

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial

IN.-



ESPAÑA

(10) ES	(11) NUMERO	467.514	(10) A1
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION	2-3-1.978	

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
775.061	7-3-1.977	Estados Unidos
837.067	28-9-1.977	Estados Unidos

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G 06 G	

(64) TITULO DE LA INVENCION

DISPOSITIVO SIMULADOR DE ALCANCE OPTICO DE TIPO PASIVO.

(71) SOLICITANTE (S)

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Westinghouse Building, Gateway Center - Pittsburgh, Pennsylvania
15222 - Estados Unidos

(72) INVENTOR (ES)

Fred Shelton Hurt; Michael Archer Cross; ambos de nacionalidad estadounidense, los cuales han cedido sus derechos a la entidad solicitante.

(73) TITULAR (ES)

El mismo solicitante

(74) REPRESENTANTE

DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU

El presente invento se refiere a un aparato simulador de alcance óptico.

5 Los sistemas electro-ópticos perfeccionados para el lanzamiento de armas necesitan de métodos de comprobación sofisticados para asegurar la integridad de la medición. Se necesitan técnicas para confirmar el alcance preciso de los valores ópticos, la puntería adecuada de todos los canales ópticos, y el buen funcionamiento del sistema en general. Es conveniente disponer de un dispositivo práctico y adecuado para la comprobación de un sistema de este tipo.

10 En el pasado, el buen funcionamiento de estos sistemas se ha verificado principalmente utilizando los dos métodos siguientes: 1) utilizando un sistema controlado de alcance en distancia situado al aire libre para radar óptico, dotado de blancos de características parecidas; y 2) utilizando un transpondor óptico activo conectado directamente con el sistema sometido a la prueba. El método 1) exige una considerable superficie de terreno, una estación fija, y presenta problemas de agentes atmosféricos y de seguridad. El método 2) necesita una zona interfacial óptica crítica, en particular con respecto a la puntería, y es difícil que el transpondor simule la configuración característica de los ecos procedentes de los blancos reales. La magnitud de los ecos procedentes del transpondor deben ser conocidos si se desea establecer la contribución de la sensibilidad del receptor al

15

20

25

rendimiento general del sistema. Estas magnitudes no se calibrán fácilmente a las longitudes de onda en cuestión, particularmente en el caso de impulsos cortos y de niveles de señales próximos a los niveles de umbral de los receptores ópticos.

5 La programación de los ecos procedentes del transpondor es un factor crítico para la precisión de la medición de distancia, y no resulta práctico conseguir y mantener la suspensión deseada utilizando fuentes de radiación económicas, por ejemplo.

10 Un objeto del presente invento consiste en proporcionar un nuevo aparato simulador de alcance óptico con el objeto de superar las deficiencias de la técnica anterior.

15 El invento consiste en un dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo, que incluye un elemento adaptador destinado a ser acoplado mecánicamente con un sistema de medición de distancia de radar óptico que tiene un orificio de trabajo por medio del cual los haces del radar óptico entran y salen paralelamente a lo largo de un trayecto, un conjunto de lentes convergentes situado en dicho trayecto para transformar dichos haces paralelos en una mancha focal situada en un plano común, una bobina de fibras ópticas que tiene una extremidad situada en dicho plano común en correspondencia con dicha mancha focal y que tiene un reflector en su extremidad opuesta para que dicha bobina de fibras ópticas funcione como un medio de retardo óptico.

25 De acuerdo con las enseñanzas del presente invento,

no se necesita un conjunto colimador como zona interfacial óptica con el sistema de medición de distancia sometido a prueba. El dispositivo simulador de alcance en distancia puede sujetarse directamente en el sistema de medición de distancia por medio de un elemento adaptador. Esta fijación directa simplifica mucho el proceso de alineación óptica y elimina el riesgo de viñetado. Las lentes convergentes tienen una amplia abertura para enfocar los haces directamente sobre la superficie de entrada de las fibras.

5

10

De acuerdo con un modo de realización preferido del invento, un atenuador primario constituido por un elemento de vidrio inclinado da al trayecto del haz una característica de "espacio libre" mediante eliminación de la primera reflexión superficial de la energía hacia el sistema sometido a prueba, y un elemento de vidrio plano inclinado en el sentido opuesto del atenuador de reglaje fino impide el desplazamiento indeseable de la posición del haz durante la transmisión a través del mismo. El simulador de alcance óptico tiene una bobina de línea de retardo hecha de fibras ópticas en la cual se producen reflexiones múltiples por medio de las superficies reflectantes situadas en cada extremidad de dicha bobina. La entrada de una de estas superficies es parcialmente reflectante y parcialmente transparente a la longitud de onda que interesa de tal manera que una parte de la energía almacenada en la bobina puede ser extraída a través

15

20

25

de esta superficie parcialmente reflectante para aplicar al sistema de medición de distancia una serie de "ecos de blanco" igualmente separados por valores múltiples de la longitud óptica de la línea de retardo.

5 El invento podrá entenderse más claramente leyendo la siguiente descripción de un modo de realización del mismo que se da a título de ejemplo, tomada conjuntamente con los dibujos que la acompañan, en los cuales:

10 la figura 1 es una representación esquemática, parcialmente de la configuración general, y parcialmente en sección, del dispositivo simulador de alcance óptico del tipo pasivo, según la presente invención; y

15 la figura 2 es una vista parcial de una modificación del modo de realización de la figura 1, utilizando un espejo parcial en la extremidad de entrada de la línea de retardo de fibras ópticas.

