

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 151 832**

②① Número de solicitud: 009801664

⑤① Int. Cl.⁷: B61K 9/12

G01M 17/10

G01N 29/04

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **04.08.1998**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2001**

Fecha de concesión: **07.06.2001**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **16.07.2001**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
16.07.2001

⑦③ Titular/es: **PATENTES TALGO, S.A.**
Montalban, 14
28014 Madrid, ES
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

⑦② Inventor/es: **Ibáñez Rodríguez, Alberto;**
Gómez-Ullate Alvear, Luis;
Anaya Velayos, José Javier;
Villanueva Martínez, Eugenio;
Parrilla Romero, Monserrat;
Fritsch Yusta, Carlos;
Sánchez Martín, Teresa;
Sánchez Revuelta, Angel Luis;
Martos Navarro, José Antonio y
Lupiáñez García, Antonio

⑦④ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

⑤④ Título: **Instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento.**

⑤⑦ Resumen:

Instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento. Comprende una viga carril (1) por cada carril ferroviario (8), un contracarril para asegurar el guiado de las ruedas, palpadores (P1, P2, P3, P4) destinados a entrar en contacto con las ruedas que pasan sobre ellos, portapalpadores montados en la viga carril para asegurar el contacto rueda-palpador, un equipo de ultrasonidos (12) para emitir hacia las ruedas pulsos ultrasónicos y generar las trazas ultrasónicas correspondientes, un procesador local (13) para controlar el equipo de ultrasonidos y recibir las señales de traza ultrasónica generadas, un ordenador (14), conectado al procesador local, para gestionar el equipo de ultrasonidos y una antena (15), conectada al ordenador, para identificar las composiciones de tren medidas. La invención es útil para detectar fisuras en la banda de rodadura de ruedas ferroviarias.

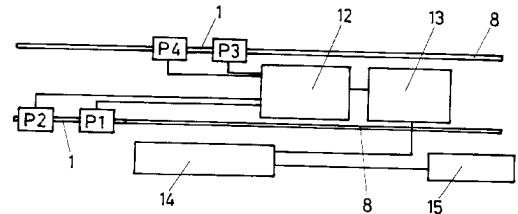


FIG.- 5

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento, especialmente para la detección de fisuras en dicha banda de rodadura, en la cual se utilizan ultrasonidos para generar trazas ultrasónicas de las ruedas al pasar éstas sobre palpadores montados en la vía.

Antecedentes de la invención

La técnica anterior se ha ocupado ya de la medición de ciertos parámetros de ruedas de vehículos ferroviarios. Así, en EP-A-0 751 371 se describen una instalación y un procedimiento para medir parámetros tales como grueso y altura de la pestaña de una rueda de vehículo ferroviario, diámetro de la rueda y distancia entre caras internas de ruedas montadas sobre un mismo eje, efectuándose la medición mientras el vehículo ferroviario se desplaza a velocidad de maniobra. Otro ejemplo puede encontrarse en US-A-4 866 642, en donde se calcula el diámetro de ruedas ferroviarias a partir de datos obtenidos produciendo simultáneamente dos puntos marcadores en la superficie de la banda de rodadura de la rueda y detectando simultáneamente estos puntos marcadores, así como a partir de datos que representan la posición fija conocida de los generadores de los puntos marcadores y de los sensores. Igualmente, en US-A-4 798 964 se describen un método y un aparato para medir sin contacto la calidad de la banda de rodadura de ruedas ferroviarias iluminando la superficie circunferencial de la rueda con una fuente de luz o de radiación que dirige su radiación al menos aproximadamente en dirección radial sobre la superficie de la rueda a fin de formar una imagen luminosa del perfil o de la banda de rodadura de la rueda.

Sumario de la invención

Partiendo de la técnica anterior conocida, la invención ha desarrollado una instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento, la cual está destinada a emplearse especialmente para la detección de fisuras en dicha banda de rodadura, pero podría utilizarse también para la medición de otros parámetros de rodadura de ruedas ferroviarias. Esta instalación se compone básicamente de una estructura de soporte, hecha de acero, que está formada por una viga carril por cada carril ferroviario, que sustituye a un tramo de éste y por la que se hace correr la pestaña de las ruedas del tren, estando garantizada la continuidad entre la viga carril y el carril ferroviario por medio de una unión atornillada; un contracarril adosado a cada viga carril para asegurar el guiado de las ruedas mientras se desplazan apoyándose con su pestaña sobre la viga carril; palpadores destinados a entrar en contacto con las ruedas que pasan sobre ellos; portapalpadores montados en la viga carril y dotados cada uno de ellos de dos guías y un muelle basculante de tal forma que el paso de las ruedas sobre las palpa-

res fuerza y asegura el contacto rueda-palpador; un equipo de ultrasonidos para emitir hacia las ruedas que pasan pulsos ultrasónicos de frecuencia y duración programables y generar y adquirir trazas ultrasónicas correspondientes a las ruedas; un procesador local para controlar el equipo de ultrasonidos y recibir de éste, en forma digital, las señales de las trazas ultrasónicas generadas; un ordenador conectado al procesador local y encargado de dar las órdenes de activación del equipo de ultrasonidos, recoger, organizar y almacenar los resultados de las medidas y generar los informes pertinentes; y una antena conectada al ordenador y destinada a identificar las composiciones de tren medidas.

Convenientemente, los portapalpadores pueden ser activados y desactivados para desplazarse verticalmente por medio de sendas guías previstas para ellos.

Preferiblemente, la instalación de la invención incluirá al menos dos palpadores por cada carril de vía, pero será posible instalar también cuatro de tales palpadores por cada carril.

Cada uno de los palpadores mencionados está formado por un transductor piezoeléctrico para generar y recibir ondas ultrasónicas superficiales, que utiliza un medio acoplante seco y lleva asociados dos detectores de proximidad inductivos para indicar la presencia de una rueda sobre el transductor. Preferiblemente, las ondas superficiales generadas y recibidas por cada transductor son de 1 MHz, y el medio acoplante seco utilizado en cada transductor es una lámina de goma virgen.

Según la invención, el equipo de ultrasonidos está diseñado para la generación, adquisición y procesamiento en tiempo real de señales ultrasónicas para la realización de ensayos no destructivos de materiales y consta de una parte analógica y una parte digital. Dicha parte analógica comprende módulos de tratamiento analógico de las señales ultrasónicas a adquirir que incluyen amplificadores de ganancia programable y etapas de prefiltrado, detección, amplificación logarítmica y multiplexado de canales, siendo dicha ganancia programable de 80 dB a 20 MHz y siendo dicha amplificación logarítmica de 100 dB. Dicha parte digital comprende un bus de arquitectura segmentada y un conjunto de módulos procesadores dedicados de alta eficiencia, estando formado dicho bus por segmentos separados por zócalos sobre los que se alojan los módulos procesadores.

Conforme a la invención, la elección de los módulos procesadores y su colocación en el bus de arquitectura segmentada permiten definir, de forma flexible, cadenas de adquisición y procesamiento de tipo "pipeline" con alto grado de paralelismo, que se adapten a las exigencias de cada aplicación, pudiéndose conseguir velocidades de adquisición de hasta 80 Mmuestras/s con una tasa de procesamiento sostenida de 10 Mmuestras/s. Existen módulos físicos de procesamiento digital y de tecnología mixta, y cada módulo dispone de un juego de parámetros programables y modos de operación. Además, algunos módulos fijos pueden modificar su propia arquitectura para realizar algoritmos diferentes, mediante una reconfiguración por software de sus circuitos internos.

