

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 830 052**

51 Int. Cl.:

B60T 13/66 (2006.01)

B60T 17/22 (2006.01)

B60T 15/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2016 PCT/US2016/067193**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2018 WO18111303**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2016 E 16843244 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2020 EP 3554904**

54 Título: **Sistema de control de freno de locomotora inteligente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2021

73 Titular/es:

NEW YORK AIR BRAKE, LLC (100.0%)
748 Starbuck Avenue
Watertown, NY 13601, US

72 Inventor/es:

WRIGHT, ERIC, C. y
REYNOLDS, JOHN M.

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 830 052 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de freno de locomotora inteligente

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a sistemas de frenado de locomotora y, más particularmente, a un sistema de freno de locomotora que puede aplicar selectivamente los frenos independiente y dinámico en respuesta a una aplicación de freno automático para responder a las actuales condiciones del tren y a la geometría de la vía.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Una locomotora tiene típicamente tres sistemas de freno independientes controlados individualmente. En primer lugar, una locomotora tiene el freno independiente que es un freno neumático solo de locomotora controlado por la palanca de freno independiente en la cabina de la locomotora. A continuación, una locomotora presenta un freno automático que aplica los frenos sobre el tren y sobre la locomotora por la palanca de freno automático. Finalmente, el freno dinámico que proporciona potencia de frenado procedente de los motores de tracción de locomotora y es controlado por la palanca de freno dinámico en la cabina de la locomotora.

20 Un tren que consiste en una o más locomotoras y hasta 200 vagones de carga puede tener más de dos millas de longitud. Esta longitud plantea una serie de cuestiones como que el tren puede estar desplazándose sobre un territorio complejo que incluye curvas y colinas que requieren que partes del tren estén frenándose mientras otras no. Se requiere así que el maquinista seleccione manualmente los mejores ajustes de freno, o la combinación de ajustes de freno, con respecto al estado del tren, la geometría de la vía sobre el que el tren está funcionando actualmente y de manera inminente para minimizar fuerzas en el tren a fin de impedir el descarrilamiento de los vagones o daños a la carga.

25 Este proceso de selección de freno se complica por una serie de factores. Por ejemplo, una aplicación de freno automático da como resultado una aplicación secuencial de los frenos de los vagones ferroviarios desde la parte delantera del tren hasta la parte trasera del tren y no impacta así en todo el tren al mismo tiempo. La existencia de holgura entre cada vagón ferroviario puede complicar además la aplicación del freno. Además, la liberación y recarga del freno (automático) del tren puede llevar muchos minutos dependiendo de la cantidad del freno aplicada y así no es posible un ciclo de conexión y desconexión rápidas de los frenos automáticos sin agotar el suministro de aire del tren. Si hay demasiada cantidad de freno de tren aplicada a una pendiente descendente y el tren se está decelerando indeseablemente, en lugar de soltar los frenos, el maquinista puede aumentar la potencia de tracción de la locomotora para tirar del tren cuesta abajo en contra de los frenos del tren. Esta práctica se conoce como "frenado de potencia" y supone un claro desperdicio de combustible y de los frenos.

30 Los frenos independiente y dinámico en la locomotora proveen al maquinista de unos medios para modular la aplicación y liberación de los frenos sobre la locomotora a fin de proporcionar alguna modulación total de la potencia de freno sobre el tren. Los frenos independiente y dinámico pueden aplicarse y soltarse de forma completamente independiente del freno automático y así es posible y común utilizar solo el freno independiente y/o el freno dinámico a fin de controlar la velocidad del tren cuando la geometría de la vía y los límites de velocidad permitan la práctica. Cuando se usan los frenos independiente o dinámico, esa locomotora (o composición de locomotoras) está frenando la masa de todo el tren desde la parte delantera del tren. Como resultado, pueden producirse fuerzas elevadas en el tren cuando la parte trasera del tren comprime la holgura entre cada vagón y choca contra la parte delantera del tren. Los ferrocarriles también pueden tener reglas y procedimientos de operación de trenes que priorizan el uso del freno dinámico de modo que haya menos desgaste en las zapatas de freno y las ruedas sobre la locomotora, y algunos ferrocarriles utilizan mecanismos de enclavamiento para impedir la aplicación simultánea de los frenos independiente y dinámico.

35 Finalmente, durante el frenado de emergencia, que es una aplicación de freno automático al máximo, el freno de emergencia automático de la locomotora se aplicará también sobre la locomotora. Para impedir elevadas fuerzas en el tren resultantes de la contracción del tren durante el frenado de emergencia, el maquinista está entrenado usualmente para "levantar" o soltar el freno de locomotora, de modo que la locomotora estire el tren durante la aplicación del freno de emergencia. Esta acción de estiramiento es solo de uso durante los segundos iniciales de la aplicación del freno de emergencia, mientras que la aplicación del freno automático de emergencia se propaga a través del tren y se aplican todos los frenos del tren. Una vez que se aplican los frenos del tren, es deseable aplicar los frenos de locomotora para lograr la mínima distancia de parada posible.

40 Es obvio que, en cualquier situación, incluyendo una emergencia, el maquinista posiblemente no puede conocer ni tener en consideración la dinámica del tren instantánea, la tasa de propagación del freno, la geometría de la vía y otros factores para determinar los ajustes óptimos, tales como levantamiento o reaplicación de los frenos de locomotora durante una parada de emergencia. En consecuencia, existe una necesidad de un sistema de control

de freno inteligente que pueda equilibrar los diferentes factores implicados en aplicaciones del freno, ya sea automático, independiente o dinámico, para ayudar a un maquinista a controlar de forma segura un tren.

5 Un sistema de frenado de tren y un procedimiento para su control con las características de las partes precaracterizadoras de las reivindicaciones 1 y 10 independientes, respectivamente, se divulgan en el documento US 5 249 125 A.

Breve resumen de la invención

10 La presente invención es un sistema de frenado inteligente que puede ordenar operaciones de frenado que difieren de las especificadas por el maquinista para lograr criterios predeterminados mientras se consigue aún el resultado de frenado total especificado por el maquinista. El sistema incluye una interfaz para recibir una entrada producida por un maquinista utilizando una palanca de freno automático y una palanca de freno dinámico y un controlador acoplado a la interfaz y que presenta un primer módulo para ordenar una aplicación de freno dinámico, un segundo
15 módulo para ordenar una aplicación de freno independiente, y un tercer módulo para ordenar una aplicación de freno de tren automático. El controlador está programado para ordenar una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno dinámico, o una combinación de las mismas, mientras se atenúa una entrada de aplicación de freno automático por un maquinista para conseguir por lo menos un criterio de frenado predeterminado. La aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que es
20 ordenada por el controlador debería lograr un efecto de frenado que es igual al que habría ocurrido de otra forma si el sistema hubiera permitido la cantidad total de la aplicación de freno automático que se introdujo por el maquinista. El criterio predeterminado puede incluir minimizar la cantidad de desgaste de piezas de sistema de freno consumibles, la cantidad de fuerzas en el tren que resultarán del frenado, y la cantidad de frenado de potencia posterior que puede necesitarse, así como combinaciones de las mismas. El controlador está programado para
25 incluir fórmulas estándar de la dinámica del tren que pueden calcular el funcionamiento actual y futuro del tren en una ruta dada. El controlador utiliza la fórmula de dinámica del tren para seleccionar la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que conseguirá el efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático producida por el maquinista.

30 El controlador puede programarse para compensar automáticamente un fallo de freno dinámico ordenando una aplicación de freno independiente o aplicación de freno automático equivalentes. El controlador puede obtener también realimentación sobre el funcionamiento del tren después de la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, y realizar un ajuste de la fórmula de dinámica del tren si el tren no se comporta como se espera. El controlador puede programarse además para mantener una
35 velocidad de tren particular controlando automáticamente una aplicación de freno dinámico, una aplicación de freno independiente, o una aplicación de freno automático, o una combinación de las mismas. El controlador puede estar programado también para compensar el estado del sistema de frenado del tren cuando se determina la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que logrará el efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático producida por el maquinista.

40 La presente invención incluye un procedimiento para controlar un sistema de frenado de tren proporcionando una interfaz para recibir la entrada de un maquinista utilizando una palanca de freno automático y una palanca de freno dinámico, un controlador acoplado a la interfaz y que presenta un primer módulo para ordenar una aplicación de freno dinámico, un segundo módulo para ordenar una aplicación de freno independiente, y un tercer módulo para
45 ordenar una aplicación de freno de tren automático. El controlador se usa entonces para ordenar una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno dinámico, o una combinación de las mismas, mientras se atenúa una entrada de aplicación de freno automático de un maquinista para lograr el criterio predeterminado. La aplicación del freno independiente o la aplicación del freno dinámico, o la combinación de las mismas, que es ordenada por el controlador deberá lograr un efecto de frenado que sea igual a la entrada de aplicación de freno
50 automático del maquinista. El procedimiento puede incluir la etapa de compensar automáticamente un fallo de freno dinámico controlando una aplicación de freno independiente equivalente o una aplicación de freno automático, o una combinación de las mismas. El procedimiento puede incluir también las etapas de obtener realimentación sobre el funcionamiento del tren después de la aplicación del freno independiente o la aplicación del freno dinámico, o la combinación de las mismas, y realizar un ajuste de la fórmula de dinámica del tren si el
55 tren no se comporta como se esperaba.

