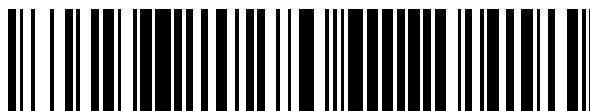


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 627**

51 Int. Cl.:

G02F 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2007 PCT/GB2007/004096**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2008 WO08059198**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2007 E 07824340 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2016 EP 2084571**

54 Título: **Controlador de polarización para un modulador óptico**

30 Prioridad:

16.11.2006 GB 0622850
16.11.2006 EP 06255873

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD , GB

72 Inventor/es:

SMITH, ANDREW JAMES;
PESCOD, CHRISTOPHER RALPH y
NAMAZ, MOHAMMED

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 611 627 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

Controlador de polarización para un modulador óptico

Campo

5 Esta invención se refiere a controladores de polarización. Las realizaciones actualmente preferidas de la presente invención se refieren a controladores de polarización para moduladores ópticos, por ejemplo para los llamados moduladores de Mach-Zehnder. Tales moduladores tienen utilidad, entre otras cosas, en el campo de los sistemas de comunicaciones ópticas.

Antecedentes

10 Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán de aquí en adelante con referencia particular a un controlador de polarización para un modulador de Mach-Zehnder (a menudo conocido simplemente como modulador MZ), siendo el controlador y el modulador empleados en un sistema de comunicaciones para modular una señal portadora óptica de entrada con una señal de comunicaciones de radiofrecuencia (RF). Aunque las enseñanzas de la presente invención tienen gran utilidad en sistemas de comunicaciones ópticas, es decir, sistemas de comunicaciones donde los nodos del sistema están conectados ópticamente, las personas con conocimientos ordinarios en la técnica apreciarán inmediatamente que las enseñanzas de la invención pueden ser aplicadas de otro modo. Por consiguiente, no debe interpretarse que la siguiente descripción ilustrativa se limita solamente a sistemas de comunicaciones o, de hecho, a moduladores MZ.

20 Con lo anterior en mente, se hará referencia ahora a la Fig. 1, donde se proporciona una representación esquemática ilustrativa de un modulador 1 de MZ conocido, del tipo que se emplea a menudo en los sistemas de comunicaciones ópticas.

25 Los moduladores MZ proporcionan un mecanismo mediante el cual una señal portadora óptica de entrada puede ser modulada con una señal de comunicaciones, por ejemplo, con una señal de comunicaciones de RF. En este ejemplo, el modulador es efectivamente un interferómetro, creado mediante la formación de una guía de ondas óptica en un sustrato apropiado, tal como Niobato de Litio (LiNbO_3), Arseniuro de Galio (GaAs) o Fósforo de Indio (InP). La guía 11 de ondas del modulador representado en la Fig. 1 se divide en dos ramas 11a y 11b antes de recombinarse en un acoplador óptico 13. Una señal portadora óptica en forma de haz de luz entra en el modulador por la izquierda de la Fig. 1 y sale del modulador por la derecha de la Fig. 1, habiendo pasado a través de ambas ramas de la guía de ondas.

30 Como se muestra en la Fig. 1, una de las ramas 11a de la guía de ondas incluye una asimetría 15 que funciona para introducir una diferencia de fases entre la luz que recorre las respectivas ramas 11a y 11b de la guía 11 de ondas. La diferencia de fases se elige para ser aproximadamente 90 grados a la longitud de onda de funcionamiento, que está típicamente en la zona de 1300 ó 1550 nanómetros - esto induce polarización en cuadratura, donde la salida óptica es nominalmente el 50% de su máximo.

35 El Niobato de Litio (en común con otros materiales similares, tales como GaAs o InP) es un material similar al vidrio con estructura de cristal que muestra un efecto electro-óptico por el cual el índice refractivo de la estructura del cristal cambia según se aplica un voltaje o tensión a la misma. En particular, la dirección del campo eléctrico inducido por la tensión aplicada causa un aumento o disminución del índice refractivo - un índice refractivo aumentado que actúa para retardar la luz que viaja a través del cristal, y un índice refractivo disminuido que actúa para aumentar la velocidad de la luz que viaja a través del cristal. En moduladores MZ, el material de Niobato de Litio está normalmente dispuesto de manera que tenga una orientación del cristal de corte en X, propagación en Y con respecto a la señal óptica de entrada, y en este contexto un campo eléctrico aplicado en la dirección X (positiva o negativa) provoca un cambio en el índice refractivo del material que afecta a la velocidad de la luz que pasa a lo largo del eje Y.

45 Como se muestra en la Fig. 1, se dispone un electrodo 7 de modulación entre las ramas 11a y 11b de la guía de ondas, y cuando este electrodo es excitado por una señal aplicada (por ejemplo por una señal de radiofrecuencia o de comunicaciones digitales), se establecen campos eléctricos positivos y negativos entre el electrodo 7 de modulación y, respectivamente, el primero 3 y el segundo 5 planos de base. El electrodo de modulación está diseñado como una línea de transmisión, de manera que la señal de modulación viaja con la señal portadora óptica a través del modulador, permitiendo así que se alcancen altas frecuencias de modulación.

50 Los campos eléctricos positivo y negativo provocan que el índice refractivo de las dos ramas 11a y 11b de la guía de ondas 11 cambie (provocando el campo positivo un aumento del índice refractivo para la rama 11a y provocando el campo negativo una disminución del índice refractivo para la rama 11b), y las diferentes velocidades de propagación resultantes de la señal portadora óptica a través de cada rama provocan un cambio de fase en la salida de las señales hacia el combinador óptico 13, cambio de fase que provoca que el nivel de salida de luz del combinador óptico 13 cambie. En efecto, según los campos eléctricos experimentados por cada rama varían con la señal de comunicaciones aplicada al electrodo de modulación, así cambia la diferencia de fases entre la luz que pasa a través de las dos ramas, y el nivel de salida de la salida de señal óptica del combinador 13 varía en consecuencia. El efecto

neto de esto es que la señal portadora óptica de entrada es modulada con la señal de comunicaciones aplicada al electrodo 7 de modulación.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 2 de los dibujos adjuntos, la característica de transferencia global del modulador es aproximadamente sinusoidal, siendo la modulación más lineal obtenida en y alrededor del punto de cuadratura (también conocido simplemente como "cuadratura", siendo ambos términos utilizados indistintamente en la presente memoria), concretamente el punto donde hay una relación de fase de 90° entre la luz que viaja a través de las ramas respectivas 11a y 11b de la guía de ondas. La función de transferencia es una función que se repite, y como tal hay muchos puntos de cuadratura a diferentes tensiones de polarización, pero todos con la misma potencia de salida. En la Fig. 2 se indica un primer punto A de cuadratura donde la potencia de salida está aumentando con la tensión de polarización, y, por tanto, este punto de cuadratura se conoce como punto de polarización en cuadratura de pendiente positiva. También se indican dos puntos más B y C de cuadratura donde la potencia de salida está disminuyendo con la tensión de polarización, y estos puntos de cuadratura se conocen cada uno como puntos de polarización en cuadratura de pendiente negativa.

Aunque lo anterior parece eminentemente realizable, en la práctica este desplazamiento de fase de 90° preferido rara vez, o nunca, se alcanza, y para compensar esto se suele incluir un componente 9 polarizable y aplicar una tensión de polarización de CC al componente 9 polarizable, para devolver el modulador a, o cerca de, uno de los puntos de cuadratura antes mencionados. En la disposición, representada en la Fig. 1, el componente polarizable comprende un electrodo de polarización discreto, pero esto es meramente ilustrativo, ya que varias disposiciones alternativas son conocidas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, una tensión de polarización puede ser aplicada directamente al electrodo de modulación por medio de lo que se llama una T de polarización. En tal disposición, la polarización de CC se acopla al electrodo a través de un inductor, y la señal aplicada (por ejemplo una señal de comunicaciones de RF) se acopla al electrodo a través de un condensador.

Un problema de esta disposición que tiene que ser resuelto es que el punto de polarización, esto es, la tensión que se necesita aplicar al componente polarizable para devolver el modulador al punto de cuadratura o cerca del mismo, cambia a lo largo del tiempo. Por ejemplo, las llamadas cargas atrapadas en la guía de ondas y las variaciones de temperatura pueden ambas provocar que el punto de polarización cambie a una velocidad que puede ir de unos pocos milivoltios por hora hasta varios voltios por hora.

Una consecuencia de esto es que generalmente no es posible proporcionar un sistema donde la tensión de polarización, una vez establecida, no necesite cambiarse y, como tal, se suele proporcionar algún tipo de control dinámico de polarización para permitir que la linealidad del modulador se mantenga durante un largo período de tiempo.

