esto hasta que $k \leq k_0$.
20

Opcionalmente, en otra realización, el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

La fig. 7 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato de bloqueo de piloto de acuerdo con otra realización de la presente invención.
25

El aparato 70 de bloqueo de piloto en la fig. 7 puede estar configurado para implementar las operaciones y el método en la realización del método anterior. En una realización en la fig. 7, el aparato 70 de bloqueo de piloto incluye una interfaz 701, un circuito transmisor 702, un circuito receptor 703, un procesador 704, y una memoria 705. El procesador 704 controla una operación del aparato 70 de bloqueo de piloto y puede estar configurado para procesar una señal. La memoria 705 puede incluir una memoria de sólo lectura y una memoria de acceso aleatorio, y proporciona una instrucción y datos al procesador 704. El circuito transmisor 702 y el circuito receptor 703 pueden estar acoplados a la interfaz 701. Componentes del aparato 70 de bloqueo de piloto están acoplados juntos por medio de un sistema 709 de bus, donde además de un bus de datos, el sistema 709 de bus incluye además un bus de potencia, un bus de control, y un bus de señal de estado. Sin embargo, con el propósito de una descripción clara, distintos tipos de bus en la figura están todos marcados como el sistema 709 de bus.
30
35

Específicamente, la memoria 705 puede almacenar una instrucción para realizar el siguiente proceso:

determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta y que es de un modulador óptico, donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal de flujo de servicio eléctrica sobre la que es cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal de flujo de servicio óptica; y

40 si un valor del punto operativo piloto es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica; o si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un
45 segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica.

Basándose en la solución técnica anterior, en esta realización de la presente invención, un componente dominante, es decir, un primer componente de frecuencia armónica o un segundo componente de frecuencia armónica, de una señal piloto en este proceso de modulación es determinado de acuerdo con un punto operativo piloto de un modulador óptico. Posteriormente, una amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener una profundidad de modulación objetivo es determinada de acuerdo con una relación entre una profundidad de modulación del componente dominante y una amplitud inicial de un piloto, y así una amplitud inicial de la señal piloto es ajustada a la amplitud inicial objetivo. De este modo, la profundidad de modulación piloto puede ser ajustada rápida y efectivamente, y a continuación el piloto puede ser bloqueado a una profundidad de modulación esperada, asegurando por ello la exactitud de detección de un estado de un canal óptico.
50
55

Además, debido a una característica no inicial del modulador óptico, después de una transferencia no lineal por el modulador óptico, una relación entre potencia de una señal piloto y una amplitud de la señal piloto es inestable e impredecible, es decir, el piloto es desbloqueado. Consecuentemente, el estado del canal óptico no puede ser averiguado detectando la señal piloto. De acuerdo con el método en esta realización de la presente invención, el piloto puede ser bloqueado rápida y efectivamente a la profundidad de modulación esperada, y a continuación puede asegurarse la exactitud de detección del estado del canal óptico.

Debería comprenderse que, el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico es para un objeto modulado como un todo. Debería también comprenderse que, el valor del punto operativo piloto se refiere a una relación de una intensidad de campo ligera correspondiente al punto operativo piloto a una intensidad de campo ligera correspondiente a un vértice de la curva de respuesta.

Debería comprenderse que, la profundidad de modulación se refiere a una relación de una amplitud de una señal a la potencia de la señal. La profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica, y la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica se refiere a una relación de la amplitud del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica a la potencia de la señal piloto óptica. La amplitud de la señal piloto corresponde a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real. Por ello, cuando un piloto es bloqueado a una profundidad de modulación esperada, la amplitud de la señal piloto puede corresponder a la potencia de la señal de flujo de servicio en tiempo real, y a continuación puede averiguarse un estado de un canal óptico detectando la señal piloto.

El primer umbral es un valor empírico determinado de acuerdo con una característica de respuesta del modulador óptico. Si el punto operativo piloto es menor que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa lineal. En este caso, el primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en el proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

Si el punto operativo piloto es mayor o igual que el primer umbral, indica que el modulador óptico opera actualmente en un área operativa no lineal. En este caso, el segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto desempeña un papel dominante en este proceso de modulación. Por ello, la amplitud inicial objetivo de la señal piloto que es necesaria para obtener la profundidad de modulación objetivo puede ser determinada de acuerdo con una correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto y la amplitud inicial de la señal piloto.