Breve descripción de las diversas vistas de lo(s) dibujo(s)

60 La presente invención se entenderá y se apreciará más completamente leyendo la siguiente descripción detallada en conjunción con los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un esquema de un sistema de control de freno inteligente interconectado con los sistemas de frenado de una locomotora según la presente invención;

65 La figura 2 es un esquema de un sistema de control de freno inteligente para una locomotora según la presente invención; y

La figura 3 es un esquema de un controlador para un sistema de control de freno inteligente para una locomotora según la presente invención;

5 La figura 4 es un diagrama de flujo de un proceso de control para un sistema de control de freno inteligente según la presente invención;

La figura 5 es un esquema de un enfoque de descenso segmentado implementado por un sistema de control de freno inteligente según la presente invención;

10 La figura 6 es un esquema de un sistema de control de freno inteligente para uso con un sistema de frenado de tren segmentado según la presente invención;

15 La figura 7 es un esquema de un tren que presenta un sistema de frenado de tren segmentado que está equipado con un sistema de control de freno inteligente según la presente invención; y

La figura 8 es un diagrama de flujo del proceso de gestión de freno automático según la presente invención; y

20 La figura 9 es un proceso de gestión de freno dinámico según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

25 Haciendo referencia a las figuras, en las que números similares se refieren a partes iguales en todo, se ve en la figura 1 un sistema de control de freno inteligente 10 para una locomotora 12 que interactúa con el freno dinámico existente 14 y un freno independiente 16 de la locomotora, así como el freno automático 18 que aplica los frenos de uno o más vagones ferroviarios 20 que son tirados por la locomotora 12. El sistema 10 puede estar configurado como un sistema autónomo, integrado en el freno controlado por ordenador de una locomotora o situado en el sistema de gestión de energía (o una combinación de los mismos).

30 Haciendo referencia a la figura 2, el sistema 10 comprende un controlador principal 22 que está en comunicación con el freno controlado por ordenador 24 de una locomotora o es parte de este. El freno controlado por ordenador 24 es el equipo de locomotora utilizado para responder a entradas producidas por el maquinista ejecutando u ordenando los ajustes del freno cuando son seleccionados por el maquinista, tal como el freno controlado por el ordenador CCB II® disponible en New York Air Brake, LLC de Watertown, Nueva York. Como se conoce en la técnica, el freno controlado por ordenador 24 recibe señales generadas por la palanca de freno automático 26 y la palanca de freno independiente 28 posicionadas en la cabina de una locomotora y es responsable de transformar las entradas de la palanca producidas por el usuario en órdenes del sistema de freno, tales como cambios en la presión 30 del tubo de freno (BP) utilizada para aplicar y liberar selectivamente los frenos de los vagones ferroviarios enganchados 20 y cambios en la presión de freno de locomotora 32 utilizada para aplicar y soltar selectivamente los frenos de locomotora.

45 El controlador 22 está también en comunicación con el dispositivo de final de tren (EOT) 34 para obtener la presión 36 del tubo de freno (BP) de EOT, que proporciona información sobre la propagación de las señales de freno a lo largo de la longitud del tren, y que puede determinarse comparando la presión del tubo de freno en el extremo de cabecera del tren con la presión del tubo de freno en la cola. Durante una liberación y recarga del freno, por ejemplo, el controlador 22 puede determinar el estrechamiento del tubo de freno de tren ($Presión_{Loco}BP - Presión_{EOT}BP$) y leer el flujo de aire hacia el tubo de freno en la locomotora 12 procedente del caudalímetro de aire del tubo de freno y determinar el estado de recarga del sistema de freno y los depósitos de freno en el tren. El controlador 22 está en comunicación con el freno dinámico 14 para aplicar y soltar selectivamente el freno dinámico 50 14 y con un módulo de realimentación de freno dinámico 38 que proporciona información sobre el estado de la corriente de freno dinámico en las rejillas de resistencia de freno dinámico. La potencia de freno dinámico es dependiente de la velocidad del tren, conociéndose la curva estándar de freno dinámico en la técnica y pudiendo utilizarse para esta finalidad. El controlador 22 puede obtener la velocidad del tren en un GPS 44 y obtener la corriente de realimentación de freno dinámico, que es proporcional a la fuerza de retardo de freno dinámico a esa velocidad, comparar la velocidad y la corriente de realimentación de freno dinámico con la curva característica de freno dinámico para esa locomotora a fin de determinar la fuerza de freno dinámico proporcionada sobre el tren. El controlador 22 está también en comunicación con una base de datos de composición de locomotoras de tren 40 que suministra información sobre la conformación del tren particular, tal como el número y el tipo de locomotoras en la composición de locomotoras, el número de vagones ferroviarios, el peso de los vagones ferroviarios, etc., que se necesita para determinar apropiadamente la dinámica del fren. El controlador 22 está en comunicación con una base de datos de vía 42 que tiene información sobre la vía que debe ser atravesada por el tren, tal como la pendiente y la curvatura de cada sección de la vía a lo largo de la ruta. El controlador 22 está también en comunicación con un dispositivo de localización 44 que identifica el lugar en el que el tren está localizado sobre la vía y también la rapidez y la dirección en que se está desplazando, tal como se proporciona por un sistema de posicionamiento global (GPS). Finalmente, el controlador 22 puede estar en comunicación con un acelerómetro 46 65 que proporciona datos sobre el cambio en la velocidad del tren.

Haciendo referencia a la figura 3, el controlador 22 incluye un módulo de dinámica del tren 50 que está programado para ejecutar fórmulas convencionales de dinámica del tren utilizando los diversos datos y la información proporcionada por el dispositivo EOT 34, el freno dinámico 14, la base de datos de composición de locomotoras de tren 40, la base de datos de vía 42, el dispositivo de localización 44 y, opcionalmente, el acelerómetro 46 para determinar las fuerzas en el tren cuando el tren atraviesa la vía. Los cálculos subyacentes se basan en las leyes de la física y son utilizadas actualmente por sistemas de control de tren, tales como el sistema LEADER® disponible en New York Air Brake, LLC de Watertown, Nueva York, para determinar el comportamiento presente de un tren y para predecir la forma en que el tren se comportará en el futuro cercano sobre la base de su dinámica actual y la pendiente y la curvatura de la próxima vía.

El controlador 22 incluye además un módulo de aplicación de freno dinámico 54, un módulo de aplicación de freno independiente 56, y un módulo de aplicación de freno automático 58. Estos módulos están programados para aplicar o soltar selectivamente los frenos correspondientes en respuesta a señales recibidas de la palanca automática 26 y la palanca independiente 28 a través de una interfaz de entrada de usuario 60. Por ejemplo, el módulo de aplicación de freno dinámico 54 y el módulo de aplicación de freno independiente 56 pueden estar programados para aplicar o soltar selectivamente el freno dinámico y/o el freno independiente en respuesta a un maquinista que realice una orden de freno automático utilizando la palanca de freno automático 26 sobre la base de la dinámica actual del tren cuando se determina por el módulo de dinámica del tren 50. La aplicación o liberación del freno dinámico y/o el freno independiente por el módulo de aplicación de freno dinámico 54 y el módulo de aplicación de freno independiente 56 puede realizarse además o en sustitución de una aplicación de freno automático que se habría realizado de otra manera en respuesta a la entrada del usuario.

El controlador 22 está programado para determinar si se aplica o se suelta el freno dinámico y/o el freno independiente sobre la base de uno o más criterios predeterminados, tales como la minimización de fuerzas en el tren, la minimización de la necesidad de frenado de potencia posterior y la minimización del uso de piezas de sistema de freno consumibles, mientras se proporciona la respuesta esperada por el maquinista sobre la base de la entrada de orden de freno automático inicial a través de la palanca 26. El controlador 22 puede estar programado opcionalmente para utilizar la información de aceleración procedente del acelerómetro 46 (o para calcular la aceleración procedente de cambios en la velocidad a lo largo del tiempo) a fin de determinar la efectividad de las diversas combinaciones de los tres sistemas de frenado para determinar qué combinación o combinaciones logran mejor el resultado deseado y para optimizar dinámicamente entonces la dinámica del tren utilizada por el módulo de dinámica del tren 50 para un frenado mejorado en el futuro.

