

CAVELIER

ABOGADOS

WEB SITE: www.caveller.com
E-MAIL: caveller@caveller.com

EDIFICIO SISKI
CARRERA 4 No. 72 - 35
BOGOTÁ 8, COLOMBIA

TELEFONO: (57) (1) 347-3611
TELEFAX: (57) (1) 211-8650 / (57) (1) 242-3170

Señora Jefe de la
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

SUPERINTENDENCIA Y COMERCIO
Radicación: 05.079.338
Fecha (OMB): 2005-08-25 16:50:34
Trámite: 1 OMB PATENTES D 1 REMITIVO/ 229 CUMPLEN
Dependencia: 0000 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

Folios: 29

Trámite : 002
Evento : 001
Actuación: 444

Referencia : Expediente No. 05.079.338
Solicitante : PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS
Asunto : Solicitud de patente para "SISTEMA PARA LA
MEDIDAD Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA SENSORES
DE FIBRA ÓPTICA"
Fecha de solicitud : 10 de agosto de 2005.

1. Yo, Emilio FERRERO, obrando como apoderado del solicitante en referencia, atentamente presento con este escrito la traducción al español de la descripción, reivindicaciones y resumen de la presente solicitud.

2. A pesar de haber aportado con la solicitud el texto en inglés y sin que exista norma legal que exija una traducción al español de la misma de acuerdo con el inciso 1.2.1.1. del Capítulo Primero, Título X de la Circular Única, presento su traducción al español para efectos de facilitar el examen y análisis de la presente solicitud.

2. Ruego a la Señora Jefe se sirva aceptar este escrito con sus anexos, y se continúe con el trámite de la solicitud.

Bogotá, 25 AGO. 2005
Señora Jefe,


EMILIO FERRERO
T.P.A. No. 31.929

COLO 00795 801 024 6
MRE/MRE/
ID-000467/WPCL0795

La presente invención se refiere a un sistema de lectura y adquisición de datos para sensores a fibra óptica, más específicamente la interfaz para lectura y adquisición de datos para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg (FBG) para aplicación en pozos de petróleo.

A partir de 1970, cuando se desarrollaron las telecomunicaciones ópticas basadas en fibras con atenuación suficientemente baja para permitir la propagación de la luz a distancias superiores a 1 km, se realizaron grandes progresos en el sentido de desarrollar en paralelo, técnicas de medición utilizando fibras ópticas para las más variadas mediciones físicas, químicas y aún biológicas. Los principales motivos de ese progreso, son algunas características inherentes a las fibras ópticas como: bajo peso, flexibilidad, larga distancia de transmisión, baja reactividad del material, aislamiento eléctrico e inmunidad electromagnética. Además de estas características, existe, en muchos casos, la posibilidad de enviar por el mismo medio de transmisión las señales de varios sensores, inclusive de magnitudes diferentes, y aún la posibilidad de realizar mediciones continuamente distribuidas a lo largo de la fibra sensora.

Los sensores a fibra óptica son, por lo tanto, sensores ópticos que utilizan fibras como medio de conexión para la luz entre lo que debe ser medido y la región de lectura. Se puede

dividirlos entre extrínsecos e intrínsecos. En la primera categoría están aquellos en los cuales la fibra sirve simplemente para guiar la luz y el efecto óptico que debe ser medido tiene lugar fuera de la fibra. En el segundo caso la fibra sirve también como medio donde tiene lugar el acoplamiento entre lo que debe ser medido y la luz, lo cual los vuelve más interesantes desde el punto de vista mecánico. Los sensores pueden ser también divididos en lo que se refiere al tipo de efecto óptico que debe ser medido, pudiendo ser una modificación en la intensidad, en la polarización, en el espectro o en la fase de la onda luminosa.

A partir del comienzo de la década de 1990, un nuevo componente adquiere cada día más importancia, tanto para las telecomunicaciones como por sus aplicaciones en el sector de los sensores. Este componente llamado red de Bragg o red de líneas de transmisión de Bragg, es nada más que un filtro óptico reflexivo con altísima selectividad espectral. Su construcción se basa en generar una modulación periódica en el índice de refracción del núcleo de la fibra; esta estructura refleja de forma eficiente la longitud de onda λ_b que satisface la condición de Bragg en primer orden para la incidencia normal, es decir, la ecuación (1):

$$\lambda_b = \lambda / 2n \quad (1)$$

donde λ es el período espacial de la modulación del índice y n el índice de refracción de la fibra.