Según la invención, la parte analógica del equipo de ultrasonidos está alojada en una tarjeta base analógica que sirve de soporte a los módulos de amplificación-filtrado analógicos a través de una serie de ranuras con canales analógicos en cada una de ellas y que contiene, además, un sistema de generación de tensión estabilizada para la alimentación de los módulos analógicos, la circuitería de selección de canal de entrada y un módulo analógico de detección de envolvente, gobernándose estos módulos a través del bus de control de dicha tarjeta. Dicha parte analógica incluye también una ranura adicional unida directamente al bus de control, lo que permite añadir una tarjeta de entradas-salidas digitales, que en el presente caso son para la detección de la presencia de las ruedas.

Por otro lado, la parte digital del equipo de ultrasonidos está alojada en una tarjeta base digital remota que sirve de soporte a los módulos de procesamiento digital y de arquitectura híbrida, los cuales están insertados en zócalos unidos al bus de control de dicha tarjeta, estando cada zócalo unido al zócalo siguiente mediante el bus de señal segmentado, a través del cual recibe los datos procesados por el módulo anterior y entrega sus resultados al módulo siguiente. La salida de cada módulo está unida, además, a una memoria de resultados. Dicha tarjeta base digital contiene además el subsistema de comunicaciones para la recepción de órdenes y envío de resultados, así como un procesador local que gobierna toda la tarjeta base digital y está encargado de programar los módulos, atender las comunicaciones y desencadenar la adquisición y procesamiento de señales.

Tanto la tarjeta base analógica como la tarjeta base digital están conectadas a una fuente de alimentación.

En una realización preferida de la invención, la tarjeta base analógica incorpora cuatro ranuras con dos canales analógicos cada una, y la tarjeta base digital remota incorpora cuatro zócalos.

Asimismo, según la invención, el equipo de ultrasonidos incluye una serie de generadores de impulsos programables conectados a los palpadores y a los módulos de amplificación, estando instalado en la ranura de entradas-salidas digitales de la tarjeta base analógica un módulo de control de los sensores de proximidad antes citados y estando instalados en la tarjeta base digital remota un módulo de control de ganancia, un módulo de conversión analógico/digital y un módulo de reducción de datos.

Según una realización preferida de la invención, están previstos cuatro generadores de impulsos programables y dos módulos de amplificación, instalados en la tarjeta base analógica, cada uno de los cuales incorpora dos amplificadores lineales de ganancia variable.

Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros objetos de la invención, así como sus características y ventajas específicas, se pondrán más claramente de manifiesto por referencia a la descripción detallada siguiente de una realización de la invención ilustrada en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista en alzado esquemático mostrando un bogie ferroviario con una rueda situada sobre un palpador de la instalación de la invención,

- la figura 2 es una vista de detalle esquemática mostrando la forma en que se aplica una rueda ferroviaria al palpador de la instalación de la invención,

- la figura 3 es una vista esquemática mostrando un portapalpador de la instalación de la invención,

- la figura 4 es una vista esquemática de un palpador complementado con dos detectores inductivos,

- la figura 5 es un diagrama de bloques de la instalación de la invención,

- la figura 6 es un esquema de la estructura general del equipo de ultrasonidos y el procesador local utilizados en la instalación de la invención,

- la figura 7 es una vista de la tarjeta base analógica utilizada por la invención,

- la figura 8 es una vista de la tarjeta base digital remota utilizada por la invención,

- la figura 9 es un diagrama de bloques del equipo de ultrasonidos de la instalación de la invención, aplicado a la detección de fisuras en ruedas ferroviarias, y

- la figura 10 ilustra la traza ultrasónica de una rueda obtenida con la instalación de la invención.

Descripción detallada de la invención

La instalación de la invención es un sistema dinámico que se utiliza con trenes en movimiento a velocidad de hasta 10 km/h y, por tal motivo, es necesario disponer de una estructura mecánica que garantice el paso de las ruedas y sirva de soporte a los palpadores que han de aplicarse a la periferia de la banda de rodadura de las ruedas a fin de detectar el estado de las mismas, debiendo quedar asegurado en todo momento el acoplamiento palpador-rueda.

Como se ilustra en las figuras 1 a 3, dicha estructura mecánica de soporte está hecha de acero y comprende una viga carril 1 dotada de contracarriles 2 con la doble finalidad de garantizar el guiado de la rueda 9 de un bogie 10 y actuar como medida de seguridad, dado que la rueda se desplaza sobre la viga carril 1 apoyándose en su pestaña. Dicha viga carril 1 sustituye a un tramo del carril ferroviario ordinario 8, estableciéndose la continuidad entre la viga carril 1 y el carril ferroviario 8 por medio de una unión atornillada 3.

La viga carril 1 sirve de soporte a los portadores 4 de los palpadores P destinados a aplicarse a la banda de rodadura de las ruedas 9 del bogie 10. Los portadores 4 están dotados cada uno de ellos de dos guías 5 y un muelle basculante 6 de tal

forma que el paso de la rueda 9 fuerza y asegura el contacto rueda-palpador.

En caso de que interese, cada uno de dichos portadores 4 puede ser activado y desactivado para desplazarlo verticalmente por medio de una guía 7.

Cada uno de los palpadores P está formado por un transductor piezoeléctrico para generar y recibir ondas superficiales de 1 MHz, utilizando dichos transductores como medio acoplante una lámina de goma virgen. Como se ilustra en la figura 4, los transductores están montados en un dispositivo mecánico que asegura el contacto de los mismos con las ruedas 9 durante la inspección de éstas.

Como se muestra también en la figura 4, cada palpador P lleva asociados dos detectores de proximidad inductivos 11 que indican la presencia de una rueda 9 sobre el transductor.

La instalación completa de la invención aparece ilustrada en el esquema de la figura 5, en el que se han representado cuatro palpadores P1, P2, P3 y P4 que, como se ha dicho, constituyen emisores-receptores de ondas ultrasónicas superficiales con acoplante seco y llevan detectores 11 de presencia de rueda, estando provistos de los dispositivos mecánicos 4 para adaptar el palpador a la rueda 9 en movimiento y regular la altura sobre la barra carril 1, así como los elementos añadidos a la barra carril 1 (contracarril 2) para el guiado de la rueda 9. Es posible instalar hasta cuatro palpadores P por cada barra carril 1.

El bloque 12 de la figura 5 ilustra el equipo de ultrasonidos de la instalación de la invención, el cual contiene dispositivos electrónicos para emitir pulsos ultrasónicos de frecuencia y variación variable, amplificadores de ganancia programable independientes para cada transductor, medios para aplicar correcciones de atenuación-distancia y medios para detectar la envolvente de las señales amplificadas.

El bloque 13 de la figura 5 ilustra el procesador local utilizado en la instalación de la invención, el cual controla el equipo de ultrasonidos 12 determinando el momento en que debe activarse cada canal en función de las señales proporcionadas por los detectores 11 de presencia de rueda y recibiendo (en forma digital) las trazas ultrasónicas desde el equipo de ultrasonidos 12. El procesador local 13 tiene capacidad de cálculo para analizar las señales y aplicar los algoritmos de evaluación del estado de la superficie de la banda de rodadura de las ruedas 9.

El bloque 14 de la figura 5 representa el ordenador utilizado en la instalación de la invención, el cual constituye el medio con el que el operador se relaciona con el sistema. Está conectado con el procesador local 13 del sistema (hasta una distancia de 1200 m) y se encarga de dar las órdenes de activación del equipo de ultrasonidos 12 y de recoger, organizar y almacenar los resultados de las medidas, así como de generar los impulsos pertinentes. El ordenador 14 está conectado a una antena 15 que permite identificar las composiciones de tren medidas. El ordenador 14 puede conectarse y controlar simultáneamente equipos de medida de otros parámetros.