Haciendo referencia a la figura 4, el controlador 22 puede estar configurado para ajustar su estrategia de control de freno en función de la magnitud de la orden de freno automático emitida por el maquinista. El controlador 22 puede leer la orden de freno automático, calcular las prestaciones del freno de tren esperadas y calcular una estrategia de frenado alterna que proporcione la misma potencia de freno de tren, pero optimizada sobre la base de uno o más criterios predeterminados, tales como la minimización de fuerzas en el tren, la minimización de la necesidad para el frenado de potencia posterior, y la minimización del uso de piezas del sistema de freno consumibles. Más específicamente, el controlador 22 puede estar programado para atenuar cualquier entrada de aplicación de freno automático de un maquinista y ordenar una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno dinámico, o una combinación de las mismas, que compense la aplicación de freno automático atenuada y logre los criterios de frenado predeterminados ajustados por el usuario. Por ejemplo, el controlador 22 puede ejecutar un proceso de anulación de orden de freno automático 70 en respuesta a un maquinista que ordena una aplicación de freno automático 72. Se realiza una comprobación 74 para determinar si la orden de freno es una orden de freno automático de nivel mínimo. Si lo es, el controlador 22 evalúa los criterios de frenado predeterminados (minimizar las fuerzas en el tren, minimizar la necesidad de frenado de potencia posterior, minimizar el uso de elementos de freno consumibles, etc.) utilizando la fórmula de dinámica del tren 76 y aplica entonces una cantidad suficiente de solo los frenos dinámicos y/o independiente para cumplir el criterio 78 sin aplicar los frenos de los vagones ferroviarios. Si la comprobación 74 determina que se solicitó más de una aplicación de freno mínimo, se realiza una segunda comprobación 80 para determinar si la orden de aplicación de freno automático 72 excede un primer umbral predeterminado de reducción de tubo de freno, tal como 7 psi, pero no excede un segundo umbral, tal como 15 psi. Si lo excede, el controlador 22 puede evaluar el criterio utilizando la dinámica del tren 82 y ejecutar entonces una aplicación de freno de tren automático reducido que se aumenta por una aplicación de freno independiente y/o dinámico 84 a fin de proporcionar la potencia de freno solicitada. Si la orden de freno 72 no satisface la comprobación 80, se realiza una tercera comprobación 86 para determinar si la orden de aplicación de freno automático 72 excede el segundo umbral predeterminado, tal como 15 psi. Si lo excede, el controlador 22 evalúa el criterio utilizando la dinámica del tren 88 y ejecuta una cantidad total de freno de tren automático solicitado 90. El controlador 22 puede ajustar así la cantidad de atenuación de la aplicación de freno automático entre la supresión completa de la aplicación de freno automático en escenarios de aplicación mínima y ausencia de supresión de la aplicación de freno automático en escenarios de emergencia.

Para aplicaciones de freno (de servicio y/o de emergencia) de tren automático, el controlador 22 puede secuenciar selectivamente la aplicación de los frenos dinámico y/o independiente sobre la locomotora y los frenos del tren para minimizar las fuerzas en el tren. Por ejemplo, es deseable en ciertas combinaciones de las condiciones

actuales del tren y la geometría de la vía apelonar el tren aplicando primero los frenos de locomotora y aplicando a continuación el freno del tren. En otras combinaciones de las condiciones del tren y la geometría de vía, es deseable estirar el tren aplicando primero el freno de tren automático mientras se levanta el freno de locomotora durante un periodo. El controlador 2 puede programarse entonces para modular o reaplicar los frenos de locomotora una vez que se ha conseguido el apelonamiento o el estiramiento deseado. En trenes con el tubo de freno segmentado, el controlador 22 puede estar programado para frenar secciones individuales del tren. En trenes electrónicamente controlados (EP), el controlador 22 puede estar programado todavía para frenar vagones o secciones individuales del tren.

En una aplicación de freno automático, el controlador 22 puede aplicar selectivamente el freno dinámico o independiente de la locomotora sobre la locomotora en lugar del freno automático en una tasa de aplicación y un nivel de aplicación calculados para minimizar las fuerzas en el tren. La cantidad de freno aplicada sobre la locomotora puede variar con el tiempo en función del estado de la propagación de la aplicación del freno del tren, la velocidad del tren y la geometría de la vía. El controlador 22 puede aplicar también preferentemente el freno dinámico sobre la locomotora en lugar o como suplemento de un freno automático parcial para minimizar el desgaste de la zapata de freno sobre la locomotora durante una aplicación de freno automático. Deberá reconocerse que la aplicación de freno particular seleccionada por el controlador 22 puede ser configurable para cualquier instalación particular, permitiendo así que un cliente lo optimice según las necesidades. Por ejemplo, el controlador 22 puede estar programado para proporcionar más peso a fin de minimizar el desgaste en un tren de carga y más peso a fin de minimizar fuerzas en el tren en un tren de pasajeros. El controlador 22 puede estar programado también para realizar las aplicaciones del freno que se permiten o incluso se requieren por las reglas de una jurisdicción particular, tales como las promulgadas por la Asociación de Ferrocarriles Americanos (AAR).

El controlador 22 puede utilizarse así para proporcionar un control de freno "monopalanca" en el que el maquinista solo necesita hacer una aplicación de freno a través de una palanca de freno automático 26, proporcionando el controlador automáticamente la aplicación óptima de freno dinámico y/o independiente, si la hay, sin ninguna entrada adicional del maquinista.

El controlador 22 puede incluir un módulo de realimentación de usuario 62 que puede colocarse en comunicación con cualquier pantalla de maquinista y programarse para hacer que la pantalla muestre posiciones de las palancas 26 y 28, incluyendo el mapeo de la tasa de aceleración o porcentaje de freno en vez de incrementos en psi de reducción del depósito equalizador (ER). La realimentación al maquinista del fren podría proporcionarse también en una pantalla EBV. En una locomotora AAR típica, por ejemplo, la posición de palanca de freno automático es proporcional a la cantidad de ER (presión que guía la presión de tubo de freno en el tren). El maquinista espera así ciertas presiones ER y BP para posiciones de palanca correspondientes. Debido a que el controlador 22 está utilizando la totalidad de los tres sistemas de freno disponibles en el tren para satisfacer óptimamente la solicitud de freno del maquinista, las presiones ER y BP reales podrían ser diferentes a lo esperado. El cambio en la realimentación de la pantalla al maquinista abordaría esta cuestión desplazando un porcentaje de freno en vez de o además de la reducción de ER/BP real que resulte.

El controlador 22 puede compensar también automáticamente un fallo de freno dinámico proporcionando una aplicación de freno independiente equivalente o una aplicación de freno automático. Por ejemplo, si tiene lugar un fallo de freno dinámico durante una solicitud de freno dinámico, el controlador 22 recibirá un aviso a través de este módulo de realimentación de freno dinámico 38 y puede proporcionar automáticamente el freno independiente equivalente, bien en toda la composición de locomotoras o solamente en la locomotora con el freno dinámico que ha fallado. El controlador 22 puede compensar así automáticamente la pérdida del esfuerzo de freno dinámico realizando un nivel equivalente de frenado de fricción utilizando los frenos independientes de toda la locomotora o incluso solo un bogie individual. Además, si el freno dinámico ha fallado previamente, y el maquinista lleva a cabo inconscientemente una aplicación de freno dinámico, el controlador 22 puede proporcionar automáticamente el freno independiente equivalente. Estos enfoques de compensación del controlador 22 mejoran significativamente la seguridad del tren. Con el uso del acelerómetro 46, el controlador 22 puede vigilar también la efectividad de cada tipo de aplicación de freno en un tren dado durante la operación, y ajustar los futuros niveles de aplicación de frenado sobre la base de la vigilancia. Por ejemplo, si una locomotora conectada tiene un fallo de freno dinámico no detectado de otra forma, la respuesta de freno dinámico será menor que la anticipada por el controlador 22. En este caso, el controlador 22 puede aplicar un frenado independiente adicional para compensar la eficiencia reducida del freno dinámico.

El controlador 22 puede estar programado para proporcionar una mezcla de freno dinámico. La potencia de freno dinámico disponible depende de la velocidad del tren. En particular, se reduce la fuerza del freno dinámico disponible cuando la velocidad del tren se aproxima a cero. El controlador 22 puede aumentar la pérdida de la potencia de freno dinámico debido a la ralentización del fren aplicando automáticamente una cantidad compensadora del freno independiente.