En el ámbito analógico, el control de polarización dinámico se ha conseguido previamente aplicando un tono piloto (por ejemplo un tono de 10 kHz para una señal de interés de comunicaciones en GHz) al electrodo de modulación, mediante la monitorización de la salida del modulador y el ajuste de la tensión de polarización en base a esa salida. Por ejemplo, como el 2° armónico del tono piloto normalmente tiende a cero en el punto de cuadratura o alrededor del mismo, un enfoque propuesto previamente monitoriza este segundo armónico y ajusta la tensión de polarización de CC aplicada para conducir el segundo armónico a cero. Un enfoque similar ha sido propuesto previamente para el ámbito digital, pero en este caso la señal aplicada es típicamente una señal oscilante de pequeña amplitud (dither) de onda cuadrada y la salida es monitorizada por un procesador de señal digital.

Aunque cada uno de estos enfoques permite proporcionar una forma de control de polarización dinámico, cada uno de ellos tiene desventajas asociadas. Por ejemplo, la aplicación de un tono piloto genera necesariamente productos de modulación (por ejemplo bandas laterales) que limitan el margen dinámico alcanzable del sistema, y para las conexiones ópticas de alta fidelidad esta reducción del margen dinámico es simplemente inaceptable. En conexiones de muy alta velocidad (por ejemplo, conexiones digitales con velocidades de hasta 100 GBit/s y conexiones analógicas con frecuencias de hasta 60 GHz), la aplicación de una ondulación de pequeña amplitud puede afectar negativamente a la velocidad de datos alcanzable y a la longitud de conexión que se puede conseguir. Otra desventaja particularmente prevalente en casos donde se requieren múltiples canales, por ejemplo en un sistema de antenas en fase, es que como cada modulador es diferente, el hardware de control de polarización necesita ser replicado completamente para todos y cada uno de los moduladores. Esto aumenta el volumen, la complejidad y el coste del sistema.

Sería ventajoso que se pudiera idear un controlador de polarización que al menos mitigara, y preferiblemente evitara, problemas de este tipo.

Compendio

Con este fin, una realización actualmente preferida de la presente invención proporciona un controlador de polarización para un modulador óptico como se define en la reivindicación 1 adjunta.

Como se explica más adelante en detalle, esta disposición es ventajosa en que, al controlar la tensión de polarización dependiendo de la potencia de salida, es posible configurar un modulador dado para que funcione en cuadratura sin generar productos de modulación no deseados. Además, al almacenar un conjunto predeterminado

de potencias ópticas pico de salida posibles para el modulador y, para cada valor de potencia pico un valor respectivo para la potencia óptica objetivo para la cuadratura, se evitan cualesquiera problemas que pudieran surgir en disposiciones de la técnica anterior, debidos a ruido o no linealidad en moduladores o equipo asociado al determinar cómo ajustar el modulador para operar en cuadratura.

- 5 El procesador está configurado para variar dicha tensión de polarización hasta que dichas señales de potencia sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea sustancialmente igual a dicha potencia óptica objetivo. Esta disposición es ventajosa en que permite al procesador configurar automáticamente el modulador para operar en cuadratura.

- 10 El procesador está configurado para variar dicha tensión de polarización desde una tensión inicial hasta que dichas señales de potencia sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea sustancialmente igual a dicha potencia óptica objetivo, en donde la tensión inicial es la tensión de polarización asociada con dicha potencia óptica pico determinada de salida. En esta disposición, el procesador puede estar configurado para variar dicha tensión de polarización aumentando dicha tensión desde dicha tensión inicial para así configurar dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente negativa. Alternativamente, el procesador puede estar configurado para variar dicha
- 15 tensión de polarización disminuyendo dicha tensión desde dicha tensión inicial para así configurar dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente positiva.

En una disposición que no está dentro del alcance de las reivindicaciones, el procesador puede estar configurado para determinar que dicha potencia óptica objetivo sea sustancialmente la mitad de dicha potencia óptica pico de salida.

- 20 Los medios para generar señales de potencia pueden comprender un fotodiodo. Los medios generadores pueden estar conectados operativamente a dicho procesador a través de un amplificador. Los medios generadores pueden estar conectados operativamente a dicho procesador a través de un convertidor de analógico a digital. El procesador puede estar conectado operativamente a dicho electrodo de polarización a través de un amplificador de memoria intermedia. El procesador puede estar conectado operativamente a dicho componente polarizable a través de un
- 25 convertidor de digital a analógico.

Otra realización actualmente preferida de la presente invención se refiere a un controlador de polarización multi-canal para una pluralidad de moduladores ópticos, como se define en la reivindicación 11 adjunta.

- 30 En esta disposición, el procesador está configurado para variar las tensiones de polarización aplicadas a cada uno de dichos componentes polarizables hasta que dichas señales de potencia para el modulador asociado con cada uno de dichos electrodos de polarización sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea sustancialmente igual a la potencia óptica objetivo para ese modulador.

El procesador puede también estar configurado para monitorizar la potencia óptica de salida para cada dicho modulador y ajustar la tensión de polarización asociada para devolver el modulador a cuadratura si se determinara que dicha potencia óptica de salida es diferente de la potencia óptica objetivo para ese modulador.

- 35 El procesador está configurado para variar dichas tensiones de polarización desde una tensión inicial hasta que dichas señales de potencia sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea sustancialmente igual a dicha potencia óptica objetivo. La tensión inicial es la tensión de polarización asociada con dicha potencia óptica pico determinada de salida.

- 40 En una implementación, el procesador puede estar configurado para variar dichas tensiones de polarización aumentando dicha tensión de polarización desde dicha tensión inicial para así configurar dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente negativa. En otra implementación, el procesador puede estar configurado para variar dichas tensiones de polarización disminuyendo dicha tensión desde dicha tensión inicial para así configurar dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente positiva. También se prevé una combinación de cada uno de estos modos de funcionamiento (por ejemplo uno o más moduladores pueden estar configurados para operar en
- 45 cuadratura de pendiente positiva, y uno o más de los moduladores restantes pueden estar configurados para operar en cuadratura de pendiente negativa).

- Adicionalmente, la tabla de consulta puede almacenar, para cada uno de dichos moduladores, una pluralidad de potencias ópticas pico de salida y potencias ópticas objetivo de salida predeterminadas asociadas, pero en donde las potencias ópticas objetivo de salida incluyen otros niveles de potencia además de para el funcionamiento del
- 50 modulador respectivo en cuadratura. Ventajosamente, el controlador de polarización según esta realización preferida de la presente invención puede usarse para establecer el nivel de potencia óptica objetivo de salida para el modulador a cualquier nivel de potencia de salida requerido, preferiblemente en el intervalo de 10% a 90% del nivel de potencia pico de salida detectado.

- 55 En una realización preferida más de la presente invención, se proporciona un proceso dinámico para calibrar el modulador, a través del cual, para un nivel de potencia de salida pico detectado, si la tabla de consulta no contiene ya un valor correspondiente para la potencia de cuadratura, entonces se puede ejecutar un proceso para interpolar el nivel de potencia de cuadratura correspondiente y almacenarlo en la tabla de consulta.

5 Los medios para generar señales de potencia pueden comprender una pluralidad de fotodiodos o un conjunto de fotodiodos. Los medios generadores pueden estar operativamente conectados a dicho procesador a través de amplificadores respectivos. Los medios generadores pueden estar conectados operativamente a dicho procesador a través de un convertidor de analógico a digital de multi-entradas, teniendo dicho convertidor una salida conectada operativamente a dicho procesador. El procesador puede estar operativamente conectado a cada uno de dichos componentes polarizables a través de un amplificador de memoria intermedia respectivo. El procesador puede estar operativamente conectado a cada uno de dichos amplificadores de memoria intermedia a través de un convertidor de digital a analógico de multi-salidas, teniendo dicho convertidor una entrada conectada operativamente a dicho procesador.

10 En una disposición altamente preferida, el procesador puede estar configurado para dirigirse a cada uno de dichos moduladores de uno en uno.

En cualquiera de las disposiciones mencionadas anteriormente, el procesador puede comprender una matriz de puertas programable in-situ (FPGA), un microprocesador o un procesador de señal digital.

15 Otra realización actualmente preferida de la presente invención se refiere a un método para controlar la tensión de polarización en un modulador óptico según la reivindicación 14 adjunta.