Haciendo referencia al dibujo que representa un modo de realización preferido del presente invento, el dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo incluye un elemento adaptador 1 que está configurado de modo que se adapte a una porción complementaria del sistema de medición de distancia de radar óptico 2 sometido a prueba. El adaptador óptico 1 está provisto de orificios 3 destinados a recibir unas clavijas de posicionamiento 4 que sobresalen a partir de la parte delantera de una envoltura 5 del dispositivo según el pre-

20

25

sente invento. La construcción del elemento 1 es tal que durante su utilización, un orificio de entrada de prueba para el aparato simulador de alcance en distancia coincide y/o está alineado con el orificio de trabajo 7 del sistema de medición de distancia sometido a prueba. Si las características físicas del dispositivo sometido a prueba son notablemente diferentes, se cambia de manera correspondiente el elemento adaptador de tal manera que pueden efectuarse pruebas repetidas de sistemas similares, de manera expedita. A partir del orificio 7 del sistema de medición de distancia del radar óptico sometido a prueba, los impulsos de energía óptica laser salen a lo largo de un eje de puntería 8 y vuelven a lo largo de un eje paralelo 9 ó 10 para penetrar de nuevo en el orificio 7 del sistema. El otro de estos ejes paralelos 9 ó 10 puede constituir un canal de entrada de información óptica para una cámara de televisión (no representada). Unos tornillos de fijación 11 de los cuales está dotado el elemento adaptador 1, permiten la fijación de las clavijas de posicionamiento 4 en los orificios 3 cuando están situadas en ellos. Otros medios de fijación (no representados) pueden ser utilizados para sujetar de manera amovible el elemento adaptador 1 en el sistema 2 sometido a prueba. Se observará que el posicionamiento o la alineación de las clavijas 4 cuando están situadas en el elemento adaptador 1 estando este último montado en el sistema que ha de ser verificado, sitúa la envol-

tura 5 del aparato simulador de tal manera que el sistema de haz del sistema 2 pase completamente por el orificio libre, evitando así el efecto de vifetado.

5 Todos los haces hacia y a partir del sistema 2 sometido a prueba a lo largo de los ejes 8, 9 y 10, están sometidos a una atenuación primaria por medio de un atenuador 12
10 constituido por un elemento de vidrio inclinado a 45° , por ejemplo, para desviar cualquier primera reflexión superficial hacia abajo, hasta un dispositivo de absorción de radiaciones que consiste en una segunda placa de absorción 14 constituida por un elemento de vidrio inclinado paralelo al primero, que está dotado de superficies ópticas negras 15 y 16 situadas de modo que absorban los componentes transmitidos y reflejados que proceden de la placa 14. Este atenuador primario situado a la entrada del aparato simulador asegura que
15 este aparato se presente de la misma manera que el "espacio libre" para el sistema 2 sometido a prueba, reduciendo sin embargo la energía reflejada de "impulso principal" que tiene tendencia a sobrecargar la entrada de eco de estos sistemas
20 y puede eventualmente deteriorar la fuente laser que contiene.

 Todos los haces que siguen los ejes 8, 9 y 10 atraviesan una lente convergente 17 que transforma dichos haces paralelos que van hacia el sistema 12 y que proceden del mismo en haces convergentes correspondientes que entran y salen
25

por una extremidad 18 de una bobina 19 de fibra óptica 20 que tiene un espejo 21 en su extremidad opuesta 22. La lente 17 debe ser de buena calidad óptica de tal manera que el círculo de confusión concentrado a la longitud de onda que interesa sea suficientemente pequeño para acoplarse eficazmente con la cara de extremidad 18 de la fibra 20, y esté exento de aberración cromática a las longitudes de onda de la energía óptica contenida en los haces del sistema sometido a prueba, tales como un haz de impulsos láser para la medición de distancia y un haz de espectro visible observado por la cámara de televisión. En la mayoría de los casos es suficiente en la práctica una frecuencia para el primer haz y una frecuencia nominal para el último. La longitud focal de la lente 17 se elige de modo que se adapte perfectamente al orificio numérico de la fibra óptica 20 y de modo que proporcione un tamaño de mancha concentrada con difracción suficientemente reducida en la extremidad 18 de la fibra para obtener un acoplamiento de energía eficaz. La elección de la longitud focal es frecuentemente una solución de compromiso entre estos dos requisitos. Sin embargo, para una divergencia dada del haz láser del emisor, el tamaño de la mancha concentrada puede ser reducido para aumentar el rendimiento de acoplamiento de entrada, eligiendo una corta longitud focal, aunque de este modo se utiliza una mayor fracción del orificio numérico de fibra disponible para el acoplamiento de en-

trada, y de manera correspondiente se dispone de una menor fracción para el acoplamiento de salida con la entrada del receptor del sistema. La longitud focal que corresponde a esta solución de compromiso en un modo de realización en funcionamiento ha sido elegida de 27,94 cm (11 pulgadas).