El controlador 22 puede estar programado para mantener la velocidad del tren y/o reducir y mantener la velocidad para cumplir cualesquiera límites de velocidad por la aplicación automática de la combinación óptima de los frenos dinámico, independiente y automático. En este modo, el controlador 22 calcula la aplicación de freno automático

necesaria mínima para las condiciones actuales y la pendiente que se aproxima y determina entonces la acción de frenado apropiada para maximizar la contribución de freno dinámico/freno independiente a fin de proporcionar la posibilidad de modulación de freno máximo para el tren en esta situación de pendiente. Por ejemplo, cuando se aproxima una larga pendiente descendente, el maquinista puede seleccionar una opción para la modulación de freno automático a fin de mantener óptimamente una velocidad objetivo. Cuando se aproxima la pendiente, el controlador 22 puede determinar la velocidad actual del tren y compararla con una velocidad óptima para comenzar a atravesar la pendiente. El controlador 22 puede ralentizar el tren a fin de reducir la velocidad hasta la velocidad de entrada óptima cuando sea necesario. El controlador 22 puede calcular entonces el freno automático requerido mínimo para toda la pendiente, o para esa parte de la pendiente hasta que será seguro soltar y recargar el freno automático. El controlador 22 puede aplicar el freno automático a la cantidad calculada. En función del perfil de la vía, el control puede realizar la aplicación del freno en una o más reducciones divididas, es decir, una pequeña aplicación de freno automático seguida incrementalmente por una o más aplicaciones de freno grandes crecientes (el freno automático en un tren puede aplicarse en etapas, pero puede soltarse solo en una única etapa, denominada liberación directa). El controlador 22 puede mantener entonces la velocidad objetivo modulando los frenos dinámicos y/o independientes. Si el tren está equipado con un tubo de freno segmentado, entonces el controlador puede aplicar y soltar asincrónicamente los frenos automáticos en cada segmento de tubo de freno además de modular los frenos dinámico e independiente. El modo de control de freno automático del controlador 22 puede terminarse en respuesta a cualquier aplicación de freno manual posterior, o por el final de la pendiente descendente y la eliminación correspondiente de la necesidad de una aplicación de freno para mantener la velocidad del tren.

El controlador 22 puede estar programado también con normas que regulan las “reducciones divididas” del freno de tren automático incrementales mínimas sobre la base de la longitud del tren en la base de datos 40 de la composición de locomotoras del tren, la presión de tubo de freno de EOT 36 del dispositivo EOT 34 en el último vagón, el estrechamiento de tubo de freno (presión BP en la locomotora menos la presión BP en el EOT), el flujo BP y factores relacionados. Análogamente, el controlador 22 puede estar programado para establecer dinámicamente una aplicación mínima de freno automático sobre la base del estado de recarga de los frenos sobre la base de la longitud del tren, la presión de tubo de freno de EOT 36, el estrechamiento de tubo de freno (presión BP en la locomotora menos la presión BP en el EOT), el flujo BP y factores relacionados. Si los frenos del tren se han soltado recientemente, y los frenos deben reaplicarse inmediatamente, entonces la reaplicación debe ser mayor que la aplicación del freno que se acaba de liberar para asegurar que la aplicación del freno se propague a través del tren. Si la liberación y la recarga es parcialmente completa, entonces la reaplicación del freno debe ser mayor que el estrechamiento de tubo de freno medido en ese momento o, preferentemente, si se conoce el estrechamiento de estado constante, sobre la base de la medición anterior mientras los frenos se sueltan y se recargan completamente, entonces la reaplicación de ser, por lo menos, como un ejemplo:

$$[\text{Estrechamiento de tubo de freno}]_{\text{actual}} - [\text{Estrechamiento de tubo de freno}]_{\text{estando constante}}$$

o por lo menos una reducción de tubo de freno de 6 psi, cualquiera que sea mayor. El controlador 22 puede aumentar también el nivel de frenado del tren si el controlador 22 determina que la capacidad de frenado del tren es menor que el 100 por ciento cargado. Este enfoque de compensación es particularmente importante para trenes que son frenados reduciendo la presión de tubo de freno de tren para hacer que el aire fluya desde los depósitos de almacenamiento de aire comprimido hasta los cilindros de freno de los vagones ferroviarios individuales. El controlador 22 puede vigilar la presión de tubo de freno, así como el caudal de aire comprimido desde el depósito principal hasta el tubo de freno para calcular el nivel de carga de los depósitos de almacenamiento de aire comprimido de los vagones ferroviarios. Cuando esté disponible, el controlador 22 puede utilizar también parámetros adicionales para refinar además la precisión de este cálculo, tal como la longitud del tren. Cuando el controlador 22 calcula que los depósitos de los vagones de cola no están completamente cargados, el controlador 22 puede ordenar una reducción del tubo de freno mayor que el valor nominal no modificado para asegurar que se aplique un freno automático efectivo.

Haciendo referencia a la figura 5, cuando un tren equipado con un sistema de control de freno de locomotora inteligente según la presente invención se aproxima a una pendiente descendente 94, el controlador 22 puede calcular la aceleración teórica del tren debido al gradiente en los segmentos de anticipación incrementales 94a a 94c en la pendiente descendente, asumiendo que no se aplica ningún freno. Por ejemplo, el controlador 22 puede realizar este cálculo utilizando el perfil de vía a partir de la base de datos de vía 42, las características de conformación del tren de la base de datos 40 de composición de locomotoras del tren, y los módulos de dinámica del tren conocidos sobre el módulo de dinámica del tren 50. Cada segmento de perfil de pendiente descendente 94a a 94c puede asignarse entonces a un valor de aceleración. La fuerza total de freno de tren necesaria para equilibrar cada segmento de perfil puede calcularse como $F=MA$, donde M es la masa del tren, que se conoce aproximadamente a partir de la base de datos 40 de composición de locomotoras del tren y donde A es la aceleración debida a la gravedad, como se ha calculado previamente.

Las relaciones entre la fuerza de freno generada y cada uno de los frenos dinámico, independiente y automático son conocidas y dependen de la composición del tren, la presión de tubo de freno, el número de locomotoras, etc., todos los cuales están disponible para el controlador 22. Para determinar la estrategia de frenado óptima, el

controlador 22 determina primero la potencia/fuerza de freno dinámico total en el tren y resta esto de F, la fuerza de freno de tren requerida total, para cada segmento. Si la potencia/fuerza de freno dinámico disponible excede o es igual a la fuerza de freno de tren requerida total, entonces el freno dinámico requerida se ajustará igual a la potencia de freno de tren requerida. Si el freno dinámico disponible es menor que la potencia de freno de tren requerida, el controlador 22 puede determinar si cualquiera de las locomotoras 12 de la composición de locomotoras no tiene disponibles frenos dinámicos operativos. Si los tiene, se determinará un freno independiente equivalente sobre esa locomotora y esta fuerza de freno disponible adicional se restará de la fuerza de freno de tren requerida total. La fuerza de freno de tren requerida total no desarrollada restante puede proporcionarse por el freno de tren automático. El controlador 22 puede calcular entonces la reducción de tubo de freno requerida que dará como resultado la fuerza de freno de tren necesaria requerida. Si la reducción de tubo de freno calculada es menor que una reducción "mínima", entonces el controlador 22 puede calcular la fuerza de freno de tren resultante de una aplicación de freno automático mínima, sustraer esa cantidad de la fuerza de freno de tren requerida total y asignar la fuerza de freno requerida restante al freno dinámico y/o al freno independiente como se ha descrito previamente.

El controlador 22 puede determinar la estrategia de frenado para cada segmento de gradiente 94a a 94c, incluyendo por lo menos un segmento de terminación 94d en el que el controlador 22 calcula que el freno automático puede soltarse y recargarse completamente antes de que pueda necesitarse una siguiente aplicación de freno automático. El controlador 22 compara a continuación la estrategia de frenado para cada uno de los segmentos de gradiente conuidos 94a a 94c y determina qué segmento requiere el nivel más alto de freno automático. Debido a que el freno automático puede incrementarse en conexión, pero no en desconexión, una vez que se ha aplicado el freno automático a un nivel alto, la estrategia de frenado para todos los segmentos de gradiente posteriores se recalculará como la fuerza de freno de tren requerida total para ese segmento menos la fuerza de freno de tren automático. Si la diferencia es positiva, entonces el controlador 22 puede equilibrar la pendiente con freno dinámico o, alternativamente, con freno independiente. Si la diferencia es negativa, entonces el controlador 22 puede avisar al maquinista para que aumente la estrangulación de la locomotora y realice un frenado de potencia.