20 Otra realización particularmente preferida de la presente invención se refiere a una unidad de modulación para un sistema de comunicaciones ópticas, comprendiendo la unidad un láser para generar una señal portadora óptica, medios para generar una señal para ser aplicada a dicha señal portadora, un modulador óptico para modular dicha señal portadora con dicha señal aplicada, y un controlador de polarización como se describe en la presente memoria para configurar dicho modulador para que funcione en cuadratura. Otra realización más de la presente invención se refiere a una unidad de modulación para un sistema de comunicaciones ópticas multi-canal, comprendiendo la unidad para cada uno de dichos canales un láser para generar una señal portadora óptica, medios para generar una señal para ser aplicada a dicha señal portadora y un modulador óptico para modular dicha señal portadora con dicha señal aplicada, comprendiendo además la unidad un controlador de polarización multi-canal como se describe en la presente memoria para configurar uno o más de dichos moduladores para que funcionen en cuadratura.

25 Otras realizaciones y ventajas de la presente invención serán evidentes de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

30 Se describirán ahora diversas realizaciones actualmente preferidas de la presente invención, a modo de ilustración, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es una representación esquemática de un modulador de Mach-Zehnder conocido;

La Fig. 2 es una representación esquemática de una función de transferencia ilustrativa de un modulador;

La Fig. 3 es una representación esquemática de un controlador de polarización según una realización preferida de la presente invención;

35 La Fig. 4 es un diagrama de flujo que representa un proceso ilustrativo de calibración de modulador;

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que representa un proceso ilustrativo de monitorización de moduladores;

La Fig. 6 es una representación esquemática de un modulador multi-canal según una realización preferida de la presente invención;

La Fig. 7 es un diagrama de flujo que representa otro proceso ilustrativo de monitorización de moduladores; y

40 La Fig. 8 es un diagrama de flujo que representa una variación ilustrativa del proceso de la Fig. 4 de calibración de modulador.

Descripción detallada

45 Aunque se ha destacado antes, vale la pena reiterar en esta coyuntura que aunque ahora se describirán diversas realizaciones actualmente preferidas de la invención con referencia particular a un modulador de MZ en un sistema de comunicaciones, las enseñanzas de la presente invención no están limitadas al uso de un controlador de polarización con un modulador de MZ, o siquiera al uso de un controlador de polarización en un sistema de comunicaciones. Muchas otras aplicaciones y moduladores con los que se puede usar el controlador de polarización serán inmediatamente evidentes para las personas con conocimientos ordinarios en la técnica y, como tal, la siguiente descripción se debe entender como meramente ilustrativa de las enseñanzas de la invención.

50 Con esta condición en mente, se hará referencia ahora a la Fig. 3 de los dibujos adjuntos, en la que se muestra una representación esquemática de un controlador 17 de polarización según una primera realización de la presente

invención. El controlador 17 de polarización se muestra acoplado a un modulador, por ejemplo un modulador MZ del tipo representado en la Fig. 1, y el modulador es activado por un láser de onda continua que es operable para proporcionar una señal portadora óptica con la que se ha de modular una señal de comunicaciones (tal como una señal de comunicaciones de RF). En este ejemplo particular, el modulador incluye un electrodo de polarización separado, pero se recordará de lo anterior que son posibles otras disposiciones.

El controlador 17 comprende un fotodiodo 19 que está acoplado a la salida del modulador, en una realización, por medio de un acoplador de toma óptica que es operable para "rastrear" la señal óptica de salida del modulador y pasar aproximadamente del 1 al 5% de esa salida al fotodiodo 19. El fotodiodo y el acoplador pueden estar combinados en una única unidad (por ejemplo, la unidad puede comprender un espejo parcialmente reflectante y puede estar dispuesta de modo que la luz entre en la unidad a través de una primera fibra y la mayor parte (por ejemplo 95%) sea reflejada en otra fibra, siendo transmitida una proporción de esa luz (por ejemplo 5%) a través del espejo para incidir sobre el fotodiodo). Como alternativa, el fotodiodo puede estar integrado en el modulador y estar dispuesto para acoplarse en el campo evanescente sobre la guía de ondas.

La salida del fotodiodo 19 está acoplada, opcionalmente a través de un amplificador 23, a un convertidor de analógico-a-digital 25 que está acoplado a una entrada de tensión de un procesador 27. El procesador 27 tiene una salida de polarización que está acoplada a un convertidor de digital-a-analógico 31, y el convertidor D-A 31 está acoplado a un amplificador 33 de memoria intermedia que está conectado al electrodo de polarización (no mostrado) del modulador.

En esta realización preferida, el procesador está asociado con una tabla 29 de consulta que comprende una tabla de niveles de tensión de entrada que corresponden a picos medidos de potencia de salida y niveles de potencia de salida objetivo correspondientes que configuran el modulador para que esté en el punto de cuadratura (o al menos cerca del mismo). Como se describirá más adelante, el procesador está configurado para ejecutar software, que consiste en uno o más algoritmos, para encontrar un pico máximo de potencia de salida para una salida dada del modulador y para seleccionar el nivel de potencia de salida objetivo correspondiente y para variar la tensión aplicada en el electrodo de polarización hasta que el modulador alcance el punto de cuadratura.

La ventaja principal de este controlador es que la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización del modulador se controla monitorizando solamente la potencia óptica de salida del modulador. Como será evidente para los expertos en la técnica, si la potencia óptica media de entrada permanece constante (lo que hará en casi todos los casos), entonces la potencia óptica media de salida también permanecerá constante para cualquier punto de polarización dado (la presencia de una señal de RF en el electrodo de modulación no tiene un efecto apreciable en la potencia de salida óptica media). Así, una vez que se conoce la potencia de salida óptica máxima, la potencia de salida para el punto de cuadratura se derivará fácilmente en disposiciones que, sin embargo, no estén dentro del alcance de las reivindicaciones, ya que la potencia de salida en el punto de cuadratura (esto es, el punto donde la diferencia de fases entre la luz que viaja a través de las respectivas ramas de la guía de ondas es de 90 grados), será nominalmente la mitad de la potencia de salida máxima (esto es, la potencia cuando las ramas respectivas están en fase). Aplicando este principio, el modulador puede ajustarse al punto de cuadratura encontrando el punto de potencia máxima de salida y, ajustando entonces la polarización aplicada hasta que la potencia de salida sea nominalmente la mitad de la potencia máxima de salida.

Para aplicaciones de alta fidelidad, se requiere una tabla de consulta debido a no-linealidades en el sistema como un todo, cuyas no-linealidades significan que la potencia de salida en la región del punto de cuadratura es solamente lineal en general (y por tanto la potencia en el punto de cuadratura será solo aproximadamente la mitad de la potencia máxima). Como tal, la tabla de consulta permite realizar ajustes más precisos dadas las no-linealidades de la combinación particular de modulador / toma / fotodiodo con la que se va a utilizar el controlador. Las realizaciones de la presente invención se basan en el uso de tablas de consulta.

No obstante lo anterior, es concebible, para aplicaciones en las que sea aceptable una respuesta de fidelidad inferior, que el procesador simplemente reduzca a la mitad la potencia máxima detectada y entonces varíe la tensión aplicada al electrodo de polarización hasta que la potencia medida de salida sea al menos aproximadamente igual a la potencia de cuadratura calculada (esto es, la mitad de la potencia máxima o cualquier otra fracción de la potencia pico de salida). Una disposición tal, aunque no ideal, sería sin embargo ventajosa, ya que se mitigarían la generación de bandas laterales y la replicación innecesaria de equipo. Tal disposición no está dentro del alcance de las reivindicaciones.

Con referencia ahora a la Fig. 4, se muestra un diagrama de flujo esquemático que muestra las etapas del proceso mediante el cual se calibra el modulador. Como se muestra, el procesador barre inicialmente la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización en el intervalo entero de control (intervalo que será típicamente menor que +/-10V) hasta que se detecte luz en el fotodiodo 19 y se introduzca una tensión en la entrada de tensión del procesador.

Una vez que se ha detectado luz, el procesador entonces repite el barrido de tensiones a una velocidad mucho más lenta y monitoriza la potencia de salida del modulador mirando la entrada de tensión al procesador desde el fotodiodo. El procesador es configurado, utilizando cualquiera de varios algoritmos bien conocidos, para buscar un

pico en la potencia de salida del modulador y por tanto un pico en la tensión en la entrada de tensión del procesador. Una vez que se detecta un pico, se almacenan la magnitud del pico y la localización del pico. La magnitud del pico corresponde a un valor de tensión recibido en la entrada de tensión del procesador, y la localización del pico corresponde a la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización cuando la potencia de salida del modulador está en ese pico. En una implementación, el barrido inicial del intervalo de control completo se realizó en aproximadamente un segundo. Este barrido es para proteger contra una falsa determinación de que el láser está "apagado", cuando de hecho el láser está encendido y el modulador está en polarización mínima donde la salida óptica es cero. El segundo barrido del intervalo de control completo, en esta implementación, se logró en aproximadamente 20 segundos. Se prefiere este barrido más lento ya que algunos moduladores se retrasan con respecto a su tensión de polarización de cc aplicada y, por tanto, si el barrido se lleva a cabo a una velocidad demasiado rápida, los valores pico de salida determinados pueden estar asociados con tensiones de polarización incorrectas.