La capacidad de detección de los sensores de redes de Bragg está relacionada con el hecho que λ_b puede ser modificado por esfuerzos mecánicos que modifican la periodicidad de la estructura, Λ , o a través de temperatura que modifica el índice de refracción n . Estas dependencias pueden ser resumidas, de manera aproximada, en la expresión de la ecuación (2):

$$\Delta\lambda_b / \lambda_b = 9 \times 10^{-6} \Delta T + 0,78 \varepsilon \dots\dots\dots (2)$$

donde ΔT es medido en $^{\circ}\text{C}$ y ε es adimensional (m/m). Las constantes numéricas son características del material que compone la fibra y, en particular la constante térmica, puede presentar variaciones entre fibras.

La gran atracción para el uso de las redes de Bragg para sensores está en el hecho de que la información está contenida en los espectros, lo cual significa que es una medida absoluta y fácil de combinar varios mensajes en el mismo medio de transmisión.

Para las longitudes de onda comúnmente utilizados (1300nm y 1550nm) la ecuación (2) implica que la medida de λ_b debe ser realizada con exactitud del orden de 1 pm, para obtener una exactitud de 1ppm (1 $\mu\text{m}/\text{m}$) de deformación o $0,1^{\circ}\text{C}$ en temperatura. Existen diversas formas de alcanzar este objetivo, como será descrito a continuación.

Diferentes procedimientos pueden ser empleados para la medición de deformaciones o variaciones de temperatura a

partir de las modificaciones inducidas en el espectro óptico de reflexión de redes de Bragg. La elección no es obvia y depende fundamentalmente de la aplicación a la cual se destina, debiendo en cada caso considerar las bandas de frecuencia involucradas, el número de sensores interrogados, su distribución espacial, la franja dinámica de deformaciones o temperaturas que deban ser medidas, limitaciones de espacio y peso del sistema de medición; y, evidentemente, el costo.

Algunas de las técnicas más utilizadas para la lectura de sensores a red de Bragg son aquellas que utilizan filtros de banda ajustable para el barrido del espectro óptico. En este contexto se incluye la técnica más simple, consistiendo en la lectura directa por medio de un Analizador de Espectro Óptico (OSA del inglés Optical Spectrum Analyzer). Es posible obtener una resolución del orden de 1 pm en la lectura del espectro, lo cual corresponde a deformaciones cercanas a 1 $\mu\text{m/m}$ o variaciones de temperatura de 0,1°C. La franja dinámica en la medición de deformaciones con OSAs comerciales es limitada de acuerdo con el número de sensores interrogados. Utilizando dos LEDs en las longitudes de onda típicas de 1300 nm y 1550 nm, la relación entre la franja dinámica, $\Delta\epsilon$, y el número de sensores, N , puede ser estimada por medio de la relación:

$$\Delta\epsilon = 10^5 / N \quad (\text{en } \mu\text{m/m}) \quad (3)$$

De esta manera, por ejemplo, para la lectura de 100 sensores utilizando un OSA comercial, la franja dinámica

estimada para cada punto de medición es del orden de 1.000 $\mu\text{m}/\text{m}$. La principal ventaja en el empleo de un OSA de uso general es la simplicidad y rapidez en el montaje del sistema de mediciones. Se debe considerar, no obstante, el costo elevado del equipo y la lentitud con que el barrido del espectro óptico es realizado - típicamente un barrido por minuto en una franja de 100 nm,- lo que prácticamente limita su utilización a mediciones estáticas. De esta forma esta técnica debe, en general, ser considerada en situaciones donde las mediciones no son permanentes, para que el equipo pueda ser utilizado en otras aplicaciones. En el caso que se desee medir un gran número de sensores en una misma fibra, esta alternativa puede considerarse económicamente atractiva.

Se debe dejar aclarado, además, que estos equipos pueden ser utilizados como un sistema de filtro fijo, semejante al que será discutido más adelante. Esta forma de aplicación permite la obtención de medidas dinámicas (algunas centenas de Hz), pero evidentemente no deberá ser empleada de forma continua debido al alto costo del equipo. Finalmente, una característica muy interesante es la facilidad de calibración que puede ser realizada, de forma continua o periódica, por medio de la introducción de una referencia de longitud de onda que puede ser una célula de gas o una red de Bragg en encapsulamiento térmicamente compensado.

Filtros de Fabry Perot, con banda espectral determinada

por una cavidad que puede ser dinámicamente alterada a través, por ejemplo, de actuadores piezoeléctricos, son también utilizados para realizar barridos espectrales. En un circuito óptico que puede ser empleado en conjunto con un filtro de Fabry Perot de banda pasante ajustable, se hace variar la banda pasante de manera alternada a través de rampas lineales, de tal manera que cada uno de los sensores interrogados es secuencialmente iluminado. Resoluciones cercanas a $1 \mu\text{m/m}$ también pueden ser obtenidas a través de esta técnica. Esos filtros tienen el barrido típicamente limitado aproximadamente a 100 nm, con respuesta en frecuencia que difícilmente excede algunas decenas de Hz. De la misma manera como suceden en el caso anterior, el costo de esta técnica no depende del número de sensores que deben ser interrogados, lo cual lo vuelve más competitivo a medida que la cantidad de puntos medidos aumenta.