Un conjunto atenuador de reglaje fino 24 está intercalado en el trayecto óptico entre la lente convergente 17 y la extremidad 18 de la fibra. El conjunto consiste en un par de placas de atenuador 25 y 26 hechas de vidrio inclinadas en sentidos opuestos a través de las cuales pasan los haces convergentes durante su trayecto hacia y a partir de la extremidad 18 de la fibra. La inclinación impide que las reflexiones en la primera superficie alcancen el sistema 2 sometido a prueba. Las direcciones de inclinación están previstas para que se auto-compensen cuando el desplazamiento del eje de puntería es nulo. El reglaje obtenido por el conjunto se consigue gracias a la posibilidad de desarmar y cambiar el conjunto sustituyendo a estos conjuntos atenuadores similares que tienen diferentes valores de absorción.

La extremidad 18 de la fibra o cara de entrada está pulida ópticamente y está empotrada en un dispositivo terminal que incluye una corta sección de tubo de poliestireno 30 parcialmente lleno de adhesivo epoxi 31 en el cual la extremidad de la fibra está dispuesta centralmente. El dispositivo terminal está soportado por un elemento de translación 32

dotado de tornillos de reglaje 33, 34 y 35, por ejemplo, para permitir el reglaje de la posición de la extremidad de la fibra en tres direcciones mutuamente perpendiculares X, Y y Z. Unos muelles de compresión 36 intercalados entre la envoltura 5 y el elemento 32 aseguran que este elemento seguirá en el reglaje de posición de los tornillos. Unos medios de guiado del elemento 32 no han sido representados. Los reglajes en el sentido de los ejes X-Y permiten situar la extremidad 18 de la fibra de modo que coincida con el punto focal común de todos los haces a lo largo de los ejes 8, 9 y 10 en el plano final de la imagen, y el reglaje en el sentido del eje Z permite un enfoque fino.

La longitud enrollada de la fibra óptica 30 es típicamente de medio kilómetro, estando enrollada en una bobina 40 bajo la forma de una serie de devanados de capa única totalmente intercalados utilizando una tensión controlada para minimizar las fuerzas aplicadas a la fibra y para conseguir la mínima pérdida óptica. La fibra propiamente dicha puede ser de tipo de índice escalonado con bajas pérdidas suministrado por Corning Glass Works; y esta fibra presenta típicamente una pérdida del orden de 2,5 db/km a una longitud de 1.064 nanómetros. Los diámetros de núcleo y de vaina son de 85 y 125 micrones, respectivamente. El orificio numérico está incluido en la gama de 0,14 a 0,18, y unos grados de dispersión de impulsos de 10 nanosegundos por kilómetro son tí-

picos. La fibra está protegida mecánicamente en toda su longitud por un revestimiento "amortiguador" de uretano elástico de un espesor nominal de 0,127 mm (0,005 pulgada) lo que conduce a un diámetro total de la fibra de 0,381 mm (0,015 pulgada).

5 La extremidad reflectante de la fibra se termina de una manera sustancialmente idéntica a la extremidad 18 descrita más arriba, salvo que la extremidad pulida 22 de la fibra se mantiene a una distancia de 0,025 mm (0,001 pulgada) de la superficie del espejo plano 21 por medio de un separador (no representado) y esta extremidad reflectante no necesita ser ajustable. El espejo 21 puede presentar una primera reflectividad superficial del 99,9% a la longitud de onda que interesa cuando está acoplado con una elevada transmisividad a longitudes de onda visibles. Esta propiedad permite la reflexión de los impulsos del emisor láser con una pérdida reducida, al mismo tiempo que permite acoplar la luz a la fibra a partir de una bombilla o fuente de luz visible 41 directamente detrás del espejo. Se observará que los atenuadores 12, 25 y 26 se eligen de modo que sean absorbentes a la longitud de onda que interesa y relativamente transparentes a las longitudes de onda de luz visible. Esto permite que la luz aplicada a la fibra a partir de la fuente 41 sea vista en el monitor de televisión del sistema sometido a prueba cuando esta luz es emitida a partir de la cara extrema 18 de la

10

15

20

25

fibra. Esta extremidad de la fibra está iluminada y se comporta casi como una fuente puntual de luz, lo que facilita mucho su posicionamiento en el eje de puntería θ y por tanto el reglaje fino de enfoque.

5 El simulador de alcance óptico pasivo descrito más arriba utiliza una línea de retardo a base de fibra óptica que suministra un solo eco de blanco capaz de confirmar la calibración de distancia y la precisión de puntería de un sistema de radar óptico para medición de distancias. La calibración de distancia del simulador puede efectuarse por cualquiera de los siguientes métodos: medición de la longitud de la línea de retardo hecha de fibra óptica y transformación de esta medición en la longitud óptica real utilizando el índice de refracción conocido de la fibra; utilización de un sistema de rada óptico de medición de distancia (del cual se sabe que está en condiciones) para transferir la calibración desde los blancos controlados situados en una instalación de medición de distancia externa, al simulador que se calibra; o, medición del tiempo de propagación de los impulsos ópticos en un trayecto unidireccional a través de la línea de retardo de fibras ópticas para determinar su longitud efectiva.