Una vez que se han determinado la magnitud del pico y la polarización aplicada, el procesador se dirige entonces a la tabla de consulta (LUT, por sus siglas en inglés) con la magnitud detectada del pico y recupera de la LUT el correspondiente nivel de potencia de salida objetivo del modulador para el punto de cuadratura. El procesador ajusta entonces el electrodo de polarización a la tensión de polarización almacenada para el pico detectado y, dependiendo de si se requiere polarización de pendiente positiva o negativa, el procesador entonces reduce o aumenta la tensión de polarización desde el nivel asociado con el pico hasta que la potencia de salida medida del modulador sea igual al nivel de potencia objetivo de salida del modulador recuperado de la LUT para el punto de cuadratura.

Una vez que la potencia de salida medida del modulador (manifestada como una tensión digitalizada en la entrada de tensión del procesador) es igual al nivel de potencia de salida objetivo del modulador para el punto de cuadratura (según se ha recuperado de la LUT), el modulador se calibra para el funcionamiento en un punto de cuadratura seleccionado y el procesamiento se desplaza a una fase de monitorización representada esquemáticamente en la Fig. 5.

Con referencia ahora a la Fig. 5, se muestra una representación esquemática de un proceso de monitorización para mantener la calibración del modulador en el punto de cuadratura.

El procesador monitoriza el nivel de salida del modulador (en forma de tensión recibida en la entrada de tensión del procesador) y compara ese nivel monitorizado con la potencia de salida objetivo para la cuadratura recuperada de la LUT durante el proceso de calibración.

Si el nivel de salida del modulador resulta ser diferente de la potencia objetivo requerida para la polarización en cuadratura, el procesador determina entonces si la salida medida es muy diferente de la potencia objetivo. Si se determina que hay una diferencia amplia (por ejemplo mayor que 5 a 10 por ciento del valor pico) entre la salida medida y la potencia objetivo (como podría suceder si la potencia del láser cambiara de repente), el procesador determina que se requiere una recalibración del modulador y el procesamiento vuelve al proceso representado en la Fig. 4. Si se determina que la diferencia entre la salida medida y la potencia objetivo es relativamente pequeña, entonces el procesador se configura para ajustar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización para aumentar o reducir (según se requiera) la tensión de polarización para devolver el modulador al punto de cuadratura.

En el caso de que el ajuste deba continuar en una dirección (esto es, aumentando o disminuyendo la tensión de polarización) hasta un punto límite donde se ha agotado el intervalo de control disponible (punto en el cual el controlador no podría ajustar más la polarización para dar cuadratura), el controlador puede o bien configurarse para reiniciar el proceso descrito anteriormente o configurarse para invertir la dirección de cambio de polarización y alejar la tensión de polarización del punto límite hasta que se alcance otro punto de polarización en cuadratura con la pendiente deseada.

Como se mencionó anteriormente, una ventaja particular de las enseñanzas de la presente invención es que el controlador es fácilmente escalable sin tener que duplicar todos los componentes del controlador. Esto es de particular importancia cuando se construyen sistemas multi-canal, y se muestra una representación esquemática de un controlador de polarización ilustrativo en la Fig. 6.

Como se muestra en la Fig. 6, el controlador de esta realización comprende una pluralidad de fotodiodos 35 de entrada (o un conjunto de fotodiodos) que están acoplados cada uno a un modulador respectivo por medio de un dispositivo apropiado (tal como el acoplador de toma óptica de la realización anterior, o cualquiera de las alternativas descritas anteriormente) que es operable para utilizar la salida del modulador asociado y desviar una proporción de la luz emitida desde el modulador. Cada uno de los fotodiodos 35 está acoplado a una entrada respectiva de un convertidor 39 de analógico a digital multi-entrada (esencialmente un multiplexor en combinación con un convertidor A-D), opcionalmente a través de amplificadores 37 respectivos. El convertidor 39 A-D multi-entrada tiene una salida que está acoplada a un procesador 41 que está asociado con un módulo 43 de memoria que está configurado para almacenar una pluralidad de tablas de consulta, proporcionándose una tabla para cada modulador conectado (para permitir así al controlador compensar las no linealidades específicas de una combinación particular de modulador / toma / fotodiodo). El procesador 41 está acoplado a una entrada de un convertidor 45 de digital a analógico multi-

salida (esencialmente un desmultiplexor en combinación con un convertidor de digital a analógico), y las salidas del convertidor D-A multi-salida están acopladas por medio de amplificadores 47 de memoria intermedia a los electrodos de polarización de los respectivos moduladores de los cuales cada uno de los fotodiodos mencionados anteriormente recibe una parte de la luz de salida.

- 5 En otras palabras, un primer modulador (no mostrado) tiene una salida que es derivada (toma 1) y pasada a un primer fotodiodo 35(i) que está acoplado (opcionalmente por medio de un primer amplificador 37(i)) al procesador 39. El procesador 39 está acoplado al convertidor 45 D-A multi-salida, y una primera salida del convertidor está acoplada por medio de un primer amplificador 47(i) de memoria intermedia a través del canal 1 de polarización al electrodo de polarización (no mostrado) del primer modulador (tampoco mostrado). Cualquier número de
10 moduladores puede estar acoplado al procesador de un modo similar.

En una implementación prevista, de acuerdo con la invención, el procesador opera para implementar la funcionalidad descrita anteriormente en relación con las Figs. 4 y 5 de los dibujos dando servicio a cada uno de los moduladores conectados en secuencia. Como los moduladores tienden a desviarse relativamente despacio (al menos en comparación con las velocidades de procesamiento), este enfoque no es perjudicial para el rendimiento. Efectivamente, el procesador se configura en primera instancia para calibrar un primer modulador conectado, y, una vez que el modulador está calibrado, el procesador entonces calibra un segundo modulador conectado, y así sucesivamente hasta que todos los moduladores conectados hayan sido correctamente calibrados. El procesador entonces se mueve a una fase de monitorización, como se representa en la Fig. 5, en la que la salida de cada modulador es, a su vez, monitorizada y ajustada según se requiera para corregir cualquier desviación del punto de cuadratura. En otra implementación prevista, el ajuste de fase de moduladores (configurar los moduladores para operar en cuadratura) se puede lograr según se requiera - es decir, que el controlador se puede configurar para inspeccionar cada modulador y ajustarlo independientemente según se requiera.

Una ventaja particular de esta disposición es que no es necesario replicar todos los componentes mostrados en la Fig. 3 para cada modulador. Más bien, solo se necesita proporcionar un único procesador junto con un único módulo de memoria para el almacenamiento de datos para todos los moduladores conectados. Esta disposición reduce el coste, pues son solo componentes de coste relativamente bajo (como fotodiodos) los que se necesita replicar, así como reduce significativamente el volumen del sistema.

En esta realización, el módulo de memoria comprende una pluralidad de tablas de consulta (una para cada modulador conectado) que contienen cada una niveles de potencia de salida del modulador y niveles de potencia de salida objetivo correspondientes para la cuadratura. El procesador en esta realización está configurado para dirigirse al módulo de memoria con un identificador de tabla de consulta que indica al procesador la tabla de consulta particular para el modulador particular que el procesador está monitorizando o calibrando, y con la potencia de salida pico medida del modulador para ese modulador de manera que se obtenga el nivel de potencia objetivo asociado para la cuadratura.

La preparación de una tabla de consulta para la realización de la Fig. 3 se puede llevar a cabo como sigue. En una primera etapa, el controlador representado en la Fig. 3 es montado y acoplado a un modulador. Después, se utiliza una fuente de RF de frecuencia fija para excitar el electrodo de modulación del modulador, y se utilizan un fotodiodo de alta frecuencia y un analizador de espectro de RF para monitorizar la salida del modulador. El modulador se ilumina entonces con un láser de potencia conocida, y se permite al controlador determinar el punto de polarización pico. Se registra el punto de potencia pico, y la polarización se ajusta entonces manualmente para alcanzar polarización en cuadratura mediante la monitorización del contenido de armónicos de RF de la salida del modulador, y se registra entonces la potencia óptica. Este proceso se repite para un intervalo de potencias de láser de entrada, y se utiliza la interpolación para generar una tabla totalmente rellena. Para el controlador multi-canal representado en la Fig. 6, este proceso se lleva a cabo para cada modulador acoplado al controlador, y los resultados para cada modulador (como se mencionó anteriormente) son almacenados en tablas de consulta accesibles discretas. Este proceso se puede realizar de forma manual, o parcial o totalmente automatizada.