Mientras que una primera estrategia de control puede buscar mantener una velocidad constante modulando los frenos disponibles en todo el perfil de pendiente, una estrategia de control alternativa puede buscar minimizar el frenado de potencia controlando la velocidad del tren dentro de un rango más amplio de límites. Por ejemplo, para minimizar la fuerza máxima de freno de tren automático necesaria en conjunción con los procedimientos para utilizar completamente el freno dinámico e independiente descritos anteriormente, el controlador 22 podría ajustar el freno inicial para reducir la velocidad del tren en el punto de entrada del segmento de vía empinado y elegir un nivel de freno automático que permita que el tren acelere mientras se frena, pero a una tasa tal que el tren no exceda el límite de velocidad en el momento en que ha terminado la sección empinada de la vía. En funcionamiento, cuando el tren atraviesa realmente cada segmento de gradiente 94a a 94c, el controlador 22 controlará primero los frenos a la estrategia de frenado predefinida y mejorará entonces el plan sobre la base de la velocidad, aceleración o deceleración de tren reales. El controlador 22 dará prioridad a controlar la velocidad y la aceleración/deceleración del tren modulando en primer lugar el freno dinámico, en segundo lugar, el freno independiente y, por último, el freno automático. Obviamente, aunque los cálculos se han descrito en términos de fuerza de freno, masa de tren y aceleración, podrían hacerse también en términos de energía de tren (cinética y potencial) y potencia de freno, u otras unidades de medición consistentes.

El controlador 22 puede estar programado también para compensar automáticamente un fallo del freno independiente por la aplicación automática de cualquiera o de todos los frenos dinámico y automático o, en algunos casos, el freno manual accionado en la locomotora 12. Una única locomotora 12, o una composición de locomotoras 12 sin ningún vagón ferroviario enganchado, se denomina locomotora o composición "ligera". El freno independiente es generado en la locomotora principal 12 y se transmite a cualquier locomotora de cola 12 a través del tubo de línea de tren 20. Si está abierto el grifo de ángulo de tubo 20 en el extremo de terminación de la locomotora ligera 12 (o composición de locomotoras ligera), entonces la presión de tubo 20 se purgará a la atmósfera y no se aplicarán los frenos independientes. Esto puede presentar una seria cuestión de seguridad, especialmente cuando la locomotora 12 está en depósitos de encierro de una estación de clasificación. El controlador 12 puede incluir así una entrada que refleja la presión de tubo 20 además de la orden de freno independiente 28 proporcionada por el maquinista. Cuando una orden de freno independiente 28 falla al producir la presión de tubo 20 requerida, el controlador 12 puede programarse para proporcionar automáticamente una aplicación de freno automático a fin de aplicar un freno dinámico si la velocidad de locomotora es suficiente y el tubo de freno se carga sobre la locomotora ligera, o a fin de aplicar el freno manual accionado sobre la locomotora ligera 12.

Haciendo referencia a las figuras 6 y 7, la presente invención puede incorporarse en un sistema de frenado de tren segmentado 100 incluyendo una entrada de presión de tubo de freno segmentado 98 en el controlador 22. En un sistema de freno segmentado 100, el tubo de freno está aislado entre la composición de locomotora principal 102 y una composición de locomotora remota 104 utilizando un dispositivo de segmentación de tubo de freno 106, de modo que las aplicaciones y liberaciones del freno de servicio pueden hacerse independientemente en cada segmento de tubo de freno BP1 y BP2 (o más). Las aplicaciones del freno de emergencia ocurren de forma

síncrona, o de la misma manera, en todos los segmentos. Aunque los sistemas de tubo de freno segmentados se conocen y se han implementado utilizando transeptores de comunicaciones inalámbricos 108, como los utilizados en sistemas de potencia distribuida tales como Locotrol®, el uso de un enfoque de tubo de freno segmentado no se ha adoptado ampliamente debido a la complejidad del funcionamiento manual. El controlador 22 aborda ese inconveniente al considerar la topología de la vía, la conformación del tren, la velocidad del tren, la ubicación del tren en la topología de la vía y un modelo de dinámica del tren gobernado por un conjunto de reglas que minimiza las fuerzas en el tren, el desgaste y la destrucción de los componentes y el consumo de energía mientras se mantiene una alta reserva de seguridad como se describe anteriormente. En un tren que tiene un controlador de freno inteligente 22 y un tubo de freno segmentado en una o más composiciones de locomotoras remotas 104, entonces el controlador 22 en la composición de locomotora principal 102 puede ordenar autónomamente la aplicación y liberación de forma asíncrona de los frenos en la composición o composiciones de locomotoras remotas, es decir, cada segmento de tren puede tener un estado de orden de freno automático diferente. De esta manera, un tren puede desplazarse a través de un territorio ondulado, por ejemplo, con los frenos aplicados sobre el segmento de tren que está sobre una pendiente descendente, mientras que los frenos pueden soltarse en ese segmento de tren que está sobre una pendiente positiva (cuesta arriba). De manera similar, si un tren está atravesando una larga pendiente descendente con pendiente decreciente, en lugar de un frenado de potencia para mantener la velocidad del tren, el controlador 22 puede optar por soltar y recargar uno o más segmentos de tubo de freno mientras mantiene el freno sobre otros segmentos del tren, según se determine por el modelo de dinámica del tren gobernado por el conjunto de reglas.

En el caso de una pérdida de comunicaciones entre la locomotora principal de control y una locomotora remota controlada, el controlador 22 en la composición de locomotoras remota 104, que tiene el mismo módulo de dinámica del tren 50, la base de datos de vía 42, el posicionador GPS 44, etc., puede funcionar de forma autónoma en un modo de pérdida de comunicación. El controlador 22 de la locomotora remota 104 también puede tener entradas de la presión del tubo de freno desde ambos lados del tubo de freno segmentado, es decir, BP1 y BP2, en esa locomotora. En caso de una pérdida de comunicaciones, el controlador 22 de la locomotora remota 104 puede leer la presión del tubo de freno del segmento de tubo de freno contiguo para determinar las órdenes de freno del tren del segmento contiguo y realizar automáticamente la misma acción de freno en su tubo de freno segmentado controlado.

Haciendo referencia a la figura 8, un ejemplo de proceso de gestión de freno automático 110 comienza con el maquinista ordenando una aplicación del freno automático 112. A continuación, se determina 114 el nivel de freno automático y luego se calcula 116 la fuerza de retardo de tren total que es requerida por la orden de freno automático. Para determinar si la aplicación del freno es un freno de emergencia se realiza una comprobación 118. Si es así, la composición de locomotoras se levanta 120 para estirar el tren. A continuación, se calcula el tiempo de propagación del freno de emergencia basándose en los datos de tren 122 y se ejecuta un freno de emergencia durante ese período de tiempo. Una vez transcurrido el tiempo, se aumenta el freno dinámico sobre la composición de locomotoras hasta el nivel máximo de freno 124.

Si la comprobación 118 no determina que se haya ordenado un freno de emergencia, se realiza una comprobación 126 para determinar si el controlador 22 está configurado para minimizar las reducciones del tubo de freno. Si es así, se aplica 128 una reducción mínima del tubo de freno y se aplica un frenado dinámico a la composición de locomotoras para aumentar la fuerza de retardo total 130. Se realiza una comprobación 132 para determinar si la fuerza de retardo total es menor que la cantidad ordenada y, de ser así, se incrementa gradualmente 134 la reducción del tubo de freno hasta que la cantidad total de fuerza de retardo alcance la cantidad ordenada.

Si la comprobación 126 determina que el controlador 22 no está configurado para minimizar las reducciones del tubo de freno, se realiza una comprobación 136 para determinar si el controlador 22 está configurado para minimizar las fuerzas en el tren. Si es así, la composición de locomotoras se levanta para estirar el tren 138. A continuación, se aplica una reducción mínima del tubo de freno 140 y el frenado dinámico se incrementa lentamente sobre la composición de locomotoras para que coincida con un nivel mínimo de freno 142. Se realiza una comprobación 144 para determinar si la fuerza de retardo total es menor que la cantidad ordenada y, de ser así, la reducción del tubo del freno se incrementa gradualmente hasta que la cantidad total de fuerza de retardo alcance la cantidad ordenada 146.

Haciendo referencia a la figura 9, un ejemplo de proceso de gestión de freno dinámico 150 comienza con el maquinista ordenando una aplicación de freno dinámico 152. Seguidamente, se determina 154 el nivel de freno dinámico y luego se calcula 156 la fuerza de retardo total de la composición de locomotoras que es requerida por la orden de freno dinámico. Se realiza una comprobación 158 para determinar si el controlador 22 está configurado para recibir realimentación de freno dinámico de toda la composición de locomotoras. Si es así, se realiza una comprobación 160 para determinar si la realimentación está dentro de la tolerancia del freno dinámico ordenado. Si es así, se repite la comprobación 160. En caso contrario, se realiza una comprobación 162 para determinar si la locomotora fuera de tolerancia está configurada para el control del cilindro de freno por bogie. Si es así, se ordena un freno independiente equivalente al freno dinámico en el bogie 164 fuera de tolerancia. Si la locomotora fuera de tolerancia no está configurada para el control de BC por bogie, se ordena un freno independiente equivalente en toda la locomotora 166.