10

15

20

En la práctica, ninguno de estos métodos es sencillo o directo, y la mayoría de los simuladores han sido calibrados por el segundo método. Un eco de blanco procedente de una sola distancia conocida es suficiente para ajustar o confirmar

25

el reglaje de valor cero de un sistema óptico de medición de distancia sometido a prueba, siempre y cuando la escala de distancia del sistema sea precisa y lineal. En estas condiciones, aunque el sistema ha sido calibrado solamente en un solo punto de distancia, la calibración será válida en otras distancias. En numerosos casos, existe una falta de confianza en la linealidad de distancia del sistema, aunque el factor de escala de distancia ha sido ajustado inicialmente por mediciones eléctricas independientes.

Basándose en lo que antecede, se observará que es conveniente simular varios ecos de blanco situados a distancias diferentes para cubrir la ventana de distancias que interesa. Se necesita un mínimo de tres ecos de blanco de este tipo para difundir entre los efectos de reglaje cero y de reglaje de escala de distancia, y para fijar la capacidad fundamental de un sistema para determinar con precisión los intervalos de distancia. Por consiguiente, se ajustará o se confirmará la distancia cero del sistema sometido a prueba en cualquier eco de blanco, se ajustará la escala de distancia (en caso de necesidad) para obtener una lectura de distancia correcta en un segundo eco, y se confirmará independientemente una lectura de distancia adecuada por medio de un tercer eco de blanco.

Existe igualmente la necesidad de eco de blanco múltiple para estudiar la respuesta dinámica del sistema de me-

dición de distancia con una multiplicidad de blancos y con cambio de distancia del blanco más alejado.

5 Es conveniente que el simulador de blancos múltiples confirme sustancialmente su propia calibración para evitar el elevado costo de tiempo e inconvenientes asociados con las tres técnicas de calibración "independientes" que se han mencionado más arriba. Cuando se obtienen las tres propiedades deseadas en cuestión, es importante conservar la capacidad de confirmar la precisión de puntería.

10 En la figura 2, se representa una modificación del aparato simulador de la figura 1, que permite obtener los objetos mencionados más arriba utilizando un espejo parcial en la extremidad de entrada 18 de la línea de fibra óptica 20 de modo que se produzcan reflexiones múltiples en la línea de fibra óptica por unas superficies reflectantes situadas en cada extremidad de dicha bobina. El espejo parcial 37 está constituido por una superficie de separación 37 de una ventana de entrada 38 montada en el elemento de translación 32, siendo la superficie de separación parcialmente reflectante debido a una capa eléctrica formada en ella. La ventana de entrada estará provista en su superficie externa de un revestimiento anti-reflectante. El contacto físico directo entre la superficie parcialmente reflectante 37 y la extremidad de la fibra proporcionan una unión con pérdida reducida
20 entre ellas. La introducción de impulsos láser a partir del
25

sistema 2 sometido a prueba en la extremidad de las fibras, en la superficie parcialmente reflectante 37, produce la transmisión de estos impulsos a través de la fibra óptica 20 que constituye la bobina 19 hasta el reflector total 21 situado en su extremidad 22 y del nuevo hasta la entrada de la fibra en el espejo parcial 37. Cada impulso láser es reflejado hacia adelante y hacia atrás entre el espejo parcial 37 y el espejo de reflexión total 21 a través de la bobina 19, un cierto número de veces. Cada vez que la reflexión aparece en el espejo parcial 37, si su intensidad es suficiente, puede ser observado por el receptor (no representado) situado en el sistema 2 a lo largo del eje 9 ó 10, por ejemplo. Preferentemente, la superficie 37 del espejo parcial tiene una reflexividad del 63% para las frecuencias de impulsos láser que interesan.

La entrada de una de estas superficies es parcialmente reflectante y parcialmente transparente a la longitud de onda que interesa de tal manera que una fracción de la energía almacenada en la bobina puede ser extraída a través de esta superficie parcialmente reflectante para suministrar una serie de "ecos de blanco" igualmente separados por distancias múltiples de la longitud óptica de la línea de retardo de fibra. La propiedad de transmisión parcial de esta superficie no reduce el acoplamiento de los impulsos ópticos con la bobina a partir del transmisor del sistema de medición

de distancia sometido a prueba. En las situaciones que exigen las máximas amplitudes de eco, es necesario utilizar un reflector total en la otra extremidad de la longitud de la línea de retardo. Como en el modo de realización de la figura 1, todos los haces colimados y paralelos interceptados por el elemento convergente encuentran su punto focal común en un punto situado en un plano común que se ajusta para que coincida con la extremidad de entrada de la fibra. La superficie reflectante del reflector parcial situado a la entrada coincide también con este plano y está en contacto físico con la extremidad de la fibra bajo una presión controlada, tal y como se describe más arriba con relación al modo de realización de la figura 1. La adición del reflector parcial situado en la entrada para conseguir reflexiones múltiples no afecta las propiedades de foco común mencionadas más arriba, y por tanto se conserva la característica de confirmación de puntería. Ambos reflectores están constituidos por una capa dieléctrica para admitir las elevadas densidades de energía producidas por el transmisor óptico y para presentar las propiedades deseadas a la longitud de onda que interesa conservando sin embargo una transferencia útil a las longitudes de onda visibles para conservar la posibilidad de transmitir la luz visible procedente de una fuente externa, a través de la fibra, con el fin de iluminar el orificio de entrada de la fibra lo que facilita el posicionamiento en el plano focal.