Las realizaciones representadas en las Figs. 3 y 6 pueden ser implementadas utilizando cualquiera de una serie de componentes diferentes. Por ejemplo, se pueden emplear como el procesador mencionado anteriormente una matriz de puertas programable in-situ (FPGA), un procesador de señal digital (DSP) o un microcontrolador, y la/s tabla/s de consulta puede/n ser implementada/s en una memoria de acceso aleatorio (RAM) o cualquier otro dispositivo de almacenamiento de datos. El procesador y la/s tabla/s de consulta pueden estar integrados en un componente o dispuestos como componentes separados. En una implementación práctica, la disposición representada en la Fig. 6 se utilizó en un sistema de dieciséis canales (esto es, con dieciséis moduladores discretos), y en esta disposición se emplearon convertidores D-A y A-D de doce bits, una FPGA y una memoria flash RAM externa. Será inmediatamente evidente, sin embargo, que la elección de estos dispositivos particulares es puramente arbitraria y que en su lugar puede emplearse cualquiera de una variedad de componentes equivalentes.

Se apreciará a partir de lo anterior que las enseñanzas de la presente invención ofrecen ventajas sobre los controladores de polarización propuestos previamente. Por ejemplo, como las realizaciones descritas son totalmente digitales, pueden escalarse fácilmente para múltiples canales y gran parte del hardware puede ser reutilizado. Otra ventaja es que los dispositivos descritos solo interfieren con la señal de salida modulada cuando se produce el

ajuste de la tensión de polarización y, como las realizaciones descritas son digitales, este ajuste se puede programar en el tiempo para adaptarse al sistema particular con el que va a utilizarse el controlador (por ejemplo, si el controlador se va a utilizar con un sistema de antenas, el controlador puede configurarse para ajustar la polarización solo cuando el sistema esté en modo de recepción, es decir, un modo en el que el modulador no se necesite).

5 Otra ventaja de las disposiciones descritas es que pueden emplearse fácilmente para ajustar la potencia de salida óptica a cualquier nivel arbitrario, no necesariamente a un nivel de potencia en cuadratura, dentro de los límites de la resolución de A/D y del ruido del sistema. Por ejemplo, la potencia de salida puede ajustarse para que sea cualquier fracción de la potencia pico de salida (digamos entre 10% y 90% de la potencia pico) para mejorar así el comportamiento respecto al ruido y/o la linealidad de la conexión.

10 También se apreciará que se pueden hacer muchas modificaciones y alteraciones a las realizaciones particulares descritas anteriormente sin salirse del alcance de la presente invención según se define en las reivindicaciones adjuntas. En particular, se describirá ahora, con referencia a la Figura 8, una variación preferida del proceso de calibración descrito anteriormente con referencia a la Figura 4.

Haciendo referencia a la Figura 8, las etapas relacionadas con la detección de un nivel de potencia óptica pico de salida permanecen igual que para el proceso de la Figura 4, al igual que las etapas que siguen a la adquisición a partir de la tabla de consulta de una potencia de cuadratura que corresponda a la magnitud detectada de potencia pico de salida. Sin embargo, en la variación definida en la Figura 8, habiendo detectado el nivel de potencia pico de salida para el modulador, se hace una comprobación de si se ha determinado y almacenado o no en la tabla de consulta una potencia de cuadratura correspondiente para esa potencia pico particular. Si hay un valor almacenado para la potencia de cuadratura correspondiente a la potencia pico detectada, entonces el proceso procede como en la Figura 4 anterior, usando el valor almacenado de potencia de cuadratura. Sin embargo, si no se ha determinado ninguna potencia de cuadratura correspondiente, se ejecuta entonces un proceso para determinar la potencia de cuadratura correspondiente a la magnitud detectada de potencia pico - uno de varios procesos posibles, uno de los cuales está descrito anteriormente en líneas generales - y la potencia de cuadratura determinada se almacena en la tabla para que el proceso pueda entonces proceder como en la Figura 4.

El propósito de la variación definida en la Figura 8 es permitir un llenado dinámico de la tabla de consulta cuando el proceso para determinar un nivel de potencia de cuadratura correspondiente a un nivel detectado de potencia pico pueda ser automatizado y llevado a cabo en un momento apropiado durante el funcionamiento del modulador.

Otras variaciones de las realizaciones preferidas descritas pueden incluir modificaciones para incluir fotodiodos adicionales que estén configurados (por ejemplo mediante tomas apropiadas) para muestrear la entrada de potencia óptica al/a los modulador/es asociado/s, y de este modo el procesador podría ser configurado para reajustarse automáticamente en caso de un cambio en la potencia óptica de entrada. Esta modificación es ventajosa porque permitiría al controlador reaccionar más rápidamente a los cambios de potencia de entrada del láser, y porque aumentaría la probabilidad de que el controlador respondiera correctamente a los cambios de potencia de entrada. En particular, una disposición tal aborda incertidumbres introducidas como consecuencia de cambios relativamente grandes en la potencia de láser y desviaciones relativamente pequeñas del punto de polarización, permitiendo así que se efectúen cambios en la potencia del láser mientras el sistema está funcionando.

Un punto a señalar a este respecto es que con el sistema descrito en la presente memoria es importante, para pequeños cambios en la potencia de entrada del láser, que el controlador esté configurado para reaccionar como si se hubiera producido un cambio grande en la potencia de entrada, y ajustar entonces el modulador desde ese punto. Si esta disposición no está implementada, entonces un pequeño cambio en la potencia de entrada del láser podría de otro modo ser interpretado como una desviación de la polarización, con lo que el controlador podría incorrectamente ajustar la tensión de polarización. Para implementar una disposición tal, puede emplearse un proceso como se representa en la Fig. 7. La Fig. 7 es similar al proceso representado en la Fig. 5 (en particular en lo que respecta a la manera en que el proceso interactúa con el representado en la Fig. 4), excepto en que el procesador está configurado en esta disposición para determinar (véase el rombo inferior de la Fig. 7) si la potencia de entrada ha cambiado, después de lo cual el procedimiento continúa como se describió anteriormente en la presente memoria. Se puede determinar un cambio en la potencia de entrada, como se ha esbozado anteriormente, por medio de una toma de fotodiodo a la entrada del modulador, o puede ser notificado al procesador por el propio módulo de láser o por un sistema de control de supervisión.

En otra modificación, aunque la descripción anterior se refiere en detalle a un modulador de dos ramas, los expertos en la técnica apreciarán que se puede emplear un modulador óptico con una sola rama (modulación denominada "de un brazo"), pero como una disposición tal requeriría que se aplicara el doble de tensión al electrodo de modulación (y, por tanto, cuatro veces la potencia aplicada) que en el modulador equivalente de dos brazos, se prefieren dos ramas.

Es también el caso en que para algunas aplicaciones puede no ser deseable, para el proceso de monitorización representado esquemáticamente en la Fig. 5, ajustar automáticamente la polarización aplicada al electrodo de polarización del modulador. Para tales aplicaciones puede ser suficiente que el procesador esté configurado simplemente para notificar a un operador del controlador de polarización si el modulador debe alejarse del punto de