En sistemas con un número no muy grande de sensores, una alternativa de menor costo emplea filtros espectrales fijos. Dichos filtros pueden ser del tipo Fabry Perot, interferómetro de Mach Zender, o aún una red de Bragg como en el caso de la invención. La Figura 1 adjunta presenta circuitos ópticos que utilizan esta técnica. El sistema emplea fuentes de banda ancha y la señal reflejada por la red utilizada como sensor es dirigida, a través de un acoplador de 3dB, hacia el filtro y hacia un detector de referencia. La señal óptica resultante

de la interacción con el filtro es entonces guiada hacia el otro detector, y su salida eléctrica es dividida por la obtenida a partir del detector de referencia. La utilización de una señal de referencia tiene por objetivo compensar fluctuaciones en la fuente óptica. Como se detalla más adelante, se comprobó en forma experimental que la implementación propuesta permite que la señal de lectura se mantenga estable, con una variación inferior a $\pm 0,5\%$ mientras que la potencia entregada por el LED es reducida en hasta el 30%. Las topologías propuestas para la lectura de cuatro sensores, presentadas en la Figura 1 a continuación, pueden ser fácilmente ampliadas hasta 16 sensores sin problemas técnicos aparentes. La utilización de dos fuentes vuelve al sistema más robusto. El costo de implementación de las soluciones propuestas en la Figura 1 es bastante pequeño para la lectura de solamente un sensor cuando es comparado con la adquisición de los equipos descritos anteriormente. No obstante, este costo crece linealmente a medida que más canales son agregados al sistema.

Además de la modularidad, otra importante ventaja en la utilización de filtros espectrales fijos es la posibilidad de aplicación en mediciones dinámicas. La franja de frecuencia es limitada por la respuesta de los fotodetectores utilizados pudiendo, sin dificultad, llegar a algunas centenas de kHz. El modelado computacional de la reflexión de una señal óptica de

banda ancha por el sensor y después por el filtro, indica que las menores imprecisiones son obtenidas utilizando dos redes (sensor y filtro) con espectros idénticos. La imprecisión y la resolución son dictadas por la respuesta en frecuencia del fotodetector, siendo posible, a partir de simulaciones, estimar que para medidas en una banda de 10Hz, imprecisiones de $\pm 0,1\%$ en una franja dinámica de $\pm 1.500 \mu\text{m/m}$ serían obtenidas.

Otra familia de procedimientos con potencial para aplicación en la lectura de sistemas que requieren la interrogación de varios sensores es aquella basada en un multiplexor temporal. Una posibilidad en ese sector consiste en la utilización de un equipo para Reflectometría en el Dominio del Tiempo (OTDR - *Optical Time Domain Reflectometer*). Las redes sensoras, que pueden ser escritas en una misma longitud de onda y en una misma fibra óptica, deben tener una reflectividad baja, del orden del 1% . Se debe aclarar, no obstante, que debido al principio de funcionamiento del OTDR, la utilización de esta técnica se limita a mediciones estáticas.

Entre las técnicas mencionadas, sin duda el sistema de filtro fijo es el de más bajo costo para pequeño número de sensores y es también el de respuesta más rápida, pudiendo alcanzar varios kHz dependiendo del circuito electrónico. De esta manera, el sistema de adquisición de datos expuesto a

continuación en el presente informe, utiliza un sistema de filtro fijo con redes de Bragg como filtros.

La patente US 5.401.956 muestra un sistema de diagnóstico práctico que funciona en cooperación con sensores remotos a fibra óptica conteniendo una red para medir la deformación estática, la deformación dinámica y/o las perturbaciones acústicas/vibratorias de los items o estructuras.

La patente US 5.426.297 muestra un sistema que permite una pluralidad de sensores a red de Bragg en una única fibra como asimismo en una pluralidad de fibras, teniendo cada una de ellas, una pluralidad de redes de Bragg que deben ser detectadas, y que detecta cada una de las longitudes de onda y desviaciones de las mismas reflejadas por la red de Bragg.