La estructura general del equipo de ultrasoni-

dos 12 y del procesador local 13 de la instalación de la invención se ilustra en la figura 6 de los dibujos, en donde puede apreciarse que hay una parte analógica 16 y una parte digital 17. La parte analógica consta de módulos 18 de tratamiento analógico de las señales ultrasónicas a adquirir e incluye amplificadores de ganancia programable (80b, 20 MHz) y etapas de prefiltrado, detección, amplificación logarítmica (100 dB) y multiplexado de canales. Además, están presentes una unidad 19 de control de los módulos analógicos y una unidad 20 de control de generadores de impulsos que se describirán más adelante.

La parte digital 17 consiste en un potente sistema de procesamiento digital que permite aplicar, en tiempo real, algoritmos complejos a las señales ultrasónicas adquiridas. El núcleo de dicha parte digital 17 es un bus 21 de arquitectura segmentada y un conjunto de módulos procesadores dedicados MP0, MP1, MP2,... de alta eficiencia unidos a una línea de datos 22 de 8 bits y a una línea de direcciones 23 de 8 bits. El bus 21 está formado por segmentos separados por zócalos sobre los que se alojan los módulos procesadores MP0, MP1, MP2,... Las salidas de dichos módulos procesadores están unidas a memorias tampón L1, L2 capaces de almacenar transitoriamente el flujo de información entrante y de proporcionar datos conforme se van necesitando para ser procesados, estando unida la salida de dichas memorias tampón con una memoria 24 de captura de resultados intermedios.

El esquema de la figura 6 se completa con el procesador local 13, la unidad 25 de control de comunicaciones y la salida serie 26.

La adquisición y procesamiento de cada señal con el sistema ilustrado en la figura 6 puede desarrollarse en tres fases:

Fase 1

Programación de parámetros

Durante esta fase se establecen todos los valores requeridos para una adquisición que deban modificarse respecto a la adquisición anterior, así como los parámetros de procesamiento digital. Las modificaciones de la configuración de los módulos se realizan también en esta fase.

La programación de parámetros se realiza mediante lecturas y escrituras en las direcciones del bus de control del sistema. La operación es asíncrona y su duración depende estrechamente del número de ciclos lectura-escritura requeridos para fijar todos los parámetros. En el sistema de la figura 6 esta operación corre a cargo del procesador local 13.

Fase 2

Adquisición y procesamiento

Comienza con la generación de un disparo del transductor de un palpador P, la digitalización de las señales recibidas y su procesamiento digital en la cadena del sistema de la figura 6, y finaliza cuando la última muestra de información solicitada se encuentra disponible en la memoria de resultados 24.

En el sistema de la figura 6 estas dos operaciones se realizan concurrentemente, siguiendo un mecanismo productor-consumidor. No obstante, el módulo digitalizador de la parte de procesamiento digital 17 captura siempre cierto número

de muestras previas al evento que determina la adquisición y procesamiento. En este estado, la cadena de procesamiento posterior se mantiene a la espera del evento de disparo programado (cruce de umbral, determinación del tiempo de retardo, disparo por software, disparo externo, etc.). El final de la adquisición se determina con la programación del número de muestras a digitalizar. La secuencia de muestras contenidas en una adquisición se denomina traza.

El procesamiento se realiza siguiendo un modo de transferencia forzada a una velocidad constante de 10 Mmuestra/s. Así, se abre una ventana de tiempo cada 100 ns, durante la cual los módulos que poseen algún resultado lo entregan a su sucesor en la cadena. Este modo de operación se ha seleccionado para presentar un control muy sencillo, donde las temporizaciones involucradas no son críticas. Un reloj maestro de 20 MHz mantiene el sincronismo a lo largo de toda la cadena.

Es importante reseñar que existen diversas circunstancias por las que una secuencia de adquisición y procesamiento puede arrancar, pero no finalizar. Estas situaciones tienen su origen en diversas causas: no aparición de un evento de disparo, funcionamiento anormal de la circuitería, activación de protecciones, etc. El software de aplicación debe recuperarse automáticamente de estas situaciones de excepción y, a ser posible, emitir un diagnóstico de sus causas.

Fase 3

Transferencia de resultados

En general, los resultados se recogen sobre una memoria desde la salida de cualquiera de los módulos MP0, MP1, MP2,... configurados. Los circuitos incorporados en la tarjeta base facilitan la selección de cualquier módulo como fuente de resultados, lo que es de gran ayuda en trabajos de investigación y evaluación (por ejemplo, comparación en tiempo real de señales antes y después de un determinado procesamiento).

Sin embargo, en otras ocasiones, los propios módulos almacenan los resultados que obtienen, siendo leídos a través del bus de control. Esta opción permite que se disponga de varias informaciones simultáneas referentes a la misma adquisición, siendo de especial utilidad en el caso de la detección de picos.

El máximo paralelismo en la operación de los módulos procesadores MP0, MP1, MP2,... se mantiene aunque alguno de ellos requiera más ciclos de reloj para completar sus cálculos. Para ello, como ya se ha dicho, estos módulos disponen de memorias tampón L1, L2 capaces de almacenar transitoriamente el flujo de información entrante y de proporcionar datos conforme se van necesitando para ser procesados.

La estructura física del sistema representado en la figura 6 se compone de dos tarjetas base en las que se alojan los módulos de procesamiento digital y analógico: la tarjeta base analógica BANG (Figura 7) y la tarjeta base digital remota BDR (Figura 8). A estos dos componentes se añade la fuente de alimentación 33 (véase la figura 9).

La tarjeta base analógica BANG sirve de soporte a los módulos de amplificación-filtrado analógicos a través de cuatro ranuras SL0, SL1, SL2,

SL3, cada una de las cuales incluye dos canales analógicos CN. Así, la ranura SL0 incluye los canales CN0-1, la ranura SL1 los canales CN2-3, la ranura SL2 los canales CN4-5 y la ranura SL3 los canales CN6-7. La tarjeta BANG contiene, además, un sistema de generación de tensión estabilizada para la alimentación de los módulos analógicos, la circuitería 27 de selección de canal de entrada y un módulo analógico 28 de detección de envolvente. Estos módulos se gobiernan a través del bus de control 29.

La tarjeta BANG incluye una ranura adicional DIG que está unida directamente al bus de control 29 y que permite añadir una tarjeta de entrada-salidas digitales (en este caso, para la detección de presencia de ruedas 9).

La tarjeta BANG se completa con una salida de señal 30 y una unidad de control de ganancia 31.

La tarjeta base digital remota BDR sirve de soporte a los módulos de procesamiento digital y de arquitectura híbrida, los cuales se insertan en cuatro zócalos Z0, Z1, Z2, Z3 unidos al bus de control 32. Cada zócalo está unido al siguiente mediante el bus de señal segmentado 21, a través del cual recibe los datos procesados por el módulo anterior y entrega sus resultados al siguiente módulo. La salida de cada módulo puede dirigirse, además, a la memoria de resultados 24, pasando por las memorias tampón L1, L2 de almacenamiento transitorio.

La tarjeta BDR contiene, además, la unidad de control de comunicaciones 25 para la recepción de órdenes y envío de resultados, y todo el sistema está gobernado por el procesador local 13, que está encargado de programar los módulos, atender las comunicaciones y desencadenar la adquisición de señales.