5 Si la comprobación 158 determina que el controlador 22 no está configurado para recibir realimentación de freno dinámico de toda la composición de locomotoras, se realiza una comprobación 170 para determinar si el controlador 22 está configurado para recibir realimentación del acelerómetro. Si lo está, se realiza una comprobación 172 para determinar si la realimentación está dentro de la tolerancia del freno dinámico ordenado. Si es así, se repite la comprobación 172. De lo contrario, se ordena un freno independiente equivalente en la composición de locomotoras 174 y el control vuelve a la comprobación 172.

10 Si la comprobación 170 determina que el controlador 22 no está configurado para recibir realimentación del acelerómetro, se realiza una comprobación 180 para determinar si el controlador 22 está configurado para vigilar la velocidad del tren. Si es así, se realiza una comprobación 182 para determinar si la tasa de deceleración está dentro de la tolerancia de la deceleración calculada usando el modelado dinámico del tren. Si es así, se repite la comprobación 182. De lo contrario, se realiza una comprobación 184 para determinar si el frenado dinámico está en el nivel máximo disponible. Si es así, se ordena un freno independiente suplementario en la composición de locomotoras 186. De lo contrario, se incrementa el frenado dinámico sobre la composición de locomotoras 188 para aumentar la fuerza de retardo total y el control vuelve a la comprobación 182.

20 Como se describe anteriormente, la presente invención puede ser un sistema, un procedimiento y/o un programa informático asociado con el mismo y se describe en la presente memoria con referencia a diagramas de flujo y diagramas de bloques de procedimientos y sistemas. El diagrama de flujo y los diagramas de bloques ilustran la arquitectura, la funcionalidad y el funcionamiento de posibles implementaciones de sistemas, procedimientos y programas informáticos de la presente invención. Deberá entenderse que cada bloque de los diagramas de flujo y los diagramas de bloques se pueden implementar mediante instrucciones de programa legibles por ordenador en software, firmware o circuitos dedicados analógicos o digitales. Estas instrucciones de programa legibles por ordenador pueden implementarse en el procesador de un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina que implemente una parte o la totalidad de cualquiera de los bloques en los diagramas de flujo y diagramas de bloques. Cada bloque en el diagrama de flujo o los diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento o parte de instrucciones, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar las funciones lógicas especificadas. Deberá observarse también que cada bloque de los diagramas de bloques y las ilustraciones de los diagramas de flujo, o las combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y los diagramas de flujo, se pueden implementar mediante sistemas basados en hardware para fines especiales que realizan las funciones o actos especificados o llevan a cabo combinaciones de hardware e instrucciones del ordenador de finalidad especial.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de frenado de tren que comprende:

5 una interfaz (60) para recibir una entrada de un maquinista utilizando una palanca de freno automático (26), una palanca de freno independiente (28) y una palanca de freno dinámico;

10 un controlador (22) acoplado a la interfaz y que presenta un primer módulo (54) para ordenar una aplicación de freno dinámico, un segundo módulo (56) para ordenar una aplicación de freno independiente, y un tercer módulo (58) para ordenar una aplicación de freno de tren automático;

15 caracterizado por que el controlador está programado para atenuar una entrada de aplicación de freno automático de un maquinista y ordenar una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno dinámico, o una combinación de las mismas, para compensar la aplicación de freno automático atenuada y lograr por lo menos un criterio predeterminado.

20 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que es ordenada por el controlador logrará un efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático por el maquinista.

25 3. Sistema según la reivindicación 2, en el que el criterio predeterminado comprende por lo menos un criterio seleccionado de entre el grupo que consiste en la cantidad de desgaste de piezas de sistema de freno consumibles, la cantidad de fuerzas en el tren que resultarán, y la cantidad de frenado de potencia posterior que puede necesitarse, y combinaciones de las mismas.

30 4. Sistema según la reivindicación 3, en el que el controlador (22) incluye un módulo de dinámica del tren (50) que puede calcular el funcionamiento actual y futuro del tren en una ruta dada.

35 5. Sistema según la reivindicación 4, en el que el controlador (22) está programado para utilizar el módulo de dinámica del tren (50) para seleccionar la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que conseguirá el efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático por el maquinista.

40 6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el controlador (22) está programado para compensar automáticamente un fallo de freno dinámico ordenando una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno automático equivalentes.

45 7. Sistema según la reivindicación 6, en el que el controlador (22) está programado para obtener realimentación sobre el funcionamiento del tren después de la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, y para realizar un ajuste del módulo de dinámica del tren (50) si el tren no se comporta como se esperaba.

50 8. Sistema según la reivindicación 7, en el que el controlador (22) está programado para mantener una velocidad de tren particular ordenando automáticamente una aplicación de freno dinámico, una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno automático, o una combinación de las mismas.

55 9. Sistema según la reivindicación 8, en el que el controlador (22) está programado para compensar el estado del sistema de frenado del tren cuando se determina la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que logrará el efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático producida por el maquinista.

60 10. Procedimiento de control de un sistema de frenado de tren, que comprende la etapa siguiente:

65 proporcionar una interfaz (60) para recibir una entrada de un maquinista utilizando una palanca de freno automático (26) y una palanca de freno dinámico (28), un controlador (22) acoplado a la interfaz y que presenta un primer módulo (54) para ordenar una aplicación de freno dinámico, un segundo módulo (56) para ordenar una aplicación de freno independiente, y un tercer módulo (58) para ordenar una aplicación de freno de tren automático;

60 caracterizado por la etapa siguiente

65 utilizar el controlador para atenuar una entrada de aplicación de freno automático producida por un maquinista y ordenar una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno dinámico, o una combinación de las mismas, que compense la aplicación de freno automático atenuada y logre por lo menos un criterio predeterminado.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que es ordenada por el controlador (22) logra un efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático por el maquinista.
- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que el criterio predeterminado comprende por lo menos un criterio seleccionado de entre el grupo que consiste en la cantidad de desgaste de piezas de sistema de freno consumibles, la cantidad de fuerzas en el tren que resultarán, y la cantidad de frenado de potencia posterior que puede necesitarse, y combinaciones de las mismas.
- 10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el controlador (22) utiliza una fórmula de dinámica del tren para seleccionar la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, que logrará el efecto de frenado que es igual a la entrada de aplicación de freno automático por el maquinista.
- 15 14. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende asimismo la etapa de compensación automática de un fallo de freno dinámico ordenando una aplicación de freno independiente o una aplicación de freno automático equivalentes, o una combinación de las mismas.
- 20 15. Procedimiento según la reivindicación 14, que comprende asimismo las etapas siguientes:
- obtener realimentación sobre el funcionamiento del tren después de la aplicación de freno independiente o la aplicación de freno dinámico, o la combinación de las mismas, y
- 25 realizar un ajuste de la fórmula de dinámica del tren si el tren no se comporta como se esperaba.