La patente US 5.493.390 muestra un sistema que comprende una fuente de luz, una fibra óptica conteniendo una red de Bragg formando un sensor que refleja una longitud de onda en respuesta a una perturbación; filtro opto-acústico ajustable integrado situado en la trayectoria de la luz emitida por el mencionado sensor para filtrar la luz recibida del sensor, la banda pasante del filtro es ajustable para superponerse a la longitud de onda de reflexión del sensor en respuesta a una señal de control del filtro, y para proporcionar una señal filtrada con potencia relacionada con la transmisión óptica; dispositivo de detección óptica para detectar la potencia de la señal filtrada y proporcionar una señal de detección y

dispositivo de procesamiento de señal en respuesta a la señal de detección para proporcionar la señal de control del filtro, detectar una desviación en la longitud de onda de reflexión debido a la perturbación, el dispositivo de procesamiento de la señal incluyendo dispositivos para ajustar la señal de control del filtro para acompañar desviaciones estáticas en la longitud de onda de reflexión y desviaciones dinámicas en la longitud de onda del sensor, debido a desviaciones estáticas y dinámicas en la perturbación, durante un cierto período de tiempo, y para proporcionar señales de salida indicativos de las desviaciones estáticas y dinámicas en la perturbación.

Se comprueba, no obstante, que a pesar de los abordajes descritos, la técnica aún necesita de un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg; el sistema debe contener: i) un sistema óptico de procesamiento de señales con una fuente óptica que transmite una señal a través de un acoplador óptico; dicha señal debe ser enviada hacia sensores a fibra óptica basados en redes de Bragg (FBG); las señales ópticas que retornan de los mencionados sensores a fibra óptica, pasan por acopladores y se dividen en la salida, produciendo señales de referencia que son enviadas hacia detectores; ii) un sistema electrónico de procesamiento de señales; y iii) un llaveador óptico con una interfaz, conectando los sensores a fibra óptica conteniendo redes de

Bragg para medir parámetros físicos como presión y temperatura en un pozo de petróleo y los sistemas óptico y electrónico; dicho sistema de lectura y adquisición de datos es descrito y reivindicado en el presente pedido.

De un modo amplio, la presente invención comprende un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica conteniendo redes de Bragg para la observación de parámetros físicos provenientes de un conjunto de pozos de petróleo; el mencionado sistema comprende:

- a) un sistema óptico de procesamiento de señales; dichas señales son provenientes de sensores de parámetros físicos instalados en un conjunto de pozos y resultantes de la longitud de onda reflejada como respuesta a una perturbación del parámetro físico medido;
- b) un sistema electrónico de procesamiento de señales para convertir las señales de intensidad óptica provenientes del sistema óptico a señales eléctricas a través de detectores que optimizan la relación señal/ruido;
- c) un llaveador óptico con una interfaz entre a) y b), para ampliar el número de pozos controlados.

De esta manera, la invención proporciona un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg para aplicación en pozos de petróleo.

La invención proporciona también un sistema de lectura y

adquisición de datos en las cuales menores imprecisiones son obtenidas utilizando dos redes (sensor y atenuador) con espectros idénticos.

La invención proporciona además, un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg, constituido por un sistema óptico de procesamiento de señales, un sistema electrónico de procesamiento de dichas señales y una interfaz dotada de llaveador óptico entre el sistema óptico y el sistema electrónico.

La invención suministra también un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg que atiende a la demanda para el control de presión y temperatura en pozos, para la adquisición de datos dinámicos.

La FIGURA 1 adjunta ilustra los circuitos ópticos del estado de la técnica utilizando redes de Bragg como filtros de banda pasante fija. La FIGURA 1A muestra el canal de lectura y el circuito para un sensor. La FIGURA 1B ilustra un circuito para cuatro sensores en fibras diferentes y la FIGURA 1C muestra el circuito para cuatro sensores en una misma fibra.

La FIGURA 2 adjunta, es un esquema de arquitectura de datos y control para pozos de petróleo basados en sensores a fibra óptica.

La FIGURA 3 adjunta es una serie de gráficos

45

representando la circunvolución entre las señales del sensor y las de referencia.

La FIGURA 4 adjunta es un diagrama del circuito óptico de la invención.

La FIGURA 5 adjunta es un diagrama de bloques del sistema electrónico.

La FIGURA 6 adjunta es un diagrama de bloques ilustrando las posibles versiones del módulo del llaveador óptico.

La invención se refiere, por lo tanto, a un sistema de lectura y adquisición de datos de superficie para sensores a fibra óptica de presión y temperatura basados en redes de Bragg, para ser utilizado en pozos de petróleo; el sistema está constituido por un sistema óptico de procesamiento de señales, un sistema electrónico de procesamiento de dichas señales y un llaveador óptico con una interfaz entre dicho sistema óptico y dicho sistema electrónico.

El sistema de adquisición de datos es adecuado para el uso en pozos de petróleo. Debe aclararse que la arquitectura propuesta en el transcurso del presente informe para el sistema de adquisición está compuesta por módulos individuales que pueden ser configurados en arquitecturas diferentes y que pueden ser expandidas, dependiendo del ámbito de la adquisición y del número de sensores.