En la figura 9 se ilustra la configuración del equipo de ultrasonidos 12 utilizado para la detección de fisuras en la instalación de la invención. Consta de cuatro generadores de impulsos programables PS1, PS2, PS3, PS4 que están conectados a los palpadores P1, P2, P3, P4 y a dos módulos de amplificación que incluyen cada uno de ellos dos amplificadores lineales AMP1, AMP2; AMP3, AMP4 de ganancia programable, instalados en los canales CN0-3 de la tarjeta base analógica BANG. Un módulo 32 de control de los sensores de proximidad 11 está instalado en la ranura DIG de entradas-salidas digitales de la tarjeta BANG, un módulo de control de ganancia CAT está instalado en el zócalo Z0 de la tarjeta base digital remota BR, un módulo de conversión analógico/digital A/D está instalado en el zócalo Z1 de la tarjeta BDR y un módulo de reducción de datos (REDUC) está instalado en el zócalo Z2 de la tarjeta BDR. El procesador local 13 instalado en la tarjeta BDR ejecuta el programa para manejar los módulos específicos dedicados a la detección de fisuras en las ruedas 9 de vehículos ferroviarios.

Una fuente de alimentación 33 recibe una tensión de 220 V en corriente alterna y suministra una tensión de ± 12 V en corriente continua a la tarjeta BANG y una tensión de ± 5 V en corriente continua a la tarjeta BDR.

Funcionamiento de la instalación de la invención

Cuando se recibe la orden de medir desde el ordenador 14, la instalación opera de la forma siguiente:

1. El procesador local 13 programa los componentes del equipo de ultrasonidos 12 de acuerdo con los parámetros suministrados (frecuencia y duración de los pulsos emitidos, ganancia de los amplificadores, frecuencias de digitalización, etc.). Pueden incluirse aquí también acciones aún no desarrolladas, como desplazar los palpadores P a la posición de medida en la viga carril 1.
2. El procesador local 13 interroga a los detectores 11 de rueda de cada palpador P, y cuando alguno informa de la presencia de una rueda 9, ordena al equipo de ultrasonidos 12 que emita el pulso programado y recoja y acondicione las señales detectadas por ese palpador. Estas señales corresponden tanto a la propagación del pulso emitido en sucesivas vueltas de la rueda 9 como a los ecos producidos por las imperfecciones presentes en la superficie de la banda de rodadura de dicha rueda. Esta señal digitalizada se almacena en el procesador local 13 para su posterior análisis.
3. Cuando el ordenador 14 da la señal de dejar de medir, el procesador local 13 analiza las señales almacenadas y da una evaluación del estado de cada rueda 9 medida, y esta valoración se transmite al ordenador 14.

Algoritmo para la evaluación de trazas ultrasónicas de ruedas de tren

Se describe seguidamente el sistema de detección de fisuras en la banda de rodaduras de ruedas de trenes utilizando la instalación de la invención explicada anteriormente con referencia a los dibujos. Se emplean dos palpadores ultrasónicos P1, P2; P3, P4 de ondas superficiales de 1 MHz en cada línea de vía, un equipo de ultrasonidos 12 para generar las trazas ultrasónicas al paso de las ruedas 9 sobre cada palpador, y un ordenador 14 para recoger las trazas, asignarlas a la rueda a la que corresponden y evaluarlas. El ordenador 14 está conectado a una antena 15 que lee los identificadores de las composiciones de tren medidas. Con esta disposición se obtienen dos trazas por cada rueda, decaladas 120° aproximadamente.

El equipo de ultrasonidos 12 es como el ilustrado en la figura 9 y está compuesto del mismo número de generadores de impulsos programables y de módulos que aparecen en dicha figura.

Los parámetros fijados para la generación de las trazas de las ruedas 9 son los siguientes:

- Diez pulsos de excitación de 1 MHz a amplitud dada.
- Ganancia de los amplificadores a 50 dB.
- Frecuencia de muestreo 8 Mmuestra/s.
- Longitud de las trazas 20 premuestras y 16.980 muestras.

- Factor de reducción 32.

Características de las trazas ultrasónicas

En cada traza pueden distinguirse las cinco zonas que aparecen en la figura 10 de los dibujos:

- A. Pulso de excitación del palpador.
- B. Zona de inspección de la primera mitad de la rueda.
- C. Primer pulso de transmisión directa (media rueda).
- D. Zona de inspección de la segunda mitad de la rueda.
- E. Segundo pulso de transmisión directa (final de rueda).

Mientras que la extensión de la zona A viene determinada por el sistema, la posición y tamaño de las restantes zonas dependen de las dimensiones de la rueda 9, el tipo de acero de que se compone y la temperatura.

Las imperfecciones en el estado de la llanta de la rueda 9 se manifiestan por ecos que aparecen en las zonas B y D, indicando la presencia de un pulso de la zona A el buen funcionamiento del generador de impulsos PS y del palpador P, mientras que los ecos en las zonas C y E revelan la calidad del acoplamiento entre el palpador P y la rueda 9.

Parametrización de trazas

El primer paso para evaluar el estado de la rueda 9 consiste en detectar y parametrizar los ecos que aparecen en la traza. El proceso se efectúa en los pasos siguientes: determinación de la línea base 34 de la traza, establecimiento de umbrales de detección 35 y validación de ecos, identificación y parametrización de ecos, identificación de ecos de transmisión directa y correlación entre ecos.

Obtención de la línea base y establecimiento de umbrales de detección y validación de ecos

La línea base 34 de la traza marca el nivel de la señal ultrasónica en las zonas libres de defectos de la rueda 9. Para aproximar este nivel, se opera del modo siguiente:

1. Se calcula el valor medio y la desviación estándar de los puntos de la traza, excluyendo la zona A.
2. Se genera una nueva traza con los puntos de la traza original cuya amplitud es inferior a la media más la desviación estándar calculadas en el paso 1.
3. Se calcula el valor medio y la desviación estándar de los puntos de la traza generada en el paso 2. Este valor medio se utiliza como estimación de amplitud de la línea base 34, mientras que la desviación estándar marca la cantidad de ruido intrínseco de la rueda 9 inspeccionada.
4. El umbral de detección 35 marca la amplitud por encima de la cual se considera que la señal puede pertenecer a un eco, que, para

validarse como tal, debe superar en algún momento el nivel de validación 36. En el presente caso, se ha utilizado como umbral de detección 35 la propia línea base 34 y como nivel de validación 36 el valor de la línea base 34 más cuatro veces la desviación estándar calculada en el paso 3. Estos valores se utilizan además para determinar la validez de la traza (detección de presencia de rueda). La traza se considera válida si la media más la desviación estándar superan el valor 0,001.

Detección y caracterización de ecos

Para localizar los ecos en la traza, se procede de la forma siguiente:

1. Se recorren ordenadamente los puntos de la traza hasta encontrar uno que supere el nivel de detección, anotando este punto como inicio de un eco.
2. Se continúa el recorrido de los puntos de la traza hasta que su valor vuelve a ser inferior al nivel de detección, marcando este punto como final de eco. Si alguno de los puntos del eco supera el nivel de validación 36, se añade el eco a la lista de ecos detectados.
3. Se vuelven a aplicar los pasos 1 y 2 hasta finalizar la traza.
4. Se corrige la lista de ecos detectados fundiendo en un solo eco aquéllos cuyo final dista menos de tres puntos del eco siguiente.
5. Para cada eco se anotan: el punto de inicio, su anchura en puntos, la posición y amplitud del valor máximo del eco, y la suma de las amplitudes de todos los puntos que lo componen.