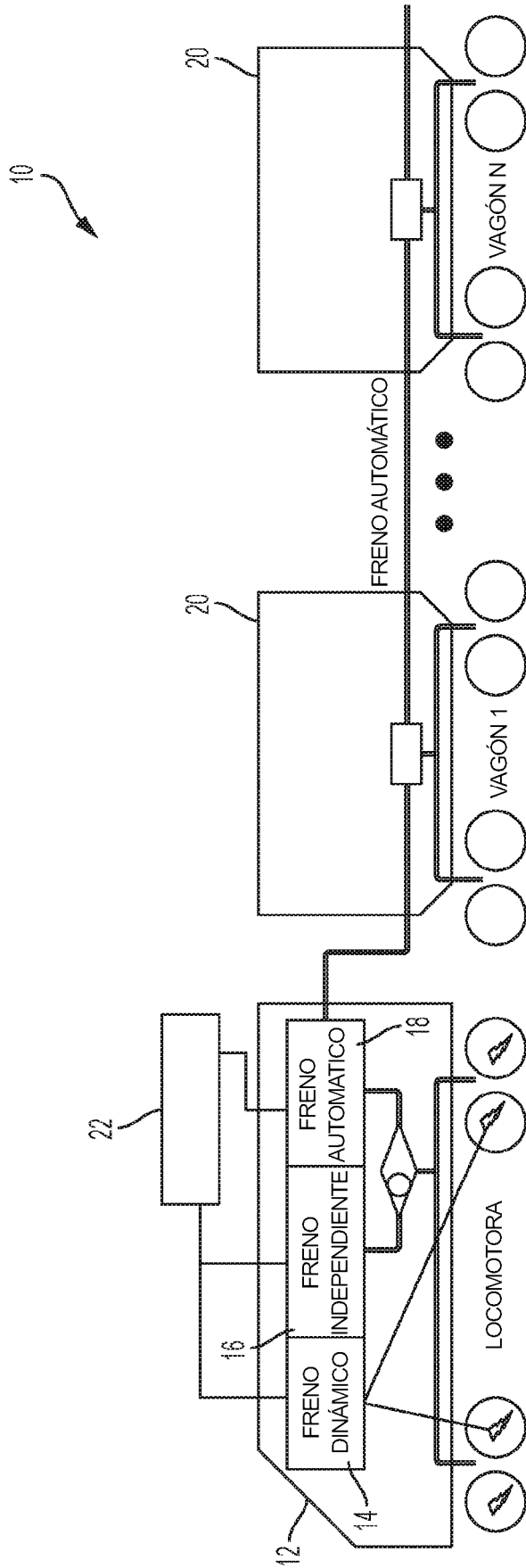


FIG. 1

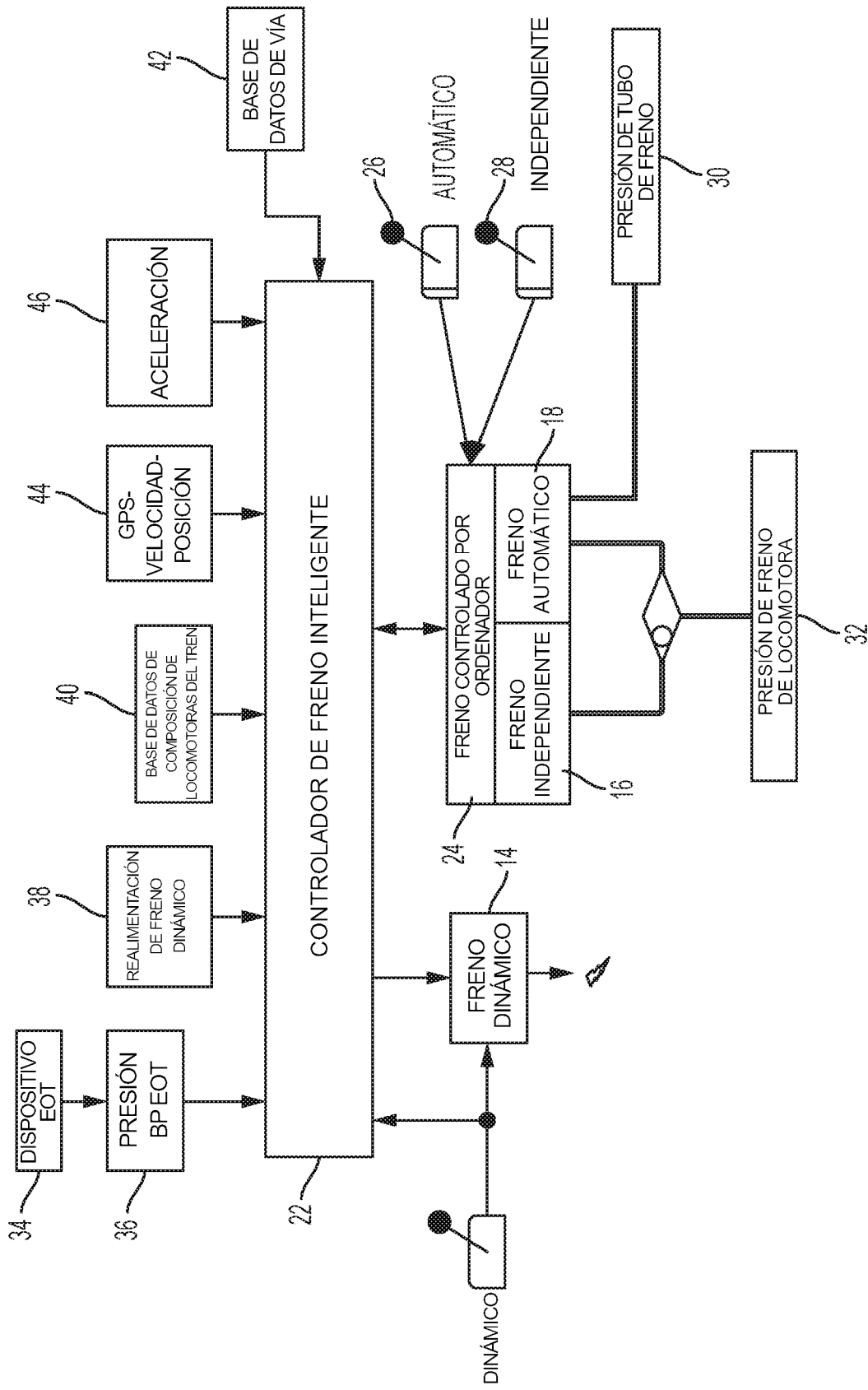


FIG. 2

22

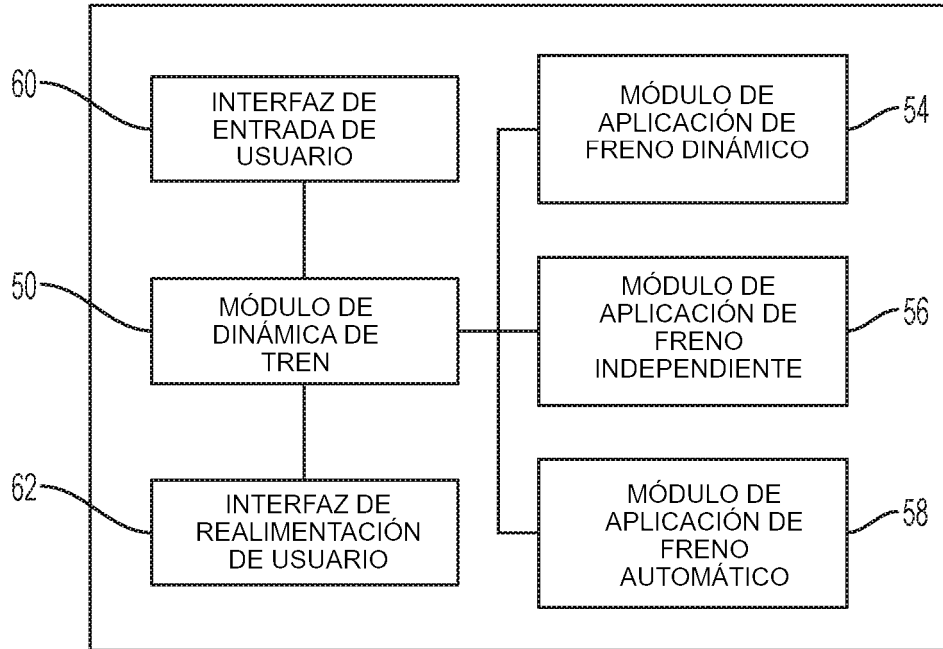


FIG. 3