La invención será descripta a continuación con relación a las Figuras adjuntas. La Figura 1 ilustra circuitos ópticos

del estado de la técnica utilizando redes de Bragg como filtros de banda pasante fija: La Figura 1A muestra el canal de lectura y el circuito para un sensor. La Figura 1B ilustra un circuito para cuatro sensores en fibras diferentes y la Figura 1C muestra el circuito para cuatro sensores en una misma fibra.

La Figura 2 es un esquema general del sistema de adquisición de datos de superficie para pozos de petróleo propuesto en la invención. De esta manera, sensores (10a) y (10b) de presión y temperatura a base de fibra óptica conteniendo red de Bragg son colocados en pozos de petróleo. En el módulo óptico (30) una fuente óptica (31) conectada a un modulador (32) envía luz a través de un acoplador (33a) y un llaveador óptico (20) hasta los sensores (10a) y (10b) de presión y temperatura en los pozos de petróleo. Los parámetros medidos por el sensor (10a) y por el sensor (10b) son dirigidos hacia un módulo electrónico (40), donde son procesados y convertidos a señales eléctricas a través de detectores que optimizan la relación señal/ruido.

Con el objetivo de obtener las menores imprecisiones en las mediciones, deben ser utilizadas dos redes de Bragg, es decir, la red del (de los) sensor (es) y la red del filtro con espectros idénticos.

La Figura 3 es un gráfico para la circunvolución entre las señales de un sensor (10a/10b) y el de referencia, es decir,

la comparación entre las señales ópticas provenientes de los sensores de cada canal y las de sus respectivas redes de referencia. De esta manera, las eventuales atenuaciones de la fibra y variaciones de la potencia óptica emitida por la fuente óptica (31) son automáticamente compensadas a través de la razón entre la señal recibida directamente del sensor (10a/10b) y la señal resultante de la circunvolución entre las señales.

La Figura 4 ilustra el detalle del módulo óptico (30) utilizado en la invención.

La fuente óptica (31) es basada en un diodo muy luminiscente (SLED) con potencia de 5mW que es modulada en amplitud por una señal senoidal de 1KHz, y es transmitida en uno de los brazos de un acoplador óptico (33a). La señal óptica generada por la fuente (31) es enviada hacia dos sensores (10a,10b) a fibra óptica basados en FBG. Los sensores (10a,10b) se destinan a medir la presión y la temperatura de pozos de petróleo y pueden ser cualesquiera sensores comerciales de presión y temperatura a fibra óptica conteniendo redes de Bragg. El retorno de la señal óptica de los dos sensores (10a,10b) pasa por un acoplador (33b) que divide la señal por dos salidas, (Salida 1) y (Salida 2).

La señal óptica de la primera salida (Salida1) pasa por otro acoplador (33c) que divide dicha señal en otras dos salidas: la de referencia de potencia del canal 1 (RefPot1) y la de

referencia del sensor del canal 1 (RefSens1).

La señal óptica de la segunda salida (Salida 2) también pasa por otro acoplador (33d), haciendo el procesamiento análogo al de la (Salida 1), es decir, divide en otras dos salidas: la de referencia de potencia del canal 2 (RefPot2) y la de referencia del sensor del canal 2 (RefSens2).

La señal de referencia de potencia del canal 1 (RefPot1) es enviada hacia un sensor detector (36a) a través de un atenuador fijo de 10 dB (34a).

Análogamente, la señal de referencia de potencia del canal 2 (RefPot2) es enviada hacia un sensor detector (36b) a través de un atenuador fijo de 10 dB (34b).

La corrección de la franja dinámica de la razón de potencia es dada por la utilización de los atenuadores (34a, 34b).

Los sensores detectores (36a até 36d) son basados en tecnología "PINFET".

El sensor detector (36c) recibe la señal proveniente de la circunvolución entre la señal reflejada del sensor 1 (Sens1) y la referencia fija interna (35a) (RefSens1).

Análogamente, el sensor detector (36d) recibe la señal proveniente de la circunvolución entre la señal reflejada del sensor 2 (Sens2) y la referencia fija interna (35b) (RefSens2).

Las redes de referencia interna (35a, 35b) son mantenidas a una temperatura constante a través del uso de un controlador.

de temperatura termo-eléctrico (no representado).

De manera resumida, para el cálculo de los parámetros medidos por el sensor 1 (10a), es evaluada la razón entre la intensidad óptica de la señal del sensor detector (36c) (circunvolución 1) y la del sensor detector (36a) (referencia de potencia del canal 1 - RefPot1).

Análogamente, para el cálculo de los parámetros medidos por el sensor 2, (10b) es evaluada la razón entre la intensidad óptica de la señal del sensor detector (36d) (circunvolución 2) y la del sensor detector (36b) (referencia de potencia del canal 2 - RefPot2).

La Figura 5 detalla el módulo (40) para el procesamiento electrónico de señales.