Opcionalmente, en una realización, la memoria 705 puede además almacenar una instrucción para realizar el siguiente proceso:

obtener profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico, donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y

determinar el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta y que es del modulador óptico de acuerdo con las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, una correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto de eléctrica.

Opcionalmente, en otra realización, la memoria 705 puede además almacenar una instrucción para realizar el siguiente proceso:

determinar la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o determinar la correspondencia por emulación o poniendo a prueba el modulador óptico.

Opcionalmente, en otra realización, la memoria 705 puede además almacenar una instrucción para realizar el siguiente proceso:

determinar la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o determinar la correspondencia por emulación o poniendo a prueba el modulador óptico.

Opcionalmente, en otra realización, la memoria 705 puede además almacenar una instrucción para realizar el siguiente proceso:

el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación objetivo es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

5 Debería comprenderse que los números de secuencia de los procesos anteriores no significan secuencias de ejecución en distintas realizaciones de la presente invención. Las secuencias de ejecución de los procesos deberían ser determinadas de acuerdo con funciones y con la lógica interna de los procesos, y no deberían ser consideradas como ninguna limitación sobre los procesos de implementación de las realizaciones de la presente invención.

10 Un experto en la técnica puede ser consciente de que, en combinación con los ejemplos descritos en las realizaciones expuestas en esta memoria descriptiva, pueden implementarse unidades y operaciones de algoritmos mediante hardware electrónico, software informático, o una combinación de los mismos. Para describir claramente la intercambiabilidad entre el hardware y software, lo anterior tiene composiciones y operaciones generalmente descritas de cada ejemplo de acuerdo con las funciones. Si las funciones son realizadas por hardware o software depende de aplicaciones particulares y de condiciones restrictivas de diseño de las soluciones técnicas. Un experto en la técnica
15 puede utilizar diferentes métodos para implementar las funciones descritas para cada aplicación particular, pero no debería considerarse que la implementación se salga del alcance de la presente invención.

Un experto en la técnica puede comprender claramente que, con el propósito de una descripción conveniente y breve, para un proceso de trabajo detallado del sistema, aparato, y unidad anteriores, puede hacerse referencia a un proceso correspondiente en las realizaciones de método anteriores, y los detalles no se describirán de nuevo aquí.

20 En las distintas realizaciones proporcionadas en la presente solicitud, debería comprenderse que el sistema, aparato y método descritos pueden ser implementados de otras maneras. Por ejemplo, la realización del aparato descrita es simplemente ejemplar. Por ejemplo la división de unidad es simplemente una división de función lógica y puede ser otra división en implementación real. Por ejemplo, una pluralidad de unidades o componentes pueden ser combinados o integrados en otros sistemas, o algunas características pueden ser ignoradas o no realizadas. Además, los
25 acoplamientos mutuos presentados o tratados como acoplamientos o conexiones de comunicación directos pueden ser implementados utilizando algunas interfaces. Los acoplamientos o conexiones de comunicación indirectos entre los aparatos o unidades pueden ser implementados de forma electrónica, mecánica o de otras formas.

30 Las unidades descritas como partes separadas pueden o no estar físicamente separadas, y las partes presentadas como unidades pueden o no ser unidades físicas, pueden estar situadas en una posición, o pueden estar distribuidas sobre una pluralidad de unidades de red. Algunas o todas las unidades pueden ser seleccionadas de acuerdo con las necesidades reales para conseguir los objetivos de las soluciones de las realizaciones de la presente invención.

Además, unidades funcionales en las realizaciones de la presente invención pueden ser integradas en una unidad de procesamiento, o cada una de las unidades puede existir físicamente en solitario, o dos o más unidades están integradas en una unidad. La unidad integrada puede ser implementada en una forma de hardware, o puede ser implementada en
35 una forma de una unidad funcional de software.