El cambio del número de las reflexiones de eco de blanco obtenidas, puede conseguirse bien cambiado la atenuación óptica del trayecto al exterior de la línea de retardo reflectante por medio de un atenuador ajustable o mediante una separación comprobable de la extremidad de la fibra y del reflector terminal.

5

Se prefiere el primero de estos métodos cuando es preciso cambiar la atenuación por valores escalonados separados y calibrados, mientras que el segundo método permite obtener un reglaje de atenuación continuo. Cualquiera de estas técnicas producirá un menor número de ecos de blanco que pueden ser reconocidos por el sistema cuando se aumenta la atenuación del trayecto. El número de ecos de blanco que puede ser simulado es una función de la gama dinámica aprovechable del simulador que se define como un residuo de la gama dinámica del sistema total que permanece después de sustraer todas las fuentes de pérdida. La gama dinámica aprovechable presenta generalmente una limitación por lo que a la potencia de entrada se refiere, en razón de la necesidad de evitar que se produzcan desperfectos en las superficies ópticas tales como el reflector de entrada, y la atenuación introducida en el trayecto óptico para limitar la densidad de potencia concentrada constituye la mayor parte de la pérdida mencionada más arriba. Por tanto, un sistema típico sometido a prueba puede presentar una gama dinámica superior a 130 db,

10

15

20

25

de las cuales unos 50 db están disponibles de manera aprovechable por el simulador. Se ha desarrollado un modelo teórico que permite prever la gama dinámica utilizable que se necesita para asegurar la visibilidad del enésimo eco de blanco después de corregir los efectos de dispersión de los impulsos. En el caso de una línea de retardo de 0,5 Km (pérdida de 2,5 db por kilómetro a la longitud de onda que interesa) utilizada con un espejo de entrada de 63% de reflexividad y un espejo terminal de reflexión total, las predicciones son las siguientes:

	<u>Orden del eco (n)</u>	<u>Requisito de gama dinámica aprovechable (db)</u>
	1	16,5
	2	24,2
	3	31,1
15	4	37,7
	5	44,0

Esta tabla indica que una gama dinámica aprovechable de 50 db produce 5 ecos de blanco cuya amplitud va disminuyendo progresivamente con relación al primer eco ($n = 1$) como se indica por las diferencias de db. Basándose en esto, cinco ecos de blanco pueden simular distancias de hasta aproximadamente 3.648 m (12.000 pies) en el aire utilizando una bobina de línea de retardo de fibra óptica relativamente corta (y por tanto menos costosa) y puede confirmar la linealidad de medición de distancia en cinco puntos equidistantes.

Los ecos de blanco equidistantes pueden también utilizarse para confirmar la calibración tanto de la longitud de la línea de retardo de fibra como del dispositivo de medición de distancia del sistema, si el sistema sometido a prueba incluye una escala de distancias precisas. El criterio de la precisión queda satisfecho si: una fuente de tiempo o de frecuencia de precisión proporciona los intervalos de tiempo de referencia; la programación de los intervalos de distancia se efectúa de manera lineal; y el factor de escala de lectura de distancia correcta ha sido preajustado por medio de mediciones eléctricas.

La buena linealidad de programación de intervalos de distancia se indica por medio de la calidad de la separación de los ecos de blanco, y esta última no está influenciada por el factor de escala o los errores de reglaje de cero, es decir que la distancia "aparente" de cada eco es suficiente para determinar la igualdad de separación. En estas condiciones, la lectura de distancia que corresponde a la separación de los ecos es una medición de la longitud efectiva de la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica es decir que la línea de retardo está calibrada dentro de los límites de precisión de la escala de distancias. Unas pequeñas variaciones aleatorias con respecto a la igualdad exacta de separación pueden producirse en la práctica, debido a variaciones correspondientes con relación a la linealidad de programa-

ción de intervalos de distancia. El efecto de estos errores puede ser reducido al mínimo mediante cálculo de la separación media igual a la separación de distancia de los primero y enésimo ecos de blanco dividida por $n-1$; la precisión mejora cuando n aumenta. Cuando se ha determinado la longitud de la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica, puede establecerse la precisión del reglaje de distancia cero del sistema sometido a prueba. Es evidente que cualquier variación notable a partir de una relación múltiple exacta entre la distancia del primer eco y las distancias de los siguientes ecos indica un error en el reglaje de distancia cero. La magnitud y la dirección de este error pueden determinarse a partir de la siguiente expresión que indica la distancia exacta del enésimo eco:

$$R_n^t = R_n + \left(\frac{R_n - nR_1}{n - 1} \right) \text{ siendo } n \text{ un número entero } > 1$$

R_n^t = distancia verdadera del enésimo eco.

R_n = distancia aparente del enésimo eco.

R_1 = distancia aparente del primer eco.

La cantidad escrita entre paréntesis indica la magnitud del signo del error de reglaje cero, y esta información puede ser utilizada para corregir el reglaje de distancia cero del sistema sometido a prueba. Cuando esto ha sido efectuado, la distancia indicada y la distancia calculada (verdadera)

coinciden, y tanto el sistema sometido a prueba como la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica quedan calibradas. Se observará que la posibilidad de obtener ecos de blanco múltiples es vital para este proceso de calibración incluso aunque la referencia de calibración básica es la fuente de tiempo o de frecuencia de precisión en el sistema sometido a prueba.