En el módulo (40), las señales de intensidad óptica son convertidas a señales eléctricas a través de detectores (41a, 41b, 41c, 41d) que optimizan la relación señal/ruido. Esos detectores también son del tipo PINFET.

Con el objetivo de transformar a los circuitos de detección inmunes a las tensiones de "off-set" de los circuitos electrónicos de entrada, obtener una estabilidad térmica del sistema de medición y volver posible la medición de bajísimas potencias con exactitud, es utilizada la modulación en amplitud por una señal senoidal de 1 KHz en la fuente óptica (31) y la respectiva demodulación en los circuitos detectores (41a, 41b, 41c, 41d).

50

Las señales eléctricas resultantes de los detectores (41a, 41b, 41c, 41d) son condicionadas y filtradas con la ayuda de filtros (LPF) (42a, 42b, 42c, 42d). En seguida, las señales son convertidas a la forma digital por medio de un conversor analógico-digital (A/D), a una tasa de 64 kbits/s, para que puedan ser procesados por un procesador digital de señales (DSP) (43).

El DSP (43) permite el cálculo de la razón entre las dos señales de potencia ya convertidas de analógica a digital de cada sensor (10a, 10b) y la detección sincrónica de las dos señales resultantes de la razón (picos de intensidad) a través del cálculo de una transformación rápida de Fourier (FFT) con la ventana Hanning.

Con la finalidad de mejorar la franja dinámica por la necesidad de una fuente de luz más potente y estable se recomienda utilizar un diodo muy luminiscente (SLED) (31) con estabilización de temperatura, a través del uso de un Estabilizador Termo-Eléctrico (TEC - Thermo Electric Cooler - Peltier). (44).

El mismo efecto de estabilización de la temperatura es producido en los filtros fijos de referencia interna (F1 y F2) a través del uso del TEC. Con el control de temperatura se garantiza la repetibilidad de las mediciones.

La interfaz PXI/cPCI (45) tiene la finalidad de convertir los datos de las mediciones de intensidad óptica afines con

5

las variaciones de las magnitudes físicas, digitalizadas por el conversor digital Analógico (ADC) del Procesador de Señal Digital (DSP) para la CPU vía barrido modelo industrial PXI para el posterior procesamiento.

La CPU (46) permite el procesamiento de las señales de intensidad ópticas clasificadas de los sensores (señales eléctricas de referencia, y fuente de luz convertidas y digitalizadas) con los datos de las curvas de calibración específicas de cada sensor (10a,10b) transformando esta correlación en magnitudes físicas de presión y temperatura; y el control del estado de funcionamiento del equipo y la comunicación con el dispositivo externo (controlador o sistema de supervisión).

La Figura 6 detalla las versiones del módulo (20) del llaveador óptico: multiplexor en 1:2 (21), 1:4 (22) y (23) sin llaveador. Las llaves ópticas externas son controladas por la CPU (46) del sistema y permiten la ampliación del número de pozos controlados, en este caso hasta cuatro pozos simultáneamente, siempre que las redes de todos los sensores tengan la misma longitud de onda y forma (habituados con los filtros de referencia) de las referencias internas (filtros FBG de referencia del equipo).

Las opciones del multiplexor de las llaves ópticas tienen por lo menos diez millones de ciclos de vida útil y son controladas externamente por una señal en serie.

52

Es necesario dejar aclarado que todos los circuitos (detectores y fuentes de luz) son montados en una única placa de circuito impreso para considerar la necesidad de compactación.

La finalidad del sistema de lectura y adquisición de datos de la invención es que puede ser utilizado en un ambiente industrial (superficie de los pozos), para garantizar las características principales del sistema: robustez, compactación e inmunidad al ruido EMI/RFI.

Como parte del sistema, se destaca el software elaborado, en el cual son incluidos los procesamientos de la señal (FFT con la ventana Hanning) en el DSP (43), las curvas de calibración, el estado y el control del funcionamiento del sistema en la CPU (46).

El funcionamiento del sistema propuesto se basa en la medición relativa de potencia óptica, ya que es procesada la razón entre las señales provenientes de cada elemento sensor óptico y su respectivo canal de referencia. El empleo de técnicas de modulación de la fuente óptica y la respectiva demodulación en los circuitos detectores permite que sean alcanzados reducidos niveles de "off-set", factor importante para la obtención de la estabilidad de largo plazo del sistema de medición.

La utilización de canales de referencia en los circuitos receptores permite que sean compensadas automáticamente eventuales atenuaciones de la fibra que contiene los sensores,

como asimismo las variaciones de la potencia óptica emitida.