Cuando la unidad integrada es implementada en forma de una unidad funcional de software y vendida o utilizada como un producto independiente, las funciones integradas pueden ser almacenadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Basándose en tal comprensión, las soluciones técnicas de la presente invención esencialmente, o la parte que contribuye a la técnica anterior, o la totalidad o algunas de las soluciones técnicas pueden ser implementadas en
40 forma de un producto de software. El producto de software informático es almacenado en un medio de almacenamiento, e incluye varias instrucciones para instruir a un dispositivo informático (que puede ser un ordenador personal, un servidor, o un dispositivo de red) para realizar la totalidad o algunas de las operaciones de los métodos descritos en las realizaciones de la presente invención. El medio de almacenamiento anterior incluye: cualquier medio que pueda almacenar un código de programa, tal como una unidad flash USB, un disco duro extraíble, una memoria de sólo lectura (Read Only Memory ROM), una memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory, RAM), un disco magnético, o un disco óptico.
45

Las descripciones anteriores son simplemente realizaciones específicas de la presente invención, pero no están destinadas a limitar el alcance de protección de la presente invención. Cualquier modificación o reemplazamiento fácilmente resuelto por un experto en la técnica dentro del marco técnico expuesto en la presente invención caerá dentro
50 del alcance de protección de la presente invención. Por ello, el alcance de protección de la presente invención estará sometido al alcance de protección de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (103) de bloqueo de piloto, que comprende:

5 una primera unidad de determinación (501), configurada para determinar un punto operativo piloto (207) de un modulador óptico (102) que está actualmente sobre una curva de respuesta (205), en donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal eléctrica transmitida en la que está cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal óptica transmitida; y

10 una segunda unidad de determinación (502), configurada para: si un valor del punto operativo piloto (207) es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto de eléctrica es modulada por el modulador óptico (102) y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica, en donde la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico (102) y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico; y

15 una tercera unidad de determinación (503), configurada para: si un valor del punto operativo piloto (207) es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica, en donde la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico (102) y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulador óptico (102), o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulador óptico.

20 2. El aparato de bloqueo de piloto según la reivindicación 1, en donde, la primera unidad de determinación está configurada específicamente para obtener profundidades de modulación de primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico (102), donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y determinar el punto operativo piloto (207) que está actualmente sobre la curva de respuesta (205) y que es del modulador óptico de acuerdo a las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencias armónicas de las N señales piloto ópticas, a las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y a la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.

3. Un transmisor que comprende:

un aparato (101) de carga de piloto, configurado para generar una señal piloto eléctrica, y cargar la señal piloto eléctrica sobre una señal eléctrica transmitida;

40 un modulador óptico (102), configurado para modular, la señal eléctrica transmitida en la que es cargada la señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal óptica transmitida; y el aparato de bloqueo de piloto según cualquiera de las reivindicaciones 1-2.

45 4. El transmisor según la reivindicación 3, en donde el aparato de bloqueo de piloto está además configurado para: si el valor del punto operativo piloto (207) es menor que un valor de un punto operativo piloto objetivo, ajustar el punto operativo piloto (207) al punto operativo piloto objetivo, en donde el valor del punto operativo piloto objetivo es mayor o igual que el primer umbral.

5. Un método para controlar una profundidad de modulación de una señal piloto, que comprende:

determinar un punto operativo piloto (207) de un modulador óptico que está actualmente sobre una curva de respuesta (205), en donde el modulador óptico está configurado para modular, una señal eléctrica transmitida sobre la que está cargada una señal piloto eléctrica, sobre una señal óptica, para generar una señal óptica transmitida; y

50 si un valor del punto operativo piloto (207) es menor que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un primer componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulador óptico y una amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica, en donde la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el