cuadratura. En este caso, se preferiría que el procesador notificara al operador la gravedad de la desviación del punto de cuadratura, así como el hecho de que se ha producido una desviación.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador (17) de polarización para un modulador óptico, incluyendo dicho modulador un componente polarizable que es operable cuando es polarizado apropiadamente por una tensión aplicada de polarización para configurar el modulador para operar en cuadratura, comprendiendo el controlador (17) de polarización:
- 5 medios (19) para generar señales de potencia indicativas de la potencia óptica de salida del modulador;
- un procesador (27) conectado operativamente a los medios generadores (19) y a dicho componente polarizable y dispuesto para recibir dichas señales de potencia desde dichos medios generadores (19) y controlar la tensión de polarización aplicada a dicho componente polarizable; y
- 10 una tabla (29) de consulta para dicho modulador que tiene almacenada en ella una pluralidad de valores para la potencia óptica pico de salida y respectivos valores predeterminados para la potencia óptica objetivo para la cuadratura,
- en donde el procesador (27) está configurado para:
- a) variar la tensión de polarización aplicada a dicho componente polarizable y determinar a partir de señales de potencia recibidas desde dichos medios generadores (19) una potencia óptica pico de salida para dicho modulador,
- 15 b) determinar, dependiendo de dicha potencia óptica pico, una potencia óptica objetivo para la cuadratura mediante referencia a la tabla (29) de consulta;
- c) variar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización, mientras monitoriza la potencia óptica de salida, hasta que la potencia óptica de salida esté en la potencia óptica objetivo para la cuadratura,
- d) durante la modulación por el modulador, monitorizar dicha potencia óptica de salida, y
- 20 e) ajustar dicha tensión de polarización para devolver el modulador a cuadratura si se debe determinar que dicha potencia óptica de salida sea diferente de dicha potencia óptica objetivo.
2. Un controlador (17) de polarización según la reivindicación 1, en donde el procesador (27) está configurado para variar dicha tensión de polarización hasta que dichas señales de potencia sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea igual a dicha potencia óptica objetivo.
- 25 3. Un controlador (17) de polarización según la reivindicación 1 ó 2, en donde el procesador (27) está configurado para determinar si la potencia de entrada ha cambiado, durante la modulación por el modulador, y para repetir los pasos a) y b) después de un cambio en la potencia de entrada.
4. Un controlador (17) de polarización según cualquier reivindicación precedente, en donde el procesador (27) está configurado para variar dicha tensión de polarización desde una tensión de inicio hasta que dichas señales de potencia sean indicativas de una potencia óptica de salida que sea sustancialmente igual a dicha potencia óptica objetivo.
- 30 5. Un controlador (17) de polarización según la reivindicación 4, en donde dicha tensión de inicio es la tensión de polarización asociada con dicha potencia óptica pico determinada de salida.
6. Un controlador (17) de polarización según la reivindicación 4 ó 5, en donde dicho procesador (27) está configurado para variar dicha tensión de polarización aumentando dicha tensión para configurar así dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente negativa.
- 35 7. Un controlador (17) de polarización según la reivindicación 4 ó 5, en donde dicho procesador (27) está configurado para variar dicha tensión de polarización disminuyendo dicha tensión para configurar así dicho modulador para operar en cuadratura de pendiente positiva.
- 40 8. Un controlador (17) de polarización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la tabla (29) de consulta ha almacenado en ella una pluralidad de potencias ópticas pico de salida y potencias ópticas objetivo de salida predeterminadas asociadas a niveles de potencia distintos de los necesarios para el funcionamiento en cuadratura del modulador.
9. Un controlador (17) de polarización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde dicho procesador (27) está configurado para determinar dicha potencia óptica objetivo por medio de un proceso de calibración dinámica mediante el cual, al detectar una potencia óptica pico de salida para la cual no hay una potencia óptica objetivo correspondiente almacenada para la cuadratura, se ejecuta un proceso para interpolar una potencia de cuadratura correspondiente y para almacenar dicha potencia de cuadratura interpolada en la tabla (29) de consulta.
- 45

10. Un controlador (17) de polarización según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el procesador (27) está configurado para determinar, dependiendo solamente de dicha potencia óptica pico de salida, una potencia óptica objetivo para la cuadratura por referencia a la tabla (29) de consulta.
- 5 11. Un controlador de polarización multi-canal para una pluralidad de moduladores ópticos, incluyendo cada uno de dichos moduladores un componente polarizable que es operable cuando es polarizado apropiadamente por una tensión de polarización aplicada para configurar el modulador asociado para operar en cuadratura, comprendiendo el controlador de polarización multi-canal:
- medios para generar para cada modulador óptico señales (35) de potencia, cada una de las cuales es indicativa de la potencia óptica de salida de un modulador respectivo de dicha pluralidad de moduladores;
- 10 un procesador (41) conectado operativamente a los medios generadores (35) y a dicha pluralidad de componentes polarizables y dispuesto para recibir señales de potencia respectivas desde dichos medios generadores (35) y para controlar las tensiones de polarización aplicadas a cada uno de dichos componentes polarizables; y
- 15 una tabla (43) de consulta para cada uno de dichos moduladores, que tiene almacenada en ella una pluralidad de valores para la potencia óptica pico de salida y respectivos valores predeterminados para la potencia óptica objetivo para la cuadratura,
- en donde el procesador (41) está configurado para:
- a) variar la tensión de polarización aplicada a cada uno de dicha pluralidad de componentes polarizables y determinar a partir de las señales de potencia respectivas recibidas de dichos medios generadores (35) una potencia óptica pico de salida para cada uno de dichos moduladores;
- 20 b) determinar para cada uno de dichos moduladores, y dependiendo de las potencias ópticas pico respectivas, una potencia óptica objetivo para la cuadratura, y
- c) variar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización de cada modulador, mientras monitoriza la potencia óptica de salida, hasta que la potencia óptica de salida esté en la potencia óptica objetivo respectiva para la cuadratura.
- 25 12. Una unidad de modulación para un sistema de comunicaciones ópticas, comprendiendo la unidad un láser para generar una señal portadora óptica, medios para generar una señal para ser aplicada a dicha señal portadora, un modulador óptico para modular dicha señal portadora con dicha señal aplicada y un controlador (17) de polarización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para configurar dicho modulador para operar en cuadratura.
- 30 13. Una unidad de modulación según la reivindicación 12, para utilizar con un sistema de antenas, en donde el controlador (17) está configurado para ajustar la tensión de polarización solo cuando el sistema esté en modo de recepción.
14. Un método para controlar la tensión de polarización de un modulador óptico, comprendiendo el método las etapas de:
- medir la potencia óptica de salida de dicho modulador para determinar una medición de potencia óptica pico,
- 35 referirse a una tabla (29) de consulta para dicho modulador, que tiene almacenados en ella una pluralidad de valores para la potencia óptica pico de salida y valores predeterminados respectivos para la potencia óptica objetivo para la cuadratura, estableciendo de este modo, dependiendo de dicha potencia óptica pico de salida determinada, una potencia óptica objetivo de salida para la cuadratura,
- 40 variar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización, mientras monitoriza la potencia óptica de salida, hasta que la potencia óptica de salida esté en la potencia óptica objetivo para la cuadratura,
- durante la modulación por el modulador, monitorizar la potencia óptica de salida del modulador y
- ajustar la tensión de polarización de dicho modulador de modo que la potencia óptica de salida del modulador se devuelva a dicha potencia óptica objetivo para la cuadratura, si se ha de determinar que dicha potencia óptica de salida sea diferente de dicha potencia óptica objetivo.