El diferencial de implementación de la técnica de filtro fijo con referencia de potencia óptica es la modulación de amplitud de la fuente óptica con detección sincrónica de las señales resultantes por Transformación Rápida de Fourier, es decir, la forma de medición de las magnitudes físicas de los sensores de presión y temperatura (P&T) ópticos es efectuada por la correlación indirecta de la variación de longitud de onda en variación de intensidad recibida de cada red (sensor).

El método de lectura y procesamiento del retorno (luz) es efectuado por medio del procesamiento básico de los siguientes parámetros: medida de la intensidad de la fuente, medida de las referencias internas resultantes de cada filtro FBG de superficie, y la correlación de la señal óptica recibida del sensor (filtro FBG) y su red de líneas de transmisión de referencia en la superficie (relación entre la señal recibida de una red de líneas de transmisión sin variación de deformación y temperatura, con una red/sensor con variación de temperatura y deformación). La fuente óptica es modulada en amplitud, y la detección de la señal de respuesta eléctrica es realizada mediante procesamiento, utilizando FFT (Transformación Rápida de Fourier).

El presente sistema presenta las siguientes ventajas:

- comprende circuitos (detectores y fuentes de luz) montados en una única placa de circuito impreso, para atender la

59

necesidad de compactación;

- una fuente de luz más potente y estable es empleada, con la finalidad de mejorar la franja dinámica utilizando un SLED con estabilización de temperatura;
- el uso de detectores PINFET admite la falta de susceptibilidad a las interferencias;
- los filtros ópticos con control de temperatura permiten asegurar la repetibilidad del circuito;
- el DSP (43) y la CPU (46) permiten el procesamiento, la lectura, el almacenamiento y la comunicación con el controlador externo y el supervisor; eventuales atenuaciones de la fibra y variaciones de la potencia óptica emitida son automáticamente compensadas;
- el sistema suministra señales analógicas compatibles con la placa A/D a la cual se encuentra acoplado;
- es posible efectuar la medición de bajas potencias ópticas con exactitud;
- es efectuado el blindaje del sistema para que no existan interferencias EMI/RFI.

SS

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de lectura y adquisición de datos para sensores a fibra óptica, que contiene redes de Bragg para detectar magnitudes físicas provenientes de un pozo o un conjunto de pozos de petróleo, CARACTERIZÁNDOSE dicho sistema porque comprende:

- a. un sistema óptico de procesamiento de señales, siendo dichas señales: i) provenientes de sensores de parámetros físicos instalados en un pozo o conjunto de pozos y ii) resultantes de la compresión de onda reflejada en respuesta a una perturbación de la magnitud física medida;
- b. un sistema electrónico de procesamiento de señales para convertir las señales de intensidad óptica provenientes de dicho sistema óptico a señales eléctricas a través de detectores que optimizan la relación señal/ruido;
- c. un conmutador óptico con una interfase entre a) y b), para ampliar el número de pozos monitoreados.

2.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque las magnitudes físicas son presión y temperatura.

3.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque las redes de sensor y atenuador físico deben presentar espectros idénticos.

5b

4.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque los sensores se destinan para medir presión y temperatura de pozos de petróleo.

5.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque los sensores son cualquier tipo de sensores comerciales que utilizan la tecnología de redes de Bragg con la condición que las redes de referencia, y la red de los sensores tengan el mismo espectro.

6.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque en el módulo óptico una fuente óptica conectada a un modulador envía luz a través de un acoplador y un conmutador óptico hasta los sensores de los pozos de petróleo, siendo los parámetros medidos por el sensor y por el sensor enviados hacia un módulo electrónico, en donde los mismos son procesados y convertidos a señales eléctricas a través de detectores que optimizan la relación señal/ruido.

7.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 6, CARACTERIZADO porque la fuente óptica está basada en un diodo súper luminiscente con una potencia de 5mW modulada en amplitud por una señal senoidal de 1KHz.

8.- Sistema de acuerdo a la reivindicación 6, CARACTERIZADO porque comprende:

- a. transmitir la señal óptica generada por la fuente hacia uno de dos ramales de un acoplador óptico y enviar dicha señal a los sensores, pasando el retorno

57

de la señal óptica de los dos sensores por un acoplador que divide la señal en dos salidas (salida 1) y (salida 2).

- b. hacer pasar la señal óptica de la primera salida (salida 1) por otro acoplador, siendo dicha señal dividida en otras dos salidas en señal de referencia de potencia de canal 1 (RefPot1) y señal de referencia de sensor de canal 1 (RefSens1);
- c. de modo análogo a b), hacer pasar también la señal óptica de la segunda salida (salida 2) por otro acoplador, y siendo dicha señal dividida en otras dos señales en señal de referencia de potencia de canal 2 (RefPot2) y señal de referencia de sensor de canal 2 (RefSens2);
- d. enviar la señal de referencia de potencia de canal 1 (RefPot1) hacia un detector a través de un atenuador fijo de 10dB;
- e. enviar de modo análogo a d), la señal de referencia de potencia de canal 2 (RefPot2) hacia un detector a través de un atenuador fijo DE 10 dB;
- f. hacer que el detector reciba la señal proveniente de la convolución entre la señal reflejada de sensor 1 (Sens1) y la referencia fija interna (RefSens1);
- g. hacer, de modo análogo a f), que el detector reciba la señal proveniente de la convolución entre la señal

reflejada de sensor 2 (Sens2) y la referencia fija interna (RefSens2).