Identificación de ecos de transmisión directa

El siguiente paso consiste en determinar la posición y distancia relativa de los ecos de transmisión directa (localización de las zonas C y E de la traza). La forma de hacer esto depende del número de trazas válidas de la rueda 9 de que se disponga:

1. Si se dispone de dos trazas, se genera una traza híbrida como el mínimo punto a punto de cada una de ellas, y de esta forma se eliminan todos los ecos que no aparecen en la misma posición (los ecos de transmisión directa coinciden en las dos trazas de la misma rueda). Para esta traza se genera una lista de ecos de la forma descrita en los dos apartados anteriores.
2. Se recorre la lista de ecos de la traza híbrida, si se dispone de dos trazas, o de la traza válida, si sólo hay una, y se buscan parejas de ecos en los que el punto de comienzo de uno de ellos esté al doble de distancia del punto de comienzo del otro, con un factor de tolerancia de 15 puntos, y que comiencen a más de 150 puntos del origen. En caso de existir varias parejas de pulsos que cumplan esta condición, se selecciona la pareja más alejada del origen de la traza.

3. Si los ecos de transmisión calculados provienen de una traza híbrida, se procede a identificarlos con la lista de ecos de cada una de las trazas originales. Para ello se buscan en cada una de las listas de ecos aquéllos que tienen intersección no nula con los ecos de transmisión de la traza híbrida. Si alguno de los ecos identificados tuviera una anchura superior a 35 puntos, se separa de él un eco de anchura igual al eco correspondiente de la otra traza, y el resto se añade a la lista como ecos independientes.

Correlación entre ecos

A continuación, se procede a identificar, para cada traza, los ecos de la lista que aparecen en la zona D de la traza y que son réplica de un eco de la zona B:

1. Se determina la distancia entre réplicas como la distancia entre los ecos de transmisión directa obtenidos.
2. Para cada eco de la zona B de cada traza, se comprueba si existe alguno en la zona D que tenga su punto de inicio a la distancia entre réplicas calculada, con un factor de tolerancia de 10 puntos. Si se cumple esta condición, se marcan los ecos como “poseedor de réplica” y “réplica”, respectivamente.

Si se dispone de dos trazas válidas de la rueda 9, se identifican los ecos de las dos trazas que han sido originados por el mismo reflector. Para ello, hay que tener en cuenta que la distancia entre los dos palpadores P1, P2; P3, P4 de la misma línea de vía 8 es de aproximadamente 870 mm, lo que, tomando 3000 m/s como valor de la velocidad del sonido en el acero y con los parámetros de adquisición utilizados, hace que las señales de los palpadores P2 y P3 estén adelantadas 140 puntos con respecto a la de los palpadores P1 y P4, respectivamente. El procedimiento es el siguiente:

1. Para cada traza se fija su longitud igual al valor del inicio del segundo seco de transmisión directa.
2. Para cada pico de cada traza que no esté marcado como réplica, se busca un pico en la otra traza que comience o termine 140 puntos antes (si el eco examinado pertenece a una traza de los palpadores P1 o P4) o 140 puntos después (si el eco proviene de los palpadores P2 o P3) que el eco analizado, con un factor de tolerancia de 6 puntos. Si se encuentra algún pico, se marcan ambos como ecos correspondientes. Si el posible eco cae en las zonas A, B o E, se marca el eco como con correspondencia en zona muerta. (Los cálculos de adelanto o retraso se hacen tomando como módulo la longitud calculada para la traza).

Evaluación de ruedas

En esta primera fase, la valoración del estado de la rueda 9 se efectúa atendiendo únicamente al valor del máximo de cada eco detectado y a su anchura, y se basa en la hipótesis de que los

ecos producidos por fisuras deben ser de gran amplitud, y en la observación de que los ecos muy anchos suelen corresponder a arrastrones y planos.

El algoritmo de valoración se desarrolla en los pasos siguientes:

1. Si ninguna de las trazas obtenidas para la rueda 9 está marcada como traza válida, la rueda se marca como no valorable.
2. Si no se han detectado los ecos de transmisión directa, la rueda 9 se marca como no valorable.
3. Si no se dan las condiciones fijadas en 1 y 2, se valora individualmente cada pico de cada traza marcada como válida. El valor de un eco se determina mediante la función lineal del valor del máximo, que asigna el valor cero a ecos con un valor del máximo igual a cero y el valor 2,5 a ecos con amplitud 255. El valor asignado se incrementa en 0,5 si el máximo del eco es superior a 250.
4. Se determina la anchura óptima del eco mediante una función lineal que asigna una anchura óptima de cero a ecos con un máximo de cero y de 20 puntos a ecos con un máximo de amplitud de 255. Si la anchura real es superior a la anchura óptima calculada, se

penaliza el eco asignándole el 85 % del valor asignado en el paso 3.

5. Se determina el máximo de los valores de pico asignados en los pasos 3 y 4 de entre todos los ecos de todas las trazas válidas, se redondea al entero más próximo (o a 1 si el resultado es 0) y se fija este valor como valor de rueda.

Procediendo en la forma preconizada por la invención, es posible detectar en una fase prematura las fisuras eventualmente existentes en la banda de rodadura de una rueda mientras el tren está en movimiento y adoptar las medidas de reparación correspondientes antes de que las fisuras aumenten de tamaño y causen mayor daño en la rueda, con lo cual se incrementará sensiblemente la seguridad del tráfico ferroviario.

Aunque en la descripción anterior se han puesto de relieve las características esenciales de la invención, se comprende que esta última podría ser objeto de modificaciones de forma y de detalle sin salirse por ello del ámbito de la invención. Por ejemplo, el número de palpadores, generadores de impulsos, módulos y demás componentes podría ser diferente al que aparece ilustrado en los dibujos. Por tanto, se pretende que el alcance de la invención quede limitado única y exclusivamente por el contenido de las reivindicaciones adjuntas.

5
10
15
20
25
30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Instalación para la evaluación automática del estado de la banda de rodadura en ruedas de trenes en movimiento, especialmente para la detección de fisuras en dicha banda de rodadura, **caracterizada** porque comprende una estructura de soporte, hecha de acero, que está formada por una viga carril (1) por cada carril ferroviario (8), que sustituye a un tramo de éste y por la que se hace correr la pestaña de las ruedas (9) del tren, estando garantizada la continuidad entre la viga carril y el carril ferroviario por medio de una unión atornillada (3); un contracarril (2) adosado a cada viga carril para asegurar el guiado de las ruedas mientras se desplazan apoyándose con su pestaña sobre la viga carril; palpadores (P) destinados a entrar en contacto con las ruedas que pasan sobre ellos; portapalpadores (4) montados en la viga carril y dotados cada uno de ellos de dos guías (5) y un muelle basculante (6) de tal forma que el paso de las ruedas sobre los palpadores fuerza y asegura el contacto rueda-palpador; un equipo de ultrasonidos (12) para emitir hacia las ruedas que pasan pulsos ultrasónicos de frecuencia y duración programables y generar y adquirir trazas ultrasónicas correspondientes a las ruedas; un procesador local (13) para controlar el equipo de ultrasonidos y recibir de éste, en forma digital, las señales de las trazas ultrasónicas generadas; un ordenador (14) conectado al procesador local y encargado de dar las órdenes de activación del equipo de ultrasonidos, recoger, organizar y almacenar los resultados de las medidas y generar los informes pertinentes; y una antena (15) conectada al ordenador y destinada a identificar las composiciones de tren medidas.

2. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** porque los portapalpadores (4) pueden ser activados y desactivados para desplazarse verticalmente por medio de sendas guías (7) previstas para ellos.

3. Instalación según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** porque incluye al menos dos palpadores (P1, P2; P3, P4) por cada carril de vía (8).