- 5 modulator óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulator óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulator óptico; o si un valor del punto operativo piloto es mayor o igual que un primer umbral, determinar una amplitud inicial objetivo de la señal piloto eléctrica basándose en una correspondencia entre una profundidad de modulación de un segundo componente de frecuencia armónica de una señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulator óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica, y una profundidad de modulación objetivo de la señal piloto óptica, en donde la correspondencia entre la profundidad de modulación del segundo componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulator óptico y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica es determinada de acuerdo con una función de transferencia del modulator óptico, o es determinada emulando o poniendo a prueba el modulator óptico; y
- 10 ajustar la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica a la amplitud inicial objetivo.
6. El método según la reivindicación 5, en el que la determinación de un punto operativo piloto (207) que está actualmente sobre una curva de respuesta (205) y que es de un modulator óptico (102) comprende:
- 15 obtener profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de N señales piloto ópticas que son emitidas después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulator óptico (102), donde las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas corresponden biunívocamente a las amplitudes iniciales de N señales piloto eléctricas, y N es un número entero mayor que 1; y
- 20 determinar el punto operativo piloto que está actualmente sobre la curva de respuesta (205) y que es del modulator óptico (102) de acuerdo con las profundidades de modulación de los primeros componentes de frecuencia armónica de las N señales piloto ópticas, a las amplitudes iniciales de las N señales piloto eléctricas, y a la correspondencia entre la profundidad de modulación del primer componente de frecuencia armónica de la señal piloto óptica que es emitida después de que la señal piloto eléctrica es modulada por el modulator óptico (102) y la amplitud inicial de la señal piloto eléctrica.
- 25 7. El método según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde después de determinar un punto operativo piloto que está actualmente sobre una curva de respuesta (205) y que es de un modulator óptico, el método comprende además:
- 30 si el valor del punto operativo piloto (207) es menor que un valor de un punto operativo piloto objetivo, ajustar el punto operativo piloto (207) al punto operativo piloto objetivo, en donde el valor del punto operativo piloto objetivo es mayor o igual que el primer umbral.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 en donde el primer umbral es un valor que oscila del 50% al 100%, la profundidad de modulación es un valor que oscila del 0,001% al 20%, y el valor del punto operativo piloto objetivo es un valor que oscila del 80% al 100%.