9.- Sistema según la reivindicación 8, CARACTERIZADO porque las redes de referencia interna son mantenidas a temperatura constante a través del uso de un controlador de temperatura termo-eléctrico.

10.- Sistema de acuerdo a la reivindicación 8, CARACTERIZADO porque para el cálculo de los parámetros medidos por el sensor 1, es evaluada la razón entre la intensidad óptica de la señal del detector (convolución 1) y del detector (referencia de potencia de canal 1 - RefPot1).

11.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 8, CARACTERIZADO porque para el cálculo de los parámetros medidos por el sensor 2, es evaluada la razón entre la intensidad óptica de la señal del detector (convolución 2) y del detector (referencia de potencia de canal 2 - RefPot2).

12.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 8, CARACTERIZADO porque la corrección de banda dinámica de razón de potencia está dada por la utilización de dos atenuadores.

13.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque en el módulo, las señales de intensidad óptica son convertidas a señales eléctricas a través de detectores que optimizan la relación señal/ruido.

14.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 12, CARACTERIZADO por utilizar la modulación en amplitud por una

39

señal senoidal de 1 KHz en la fuente óptica y respectiva desmodulación en los circuitos detectores.

15.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 12, CARACTERIZADO porque las señales eléctricas resultantes de los detectores son acondicionadas y filtradas con el auxilio de filtros pasabajos y a continuación convertidas a la forma digital por un conversor analógico-digital, y a un régimen de 64 kbits/s, para ser procesadas por un procesador digital de señales.

16.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque el módulo de conmutador óptico comprende multiplexación para dos sensores.

17.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque el módulo de conmutador óptico comprende multiplexación para cuatro sensores.

18.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque el módulo de conmutador óptico está exento de multiplexación.

60

R E S U M E N

Se describe un sistema de lectura y adquisición de datos para sensores a fibra óptica, que contiene redes de Bragg para detectar parámetros físicos provenientes de un conjunto de pozos de petróleo, comprendiendo dicho sistema un sistema óptico (30) de procesamiento de señales, siendo dichas señales: i) provenientes de sensores (10a, 10b) de parámetros físicos instalados en un conjunto de pozos y ii) resultantes de la compresión de ondas reflejadas en respuesta a una perturbación del parámetro físico medido; b) un sistema electrónico (40) de procesamiento de señales para convertir las señales de intensidad óptica provenientes de dicho sistema óptico (30) a través de detectores (36a, 36b, 36c, 36d) que optimizan la relación de señal/ruido a señales eléctricas que son digitalizadas y convertidas según un algoritmo que utiliza las constantes de curvas de calibración de cada sensor para la determinación de las magnitudes físicas de presión y temperatura; y c) un conmutador óptico (20) con una interfase entre a) y b), para ampliar el número de pozos monitoreados.

67

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Bogotá,
2020

Doctor(a)
FERRERO EMILIO
Apoderado(a) y/o Representante de
PETROLEO BRASILEIRO S.A PETROBRAS

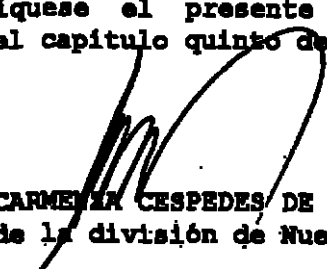
REFERENCIA Radicación No. 05 79338.
Trámite 2
Evento 1
Actuación 430
Oficio No. 8800

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

1. Se recuerda al interesado que debe presentar, dentro de los dieciséis meses siguientes contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud cuya prioridad se invoca, copia de la misma certificada por la autoridad que la expidió y, en los casos en que haya lugar, la traducción simple del capítulo reivindicatorio. El incumplimiento de éste plazo, acarreará la pérdida de la prioridad invocada.
2. Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el(los) inventor(s) al(los) solicitante(s) o a su(s) causante(s) (art. 26-k, Dec. 486/2000).
3. De la figura característica enviar por duplicado arte final en tamaño 12 x 12 cm.

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Unica No.10 de 2001.


ALIX CARMEN CESPEDES DE VERGEL
Jefe de la división de Nuevas Creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de
fecha 29 SET. 2005
adpal

~~Refused~~
W