Debido a la distancia suplementaria de propagación en la fibra, cada eco de blanco presenta una dispersión más importante "alargamiento del impulso" que su precursor. Elijiendo un eco de blanco específico, este comportamiento puede ser utilizado para simular el grado de alargamiento de impulsos presentado por los ecos del radar óptico cuando se efectúa medición de distancia de blancos reales bajo ángulos oblicuos. En el simulador de la figura 1, la simulación del alargamiento de los impulsos exige la selección de propiedades adecuadas de la fibra óptica, y por tanto un cambio de las bobinas de fibra óptica. Es evidente que la selección de los ecos de blanco en el modo de realización de la figura 2 se efectúa con una relativa sencillez. Este modo de realización es también capaz de simular una gama de dispersión más ancha.

Cuando el simulador de la figura 1 utiliza una línea de retardo constituida por una bobina de fibra óptica de 0,5 Km, su eco de blanco único llega normalmente al receptor óptico durante la recuperación de este último a partir de la de-

sensibilización de "impulso principal", lo que hace que la sensibilidad de umbral del receptor es menos importante. Resulta de ello que este simulador no puede ser utilizado para determinar el funcionamiento general del sistema a no ser que se aumente la longitud de la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica de modo que el receptor pueda recuperarse totalmente. Por el contrario, el simulador de reflexiones múltiples de la figura 2 utilizando una línea de retardo constituida por una bobina de fibra óptica permite obtener varios ecos blanco en la región de sensibilidad de umbral completa.

El funcionamiento general del sistema sometido a prueba (o gama dinámica total del sistema) es una función directa de la potencia de salida del transmisor y de la sensibilidad del receptor. Como en el caso del simulador de la figura 1, el valor total de la atenuación en el trayecto óptico puede ser utilizable como medición de esta gama dinámica. En estas condiciones, con un valor dado de atenuación óptica en el trayecto, la visibilidad del enésimo eco de blanco puede ser utilizada como criterio de aceptación del sistema. Si la atenuación se efectúa de manera escalonada bajo la forma de valores calibrados por medio del atenuador de entrada, la separación de gama dinámica de los ecos de blanco puede ser determinada. Esta medición constituye una característica de auto-comprobación en el simulador de reflexiones múltiples de

la figura 2 porque una pequeña separación de gama dinámica de los ecos de blanco indica una pérdida óptica mínima en la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica. Inversamente, unas pérdidas importantes en la bobina absorben
5 unos bloques comparables de gama dinámica por eco, consumiendo rápidamente la gama dinámica aprovechable y dando lugar a un número reducido de ecos de blanco. El número de ecos de blanco visibles no puede ser utilizado como único criterio de funcionamiento del simulador, porque este depende también
10 de la gama dinámica total disponible del sistema. La separación de gama dinámica de los ecos de blanco es independiente de la gama dinámica del sistema y es función directa de la calidad de la línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica. Por tanto, ofrece un criterio de rendimiento fiable y de fácil medición, así como una característica de auto-
15 comprobación. Durante la puesta en servicio inicial, un simulador de reflexiones múltiples puede ser utilizado con un sistema de medición de distancia cuya gama dinámica total es conocida, omitiendo cualquier reglaje de acumulación fija en el trayecto óptico para conseguir una visibilidad específica de
20 los ecos. La separación de gama dinámica de los ecos de blanco puede medirse a continuación, como se ha descrito anteriormente y puede ser verificada utilizando a la vez las predicciones teóricas y el número de ecos de blanco previstos dentro de la gama dinámica residual (aprovechable). Una buena
25

correlación indica un funcionamiento adecuado del simulador, y las separaciones medidas sirven como puntos de referencia con los cuales podrán compararse todas las mediciones futuras realizadas con este simulador.

5 Se necesita dedicar una atención especial al diseño del simulador de reflexiones múltiples si se desea reducir lo más posible las pérdidas en la bobina con el fin de conseguir el número máximo de ecos de blanco dentro de la gama dinámica disponible aprovechable. El número máximo de ecos se obtiene
10 cuando:

El reflector parcial situado en la entrada de la fibra ha sido elegido para una relación de transmisión/reflexión que mejora los ecos de orden más elevado a expensas de los ecos de orden más bajo;

15 el guía de ondas de fibra óptica utilizado en la bobina presenta una pérdida mínima a la longitud de onda que intersa, y se almacena de modo que no esté sometido a fuerzas con el fin de conservar esta pérdida mínima; y

20 las pérdidas de entrada/salida en la fibra, así como las pérdidas de reflexión se reducen al mínimo cuidándose particularmente de la terminación y de la preparación superficial de la fibra conjuntamente con el diseño de la superficie de separación entre fibra y reflector.

25 La capacidad de acumular elevadas densidades de energía óptica es inherente al diseño de la estructura del presen

te dispositivo terminal, lo que tiene por consecuencia que su incorporación en el simulador permite la utilización de energías incidentes que son más importantes que las que pueden ser permitidas con el simulador de la figura 1. Como se ha explicado anteriormente, la gama dinámica aprovechable tiene una limitación por lo que se refiere a la potencia de entrada y, resulta de ello que la capacidad de aceptar mas energía aumenta esta gama dinámica así como el número máximo de ecos. Se recordará que el incremento del número de ecos que se obtiene por este mecanismo es totalmente independiente del que se consigue por la reducción de las pérdidas en la bobina. El éxito de un simulador de reflexiones múltiples práctico exige que se aprovechen ambos mecanismos de mejora para conseguir el número máximo de ecos. Esto se debe a que existen límites más allá de los cuales es imposible aumentar el número de los ecos mediante división de la energía. La primera barrera es el comportamiento no lineal de la fibra a niveles altos de energía (dispersión de Raman estimulada), que da lugar a una deterioración en las superficies ópticas críticas.