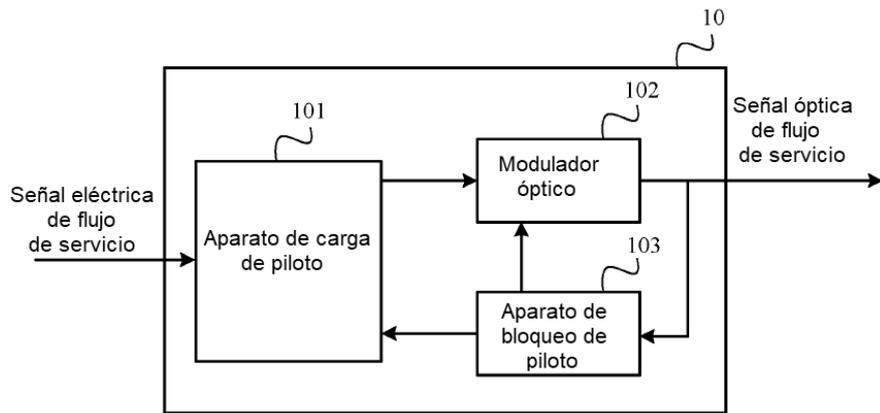


FIG. 1

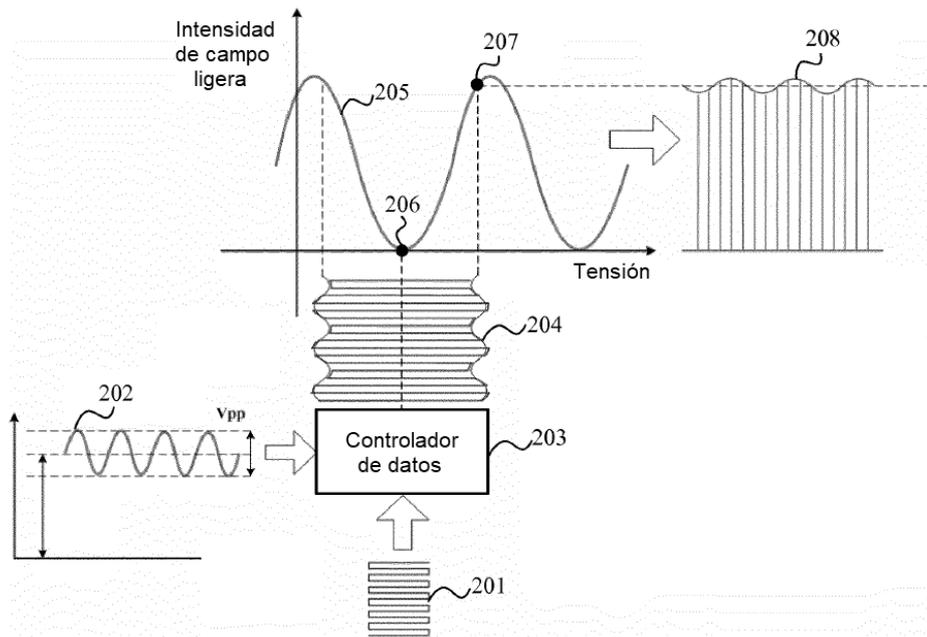


FIG. 2

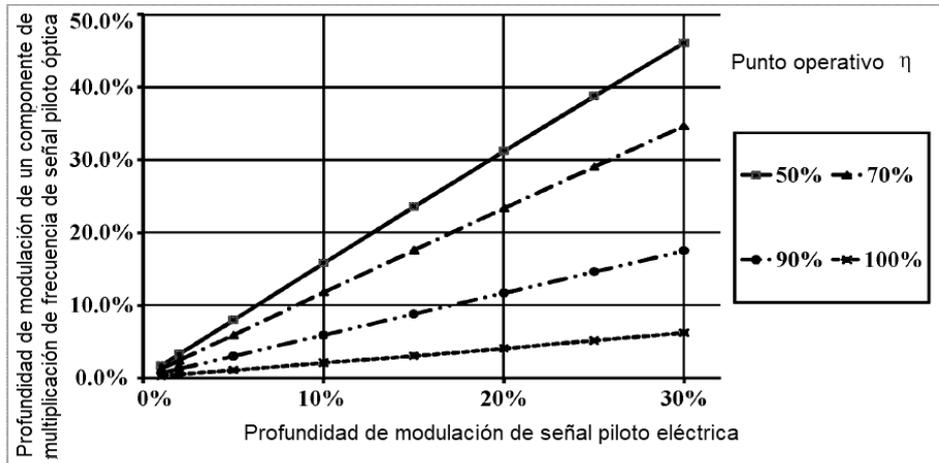


FIG. 3

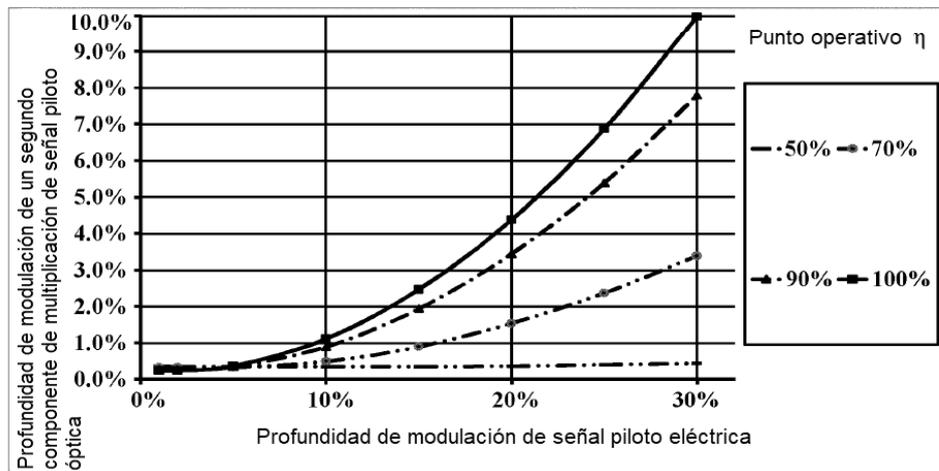