4. Instalación según la reivindicación 3, **caracterizada** porque incluye cuatro de tales palpadores por cada carril.

5. Instalación según las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque cada uno de los palpadores (P) está formado por un transductor piezoeléctrico para generar y recibir ondas ultrasónicas superficiales, que utiliza un medio acoplante seco y lleva asociados dos detectores de proximidad inductivos (11) para indicar la presencia de una rueda (9) sobre el transductor.

6. Instalación según la reivindicación 5, **caracterizada** porque las ondas superficiales generadas y recibidas por cada transductor son de 1 MHz, y el medio acoplante seco utilizado en cada transductor es una lámina de goma virgen.

7. Instalación según las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el equipo de ultrasonidos (12) está diseñado para la generación, adquisición y procesamiento en tiempo real de señales ultrasónicas para la realización de ensayos no destructivos de materiales y consta de una

parte analógica (16) y una parte digital (17), en donde dicha parte analógica comprende módulos (18) de tratamiento analógico de las señales ultrasónicas a adquirir, que incluyen amplificadores de ganancia programable y etapas de prefiltrado, detección, amplificación logarítmica y multiplexado de canales, y dicha parte digital comprende un bus (21) de arquitectura segmentada y un conjunto de módulos procesadores dedicados (MP0, MP1, MP2,...) de alta eficiencia, estando formado dicho bus por segmentos separados por zócalos sobre los que se alojan los módulos procesadores.

8. Instalación según la reivindicación 7, **caracterizada** porque dicha ganancia programable es de 80 dB a 20 MHz y dicha amplificación logarítmica es de 100 dB.

9. Instalación según las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizada** porque la parte analógica (16) del equipo de ultrasonidos (12) está alojada en una tarjeta base analógica (BANG) que sirve de soporte a los módulos de amplificación-filtrado analógicos a través de una serie de ranuras (SL0, SL1, SL2, SL3,...) con canales analógicos (CN0-1, CN2-3, CN4-5, CN6-7,...) en cada una de ellas y que contiene, además, un sistema de generación de tensión estabilizada para la alimentación de los módulos analógicos, la circuitería (27) de selección de canal de entrada y un módulo analógico (28) de detección de envolvente, gobernándose estos módulos a través del bus de control (29) de la tarjeta base analógica.

10. Instalación según la reivindicación 9, **caracterizada** porque dicha parte analógica incluye una ranura adicional (DIG) unida directamente al bus de control (29) y adecuada para añadir una tarjeta de entradas-salidas digitales para la detección de la presencia de las ruedas (9).

11. Instalación según las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizada** porque la parte digital (17) del equipo de ultrasonidos (12) está alojada en una tarjeta base digital remota (BDR) que sirve de soporte a los módulos de procesamiento digital y de arquitectura híbrida, los cuales están insertados en zócalos (Z0, Z1, Z2, Z3,...) unidos al bus de control (32) de la tarjeta base digital, estando cada zócalo unido al zócalo siguiente mediante el bus de señal segmentado (21), a través del cual recibe los datos procesados por el módulo anterior y entrega sus resultados al módulo siguiente, y estando la salida de cada módulo unida a una memoria de resultados (24), conteniendo además dicha tarjeta base digital un subsistema de comunicaciones (25) para la recepción de órdenes y envío de resultados, así como un procesador local (13) que gobierna toda la tarjeta base digital y está encargado de programar los módulos, atender las comunicaciones y desencadenar la adquisición y procesamiento de señales.

12. Instalación según las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizada** porque tanto la tarjeta base analógica (BANG) como la tarjeta base digital remota (BDR) están conectadas a una fuente de alimentación (33).

13. Instalación según las reivindicaciones 7 a 12, **caracterizada** porque la tarjeta base analógica (BANG) incorpora cuatro ranuras (SL0, SL1, SL2, SL3) con dos canales analógicos (CN0-

1, CN2-3, CN4-5, CN6-7) cada una, y la tarjeta base digital remota (BDR) incorpora cuatro zócalos (Z0, Z1, Z2, Z3).

14. Instalación según las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el equipo de ultrasonidos (12) incluye una serie de generadores de impulsos programables (PS1, PS2, PS3, PS4,... conectados a los palpadores (P1, P2, P3, P4,... y a los módulos de amplificación, estando instalado en la ranura (DIG) de entradas-salidas digitales de la tarjeta base analógica (BANG) un módulo (32) de control de los sensores de proximidad (11) y estando instalados en la tarjeta base digital re-

mota (BDR) un módulo (CAT) de control de ganancia, un módulo (A/D) de conversión analógico/digital y un módulo (REDUC) de reducción de datos.

5 15. Instalación según la reivindicación 14, **caracterizada** porque están previstos cuatro generadores de impulsos programables (PS1, PS2, PS3, PS4) y dos módulos de amplificación, instalados en la tarjeta base analógica (BANG), cada uno de los cuales incorpora dos amplificadores lineales (AMP1, AMP2; AMP3, AMP4) de ganancia variable.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