Fig. 1

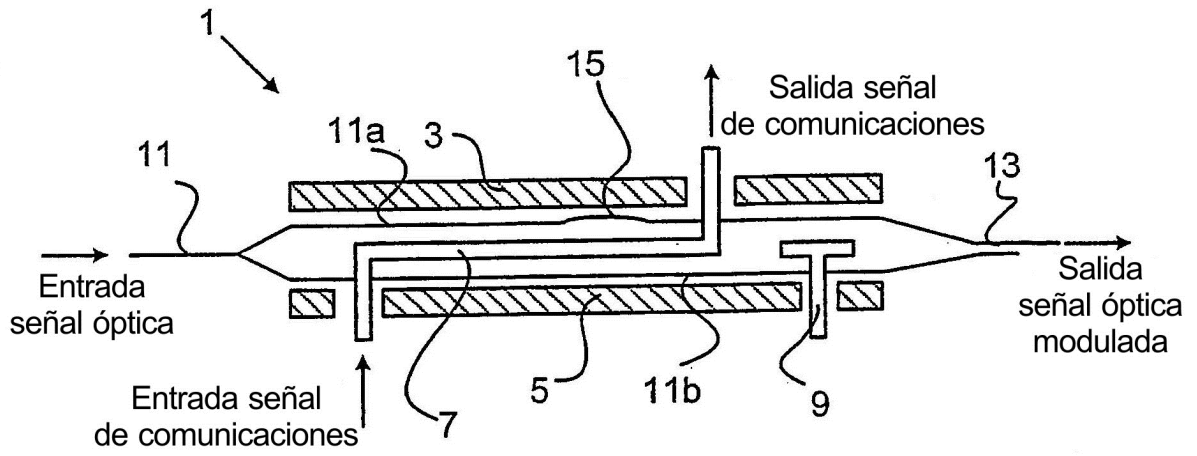


Fig. 2

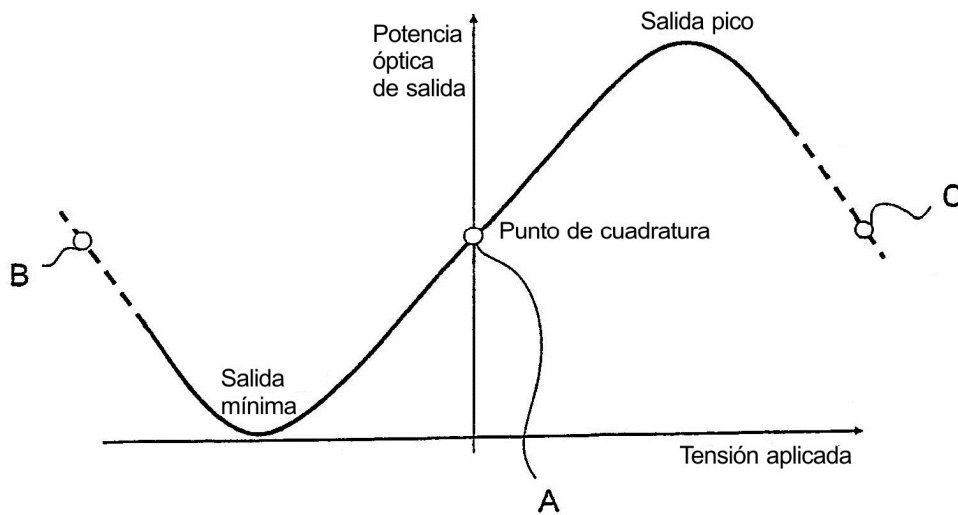


Fig. 3

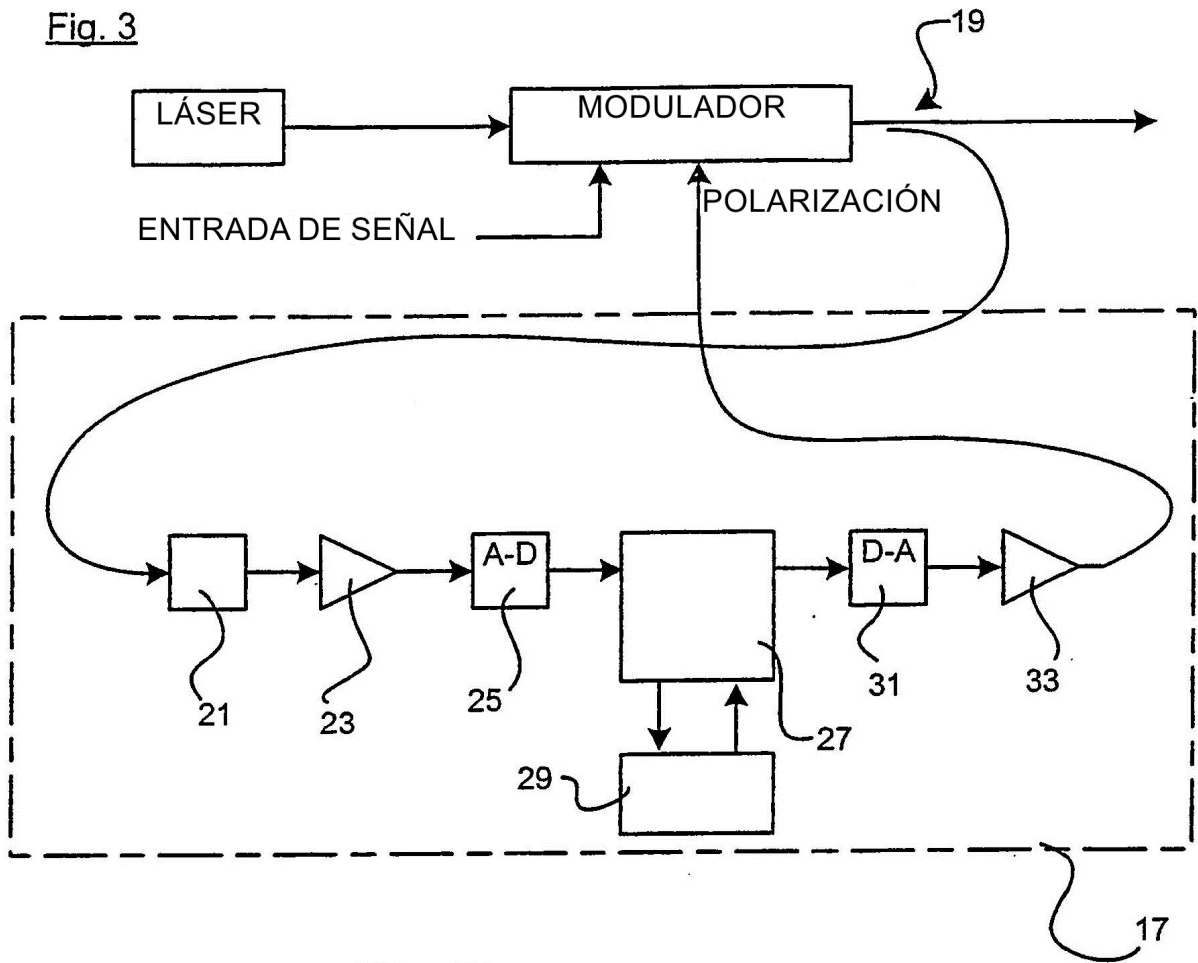


Fig. 5