FIG. 4

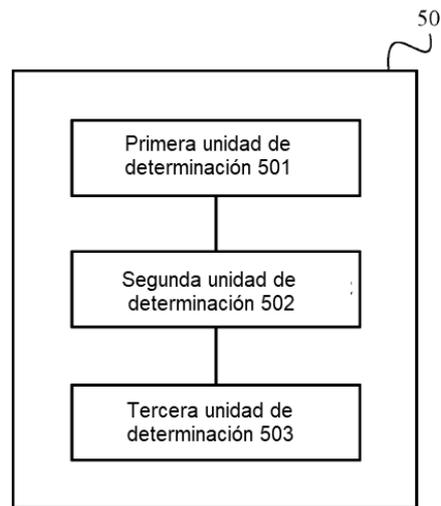


FIG. 5

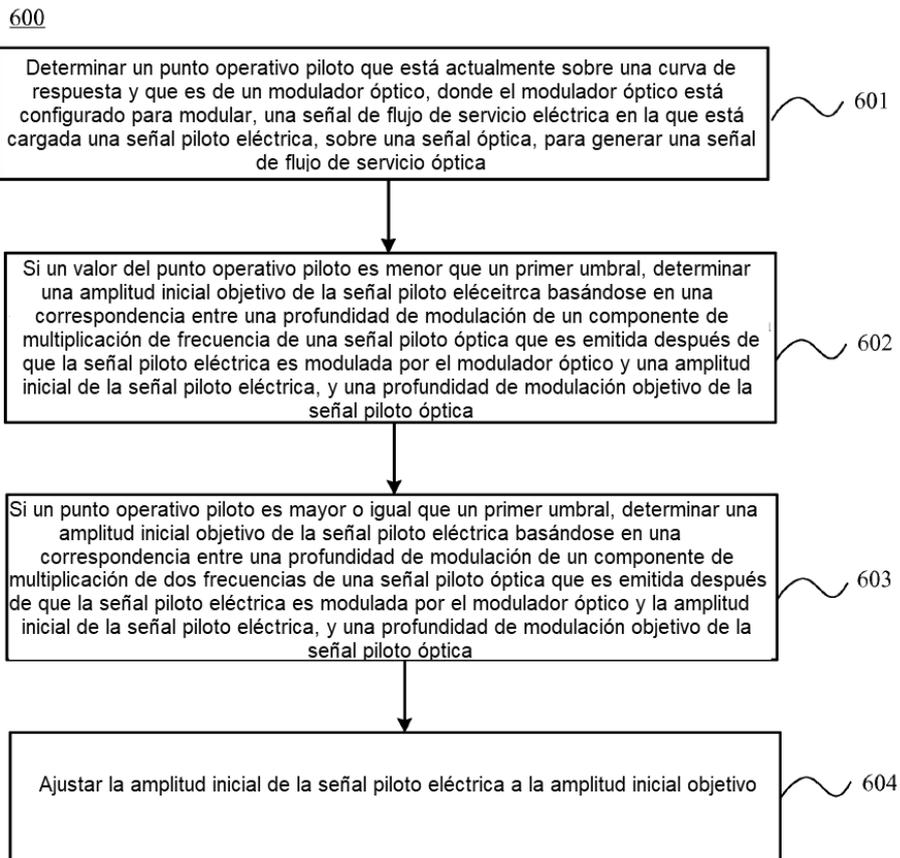


FIG. 6

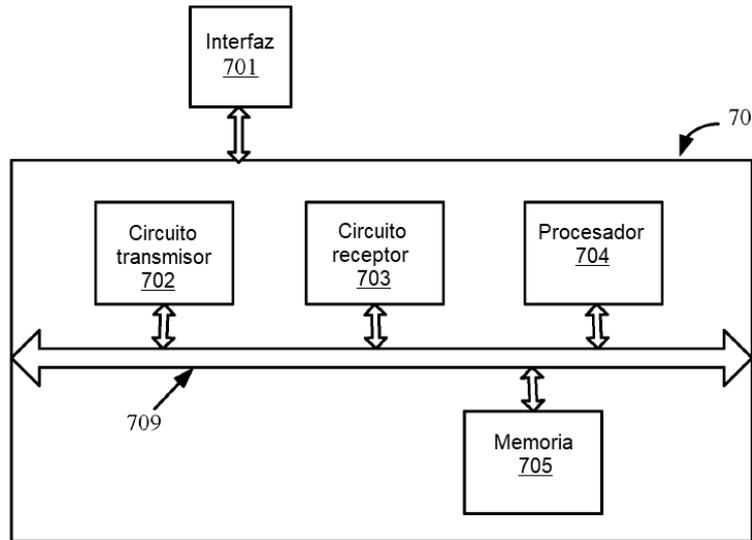


FIG. 7