El simulador de la figura 2 conserva todas las características importantes del simulador de la figura 4 sin que sea preciso llegar a una solución de compromiso, y constituye una mejora de éste porque permite obtener las siguientes propiedades y características suplementarias:

Es capaz de suministrar una pluralidad de ecos de

blanco por medio de un proceso de reflexiones múltiples dentro de una línea de retardo constituida por una bobina de fibra óptica, efectuándose esta operación mediante la adición de una superficie plana de reflexión parcial que coincide con la entrada de una bobina que se termina en un reflector plano. El retardo asociado con cada eco de blanco presenta la estabilidad y la precisión inherentes a la utilización de una longitud determinada de fibra óptica;

5

10

proporciona un número para controlar el número de ecos de blanco obtenidos, tal y como se ha descrito más arriba y asegura la simulación del cambio de distancia del blanco más alejado;

15

proporciona una reducción del coste debido a la utilización de una línea de retardo constituida por una bobina de fibra óptica relativamente corta, con el fin de simular distancias iguales a muchas veces su propia longitud, y permite la recuperación completa de la sensibilidad de umbral de receptor óptico.

20

25

Cuando se utiliza conjuntamente con un sistema de medición de distancia dotado de una escala de distancia precisa, es capaz de calibrar su propia longitud de línea de retardo constituida por la bobina de fibra óptica y por tanto la función de medición de distancia de todos los sistemas sometidos a prueba. Esta técnica evita la necesidad de una operación separada para calibrar la longitud de la línea de retardo cons

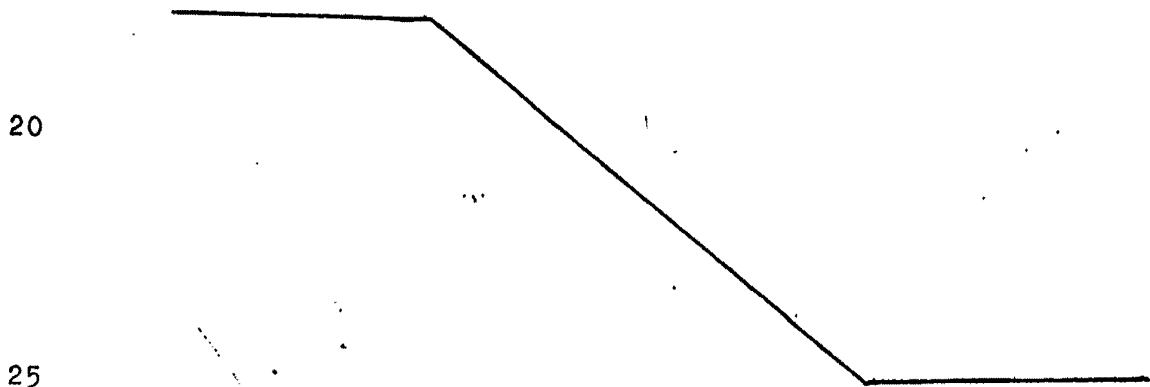
tituida por la bobina de fibra óptica, y proporciona una comprobación independiente de la linealidad de medición de distancia del sistema;

5 simula una gama de valores de alargamiento de impulsos de blanco reales mediante la elección del eco de blanco adecuado;

 incorpora la característica de auto-comprobación bajo la forma de una medición de la separación de gama dinámica de los ecos de blanco. Los valores de separación proporcionan un criterio de rendimiento con el cual el comportamiento del simulador puede ser comprobado durante su vida útil;

10 suministra un número máximo de ecos de blanco dentro de la gama dinámica disponible mediante la utilización de técnicas que reducen al mínimo la pérdida en la bobina; y

25 proporciona un número máximo de ecos de blanco mediante la utilización de técnicas que aumentan la gama dinámica aprovechable.



En resumen, la patente de invención que se solicita recaerá sobre las siguientes:

- REIVINDICACIONES -

5

1. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo, que incluye un elemento adaptador destinado a ser acoplado mecánicamente con un sistema de medición de distancia por radar óptico, que tiene un orificio de trabajo a través del cual los haces ópticos del radar entran y salen paralelamente a un trayecto, un conjunto de lente convergente situado en dicho trayecto para transformar dichos haces paralelos en una mancha focal en un plano común, una bobina de fibra óptica que tiene una extremidad dispuesta en dicho plano común en correspondencia con dicha mancha focal y que tiene un reflector en su extremidad opuesta para que dicha bobina de fibra pueda servir como medio de retardo óptico.

10

15

20

2. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye un atenuador de reglaje fino situado en dicho trayecto, que tiene un par de placas de vidrio inclinadas en sentidos opuestos para desviar unas reflexiones en la primera superficie e impedir la desviación en el trayecto de los haces que la atraviesan.