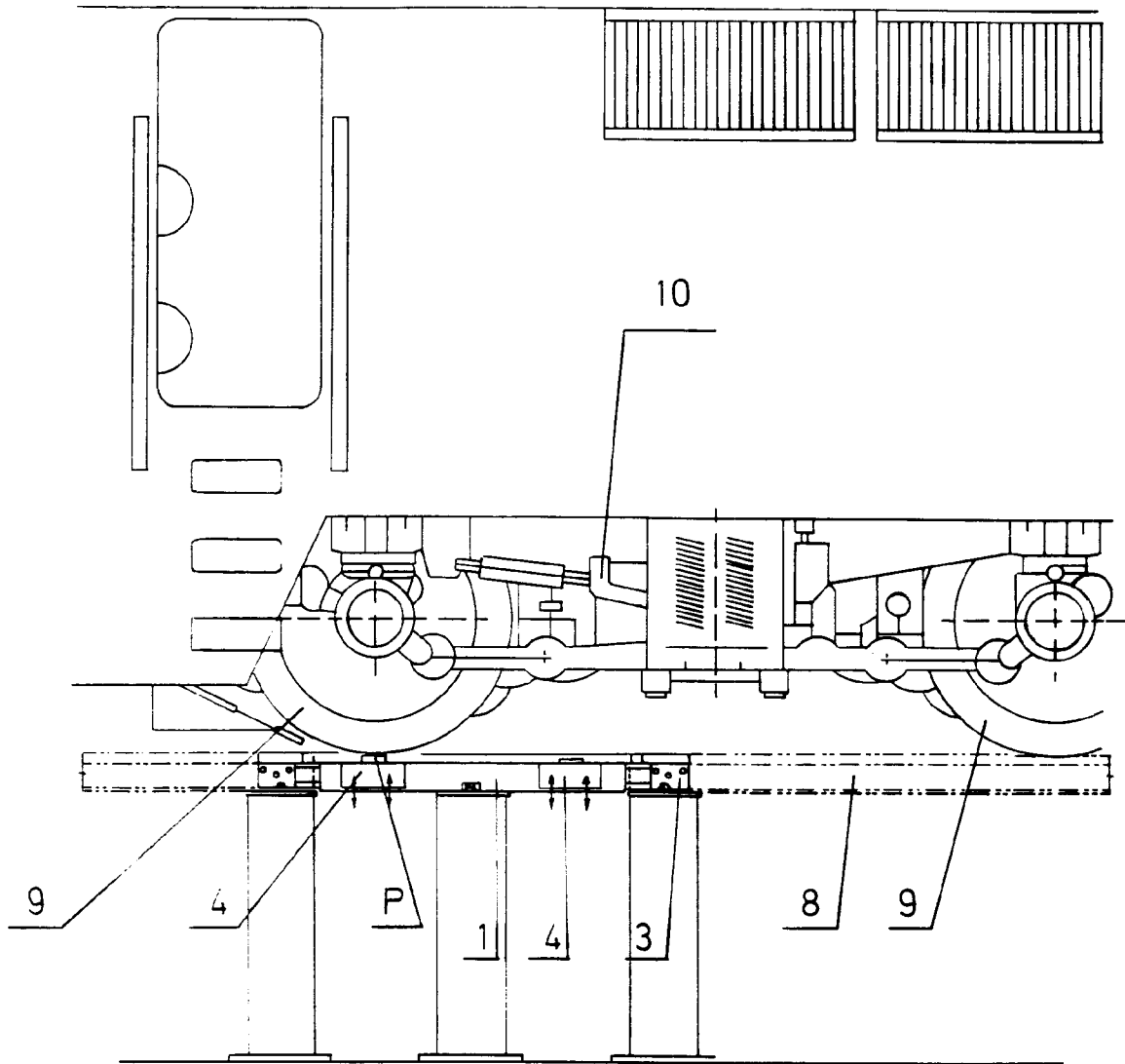


Fig. 1

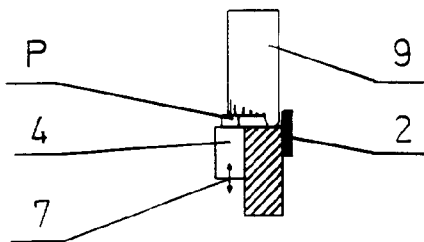


Fig. 2

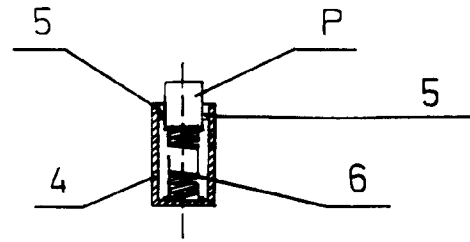


Fig. 3

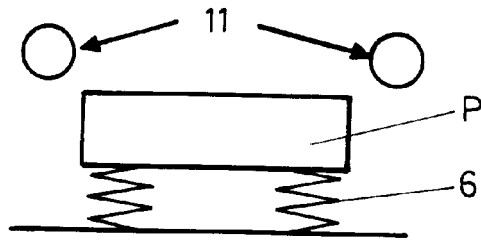


FIG.- 4

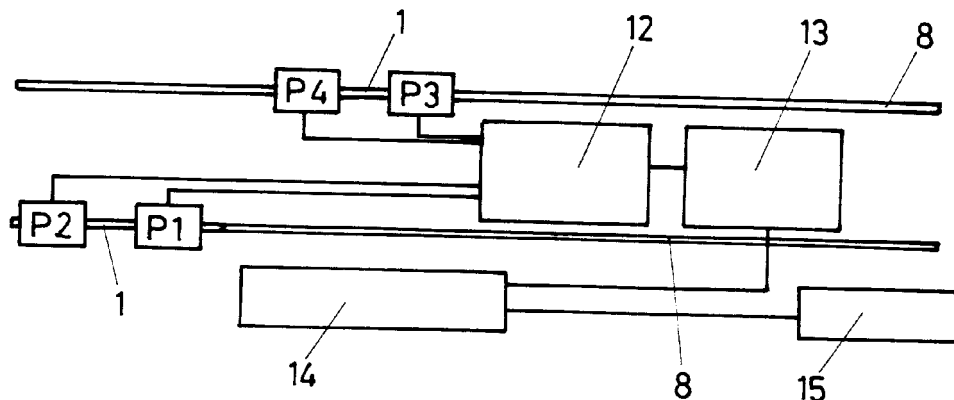


FIG.- 5

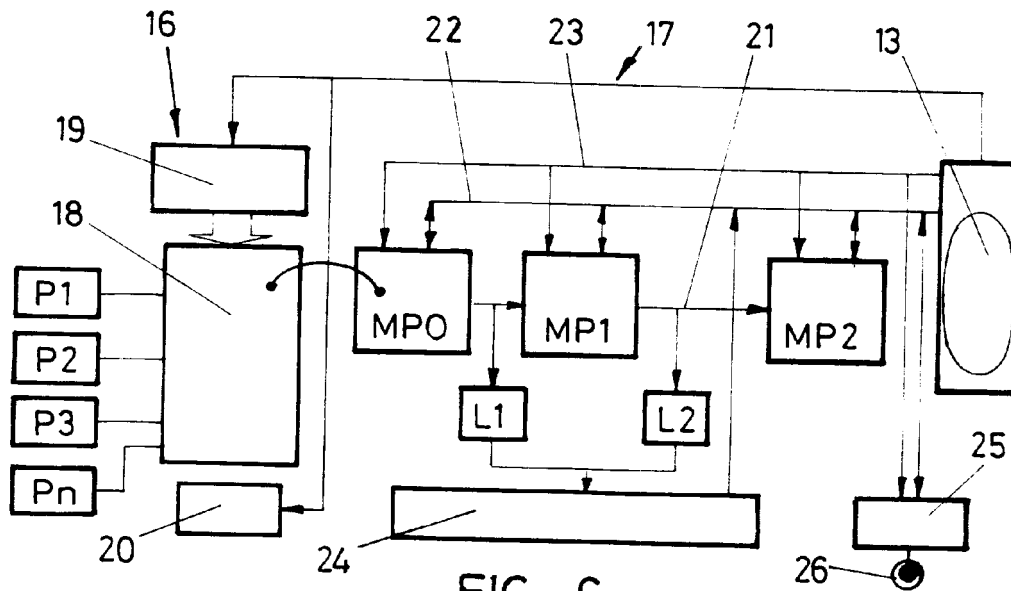


FIG.- 6

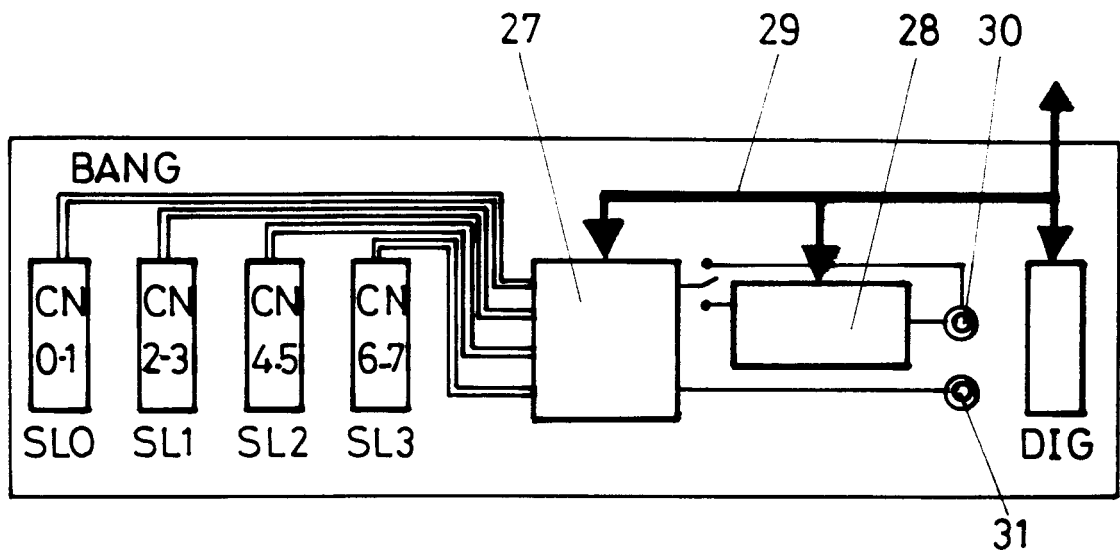


FIG:- 7

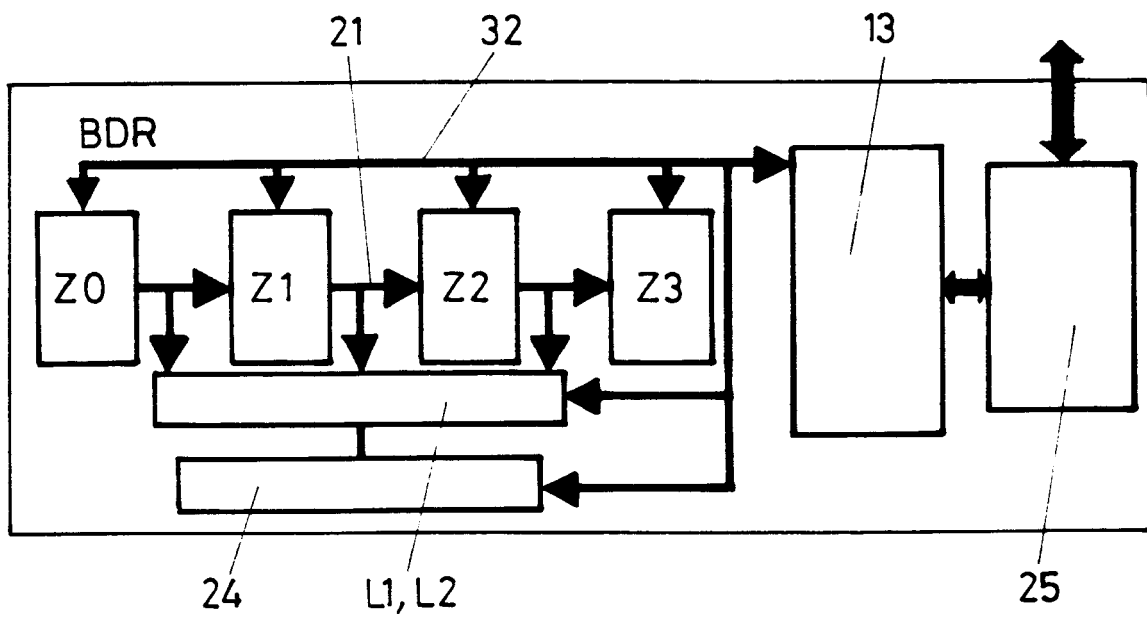
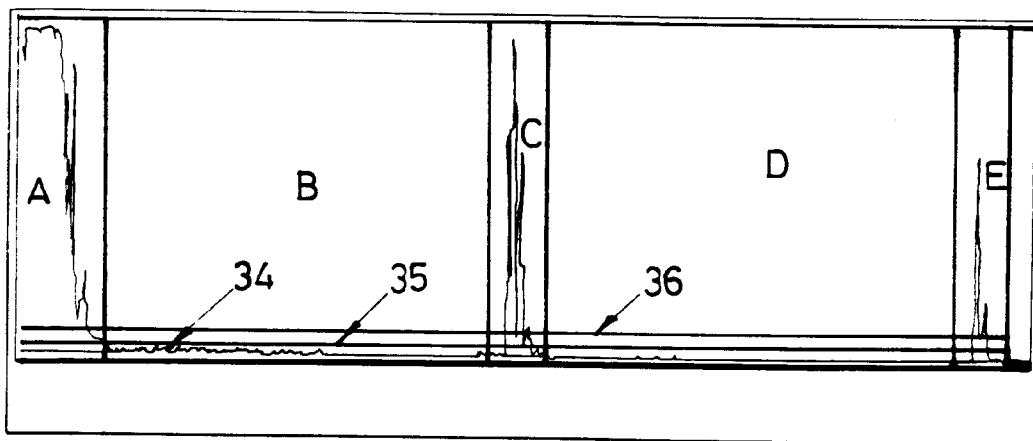
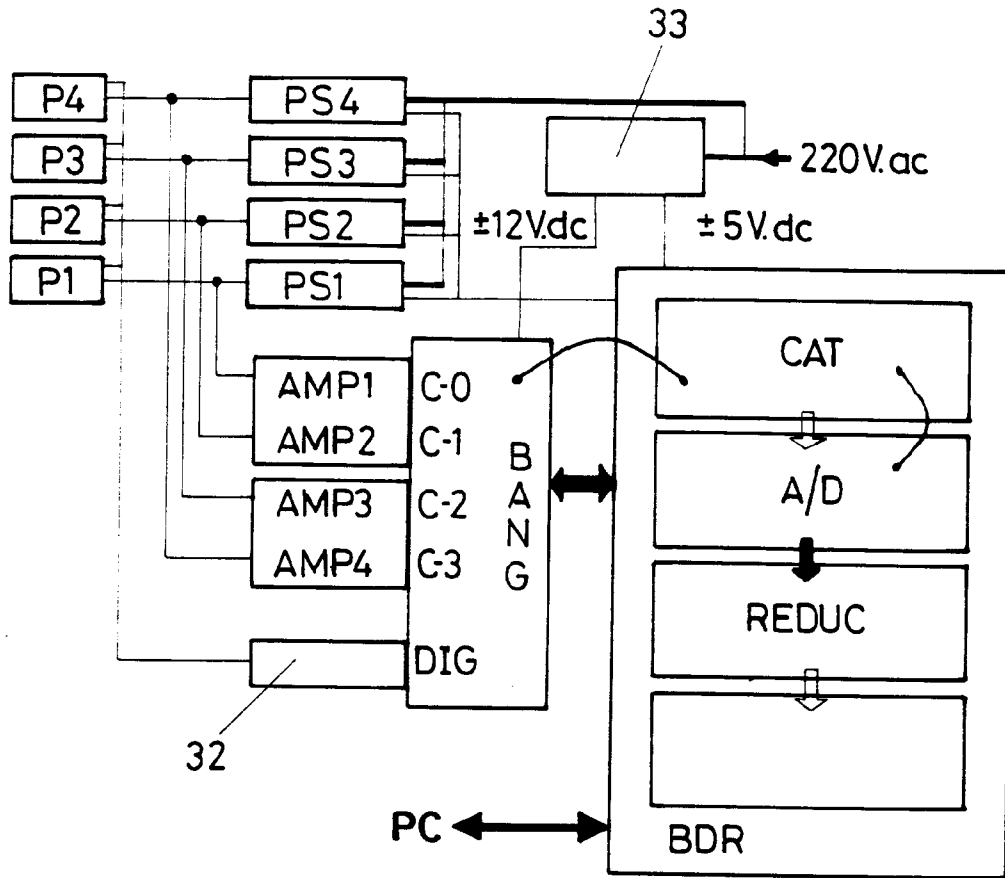


FIG:- 8





INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁷: B61K 9/12, G01M 17/10, G01N 29/04

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 3812708 A (COWAN et al.) 28.05.1974, columna 5, línea 10 - columna 9, línea 22; figuras 1-8.	1
A	EP 0555169 A (INVASTESA) 11.08.1993, columna 5, línea 4 - columna 6, línea 20; figuras 1-6.	1
A	US 4050292 A (BLOCH) 27.09.1977, todo el documento.	1
A	US 5654510 A (SCHNEIDER) 05.08.1997, todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
29.11.2000

Examinador
P. Pérez Fernández

Página
1/1