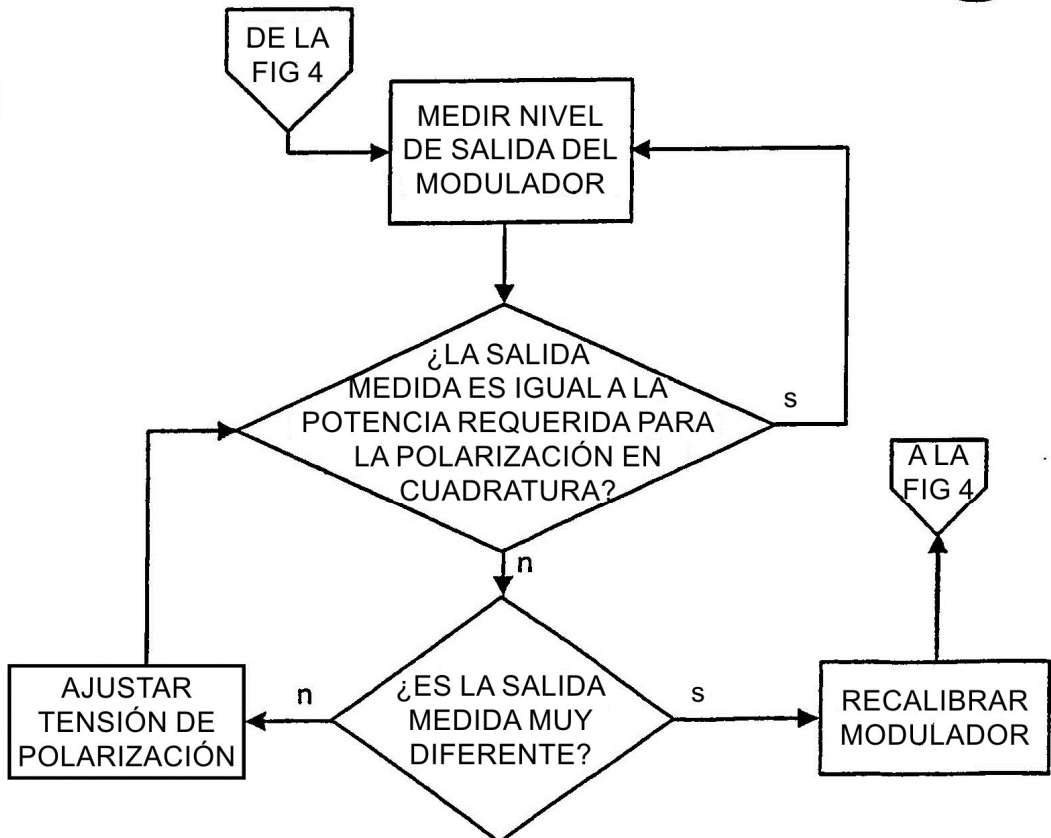


Fig. 4

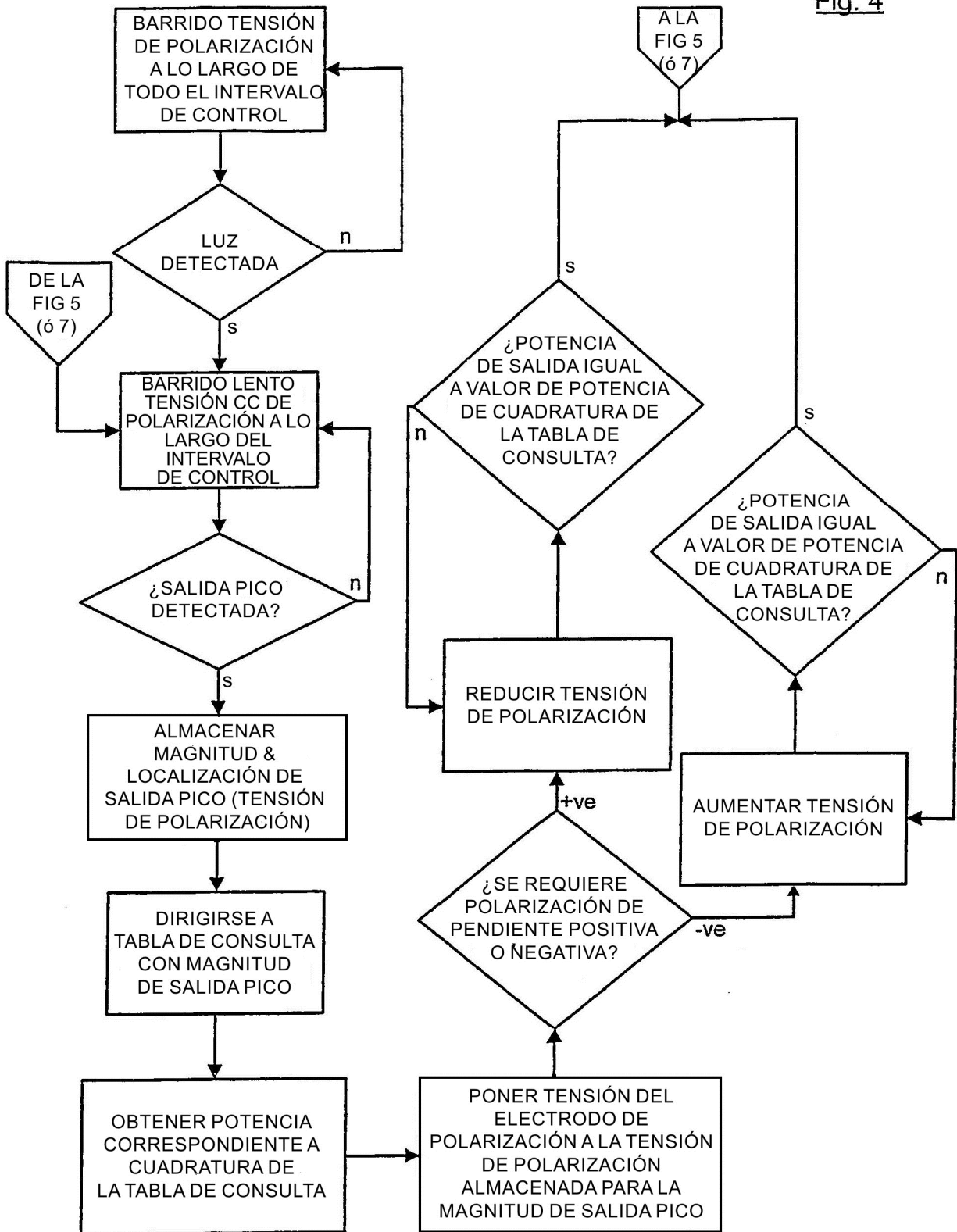


Fig. 6

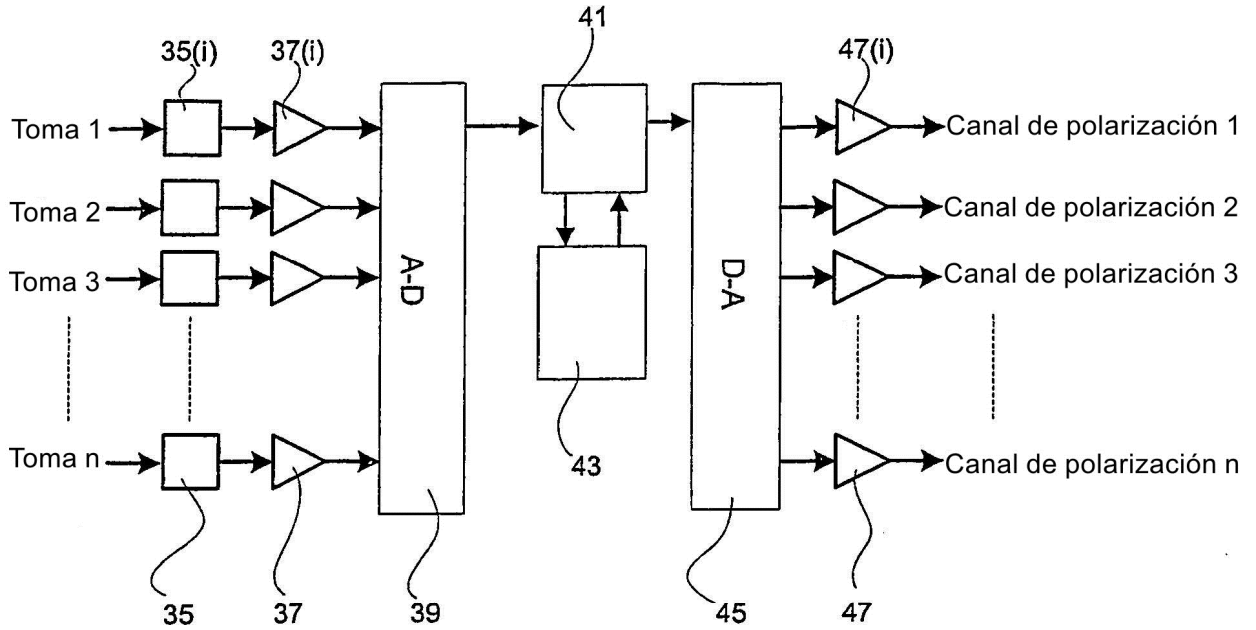


Fig. 7

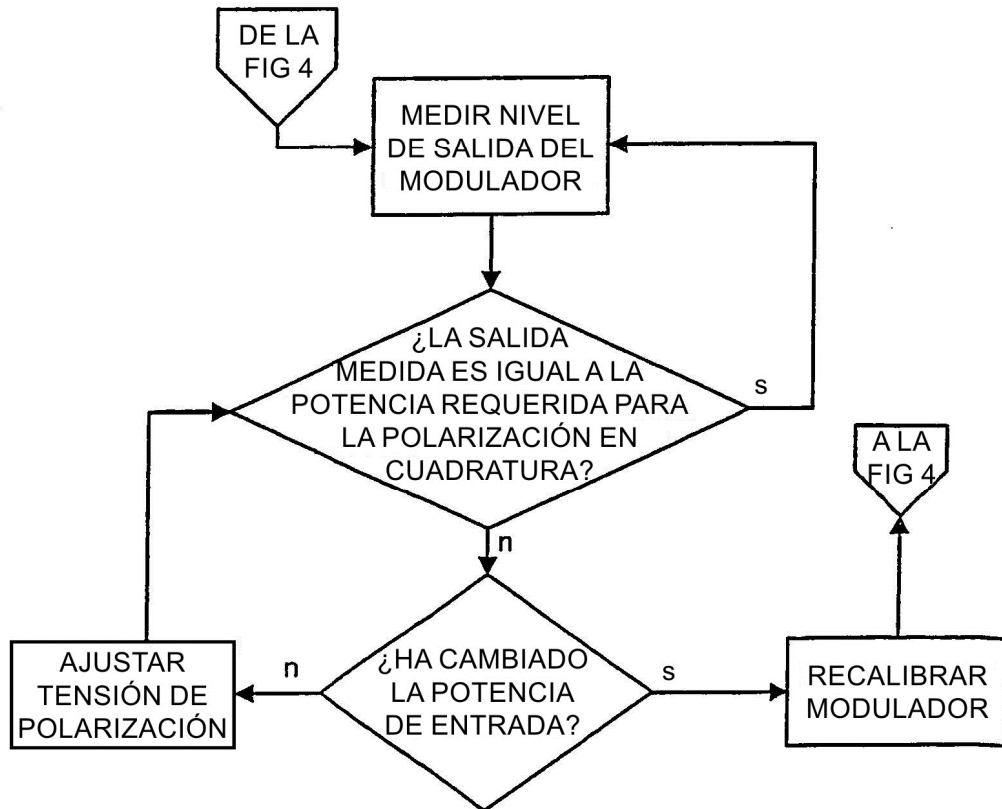


Fig. 8