25

3. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo

pasivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque incluye una placa de atenuador principal situada en dicho trayecto formando un ángulo con respecto a éste.

5 4. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según la reivindicación 3, caracterizado porque incluye un dispositivo de absorción de radiaciones que recibe unas reflexiones en dicha primera superficie a partir de dicha placa del atenuador principal.

10 5. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según la reivindicación 4, caracterizado porque dicho medio de absorción de radiación incluye una segunda placa de vidrio paralela a dicha placa de atenuador principal y que recibe las reflexiones a partir de la primera superficie, y un dispositivo de superficie de bloque óptico que recibe la energía óptica transmitida y reflejada a partir de dicha segunda placa de vidrio.

20 6. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dicha bobina de fibra óptica está constituida por una fibra óptica de pérdida reducida y de índice escalonado, revestida de una sustancia de amortiguación enrollada sobre un carrete bajo la forma de una serie de enrollamientos de una sola capa intercalados.

25 7. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según una cualquiera de las anteriores reivindicacio-

nes, caracterizado porque dicho reflector es eficaz a la longitud de onda del haz del radar óptico y transparente a la luz visible y porque dicho dispositivo incluye una fuente de luz visible y porque dicho dispositivo incluye una fuente de luz visible detrás de dicho espejo para iluminar la primera extremidad mencionada más arriba de dicha fibra óptica con el fin de alinearla con la mancha focal en cuestión.

5
10
15
8. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye un receptor parcial de impulso de radar óptico en la primera extremidad en cuestión de dicha bobina de fibra óptica, con lo cual se generan reflexiones múltiples de un impulso de radar óptico a partir del sistema de medición de distancia dentro de dicha bobina de fibra óptica para la observación de estas reflexiones por dicho sistema.

20
9. - Dispositivo simulador de alcance óptico de tipo pasivo según la reivindicación 8, caracterizado porque incluye unos medios para ajustar la separación entre la extremidad opuesta en cuestión de dicha longitud de fibra óptica y dicho reflector total de los impulsos de radar.

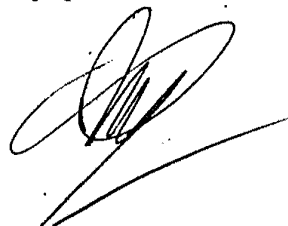
25
10.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de invención que se solicita: DISPOSITIVO SIMULADOR DE ALCANCE OPTICO DE TIPO PASIVO.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de treinta y una páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 2 de Marzo de 1.978 .

BERNARDO UNGRIA

p.p.



5

10

15

20

25

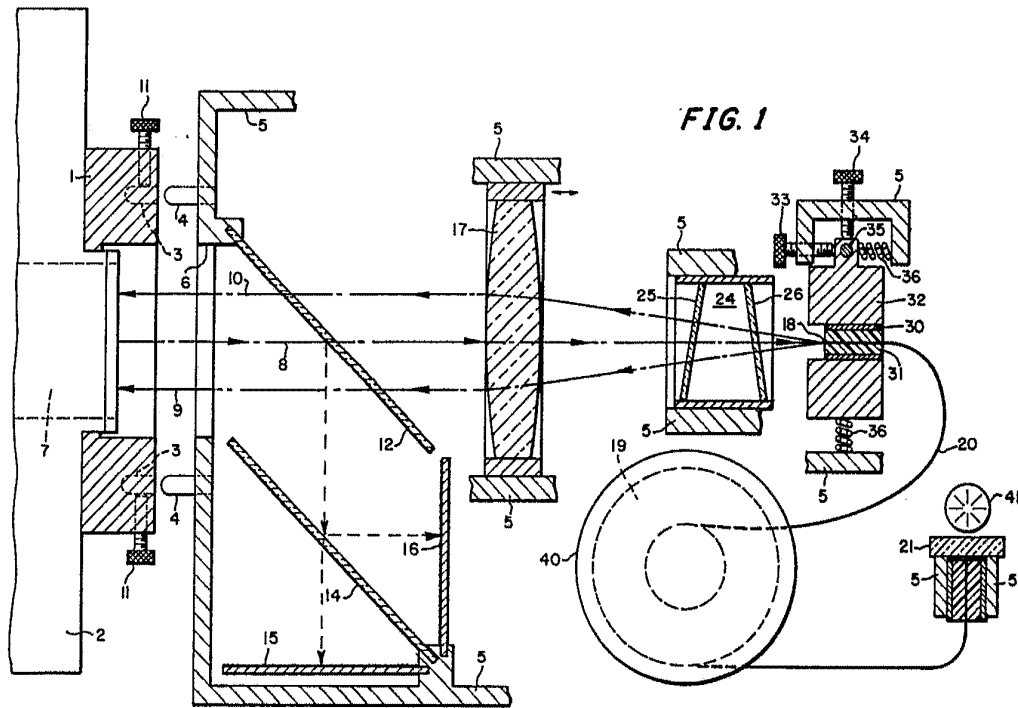
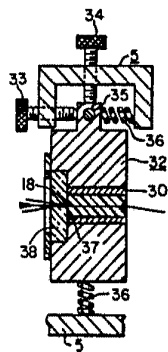


FIG. 2



ESCALA VARIABLE
Madrid, 2 de marzo de 1.970
BERNARDO UNGRIA