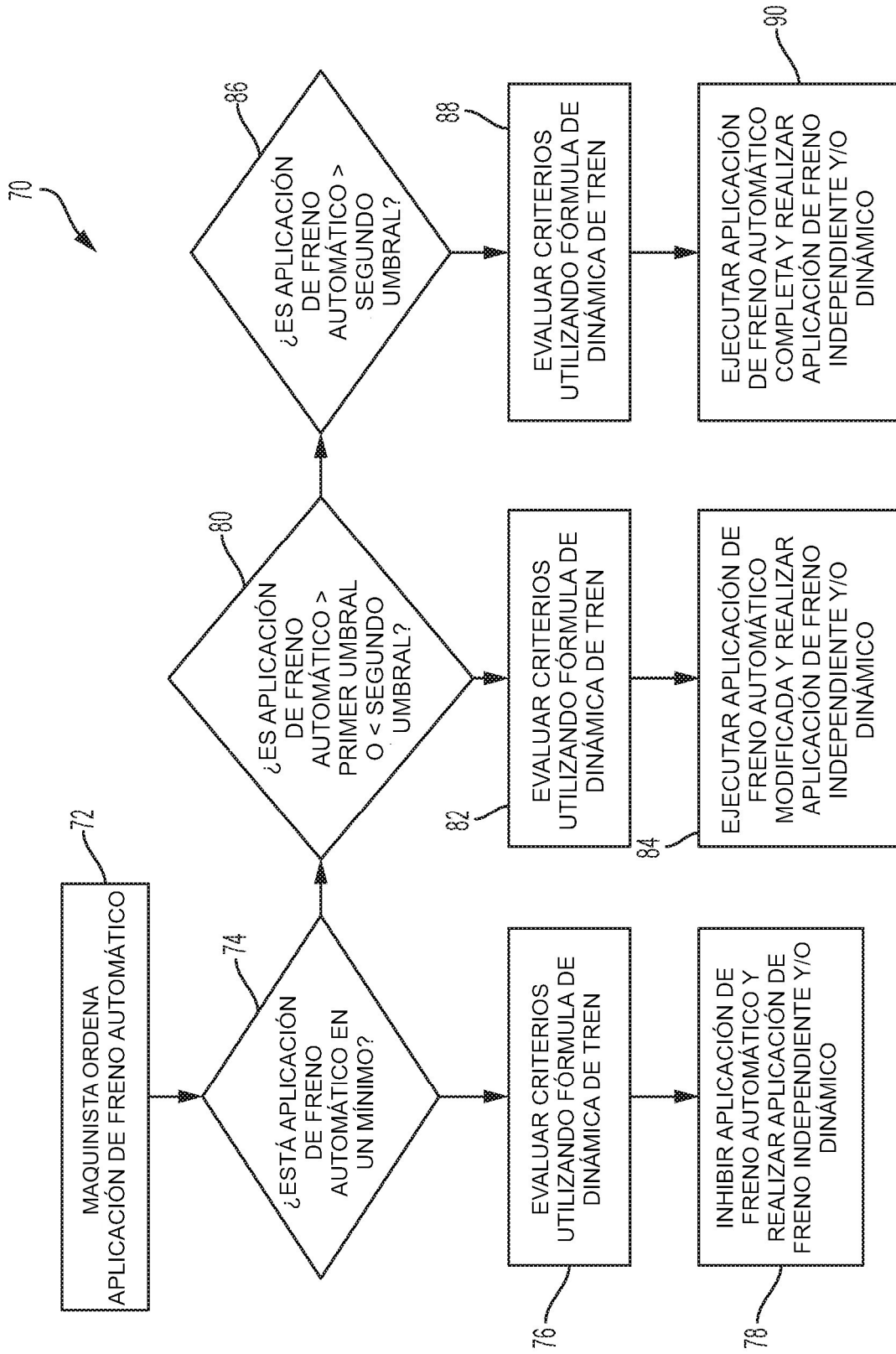


FIG. 4

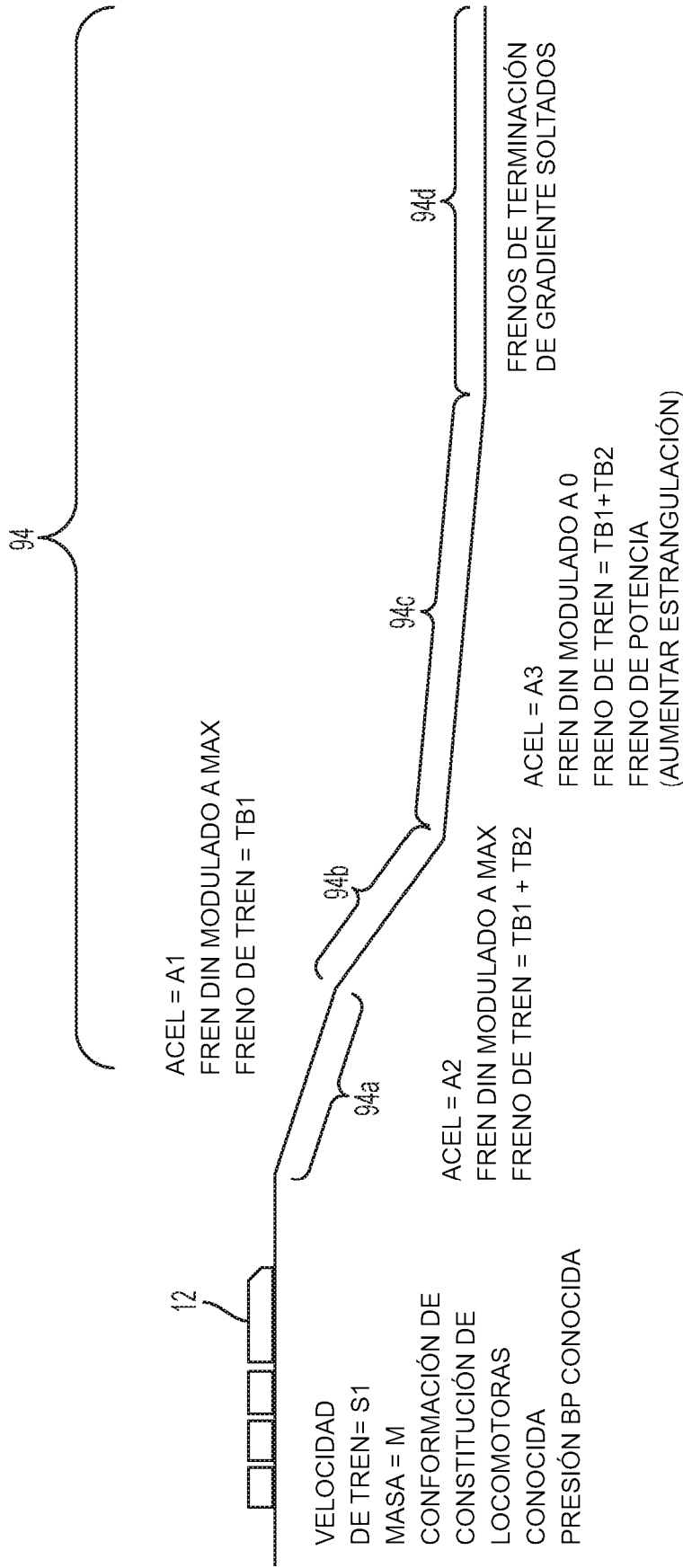


FIG. 5

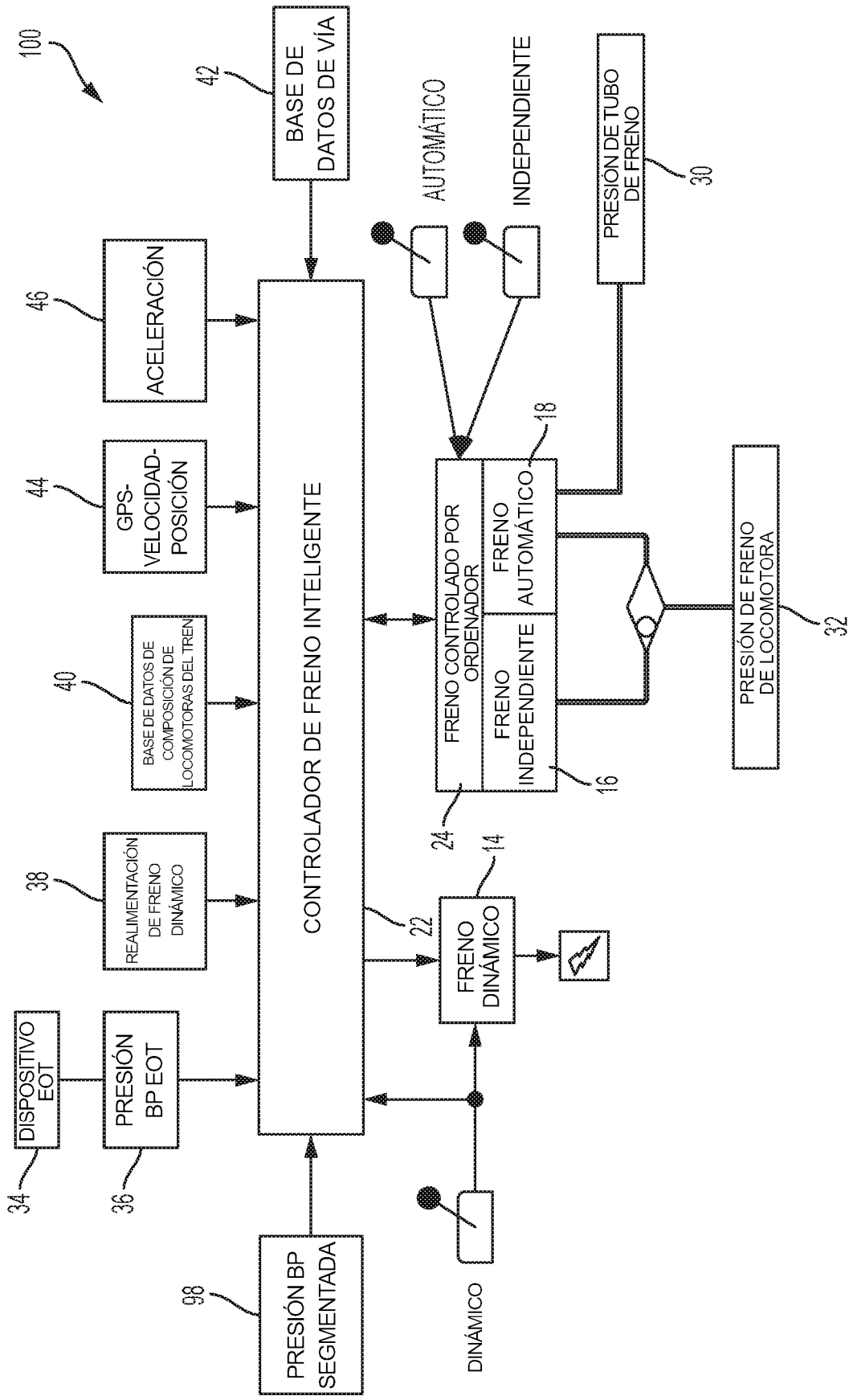


FIG. 6

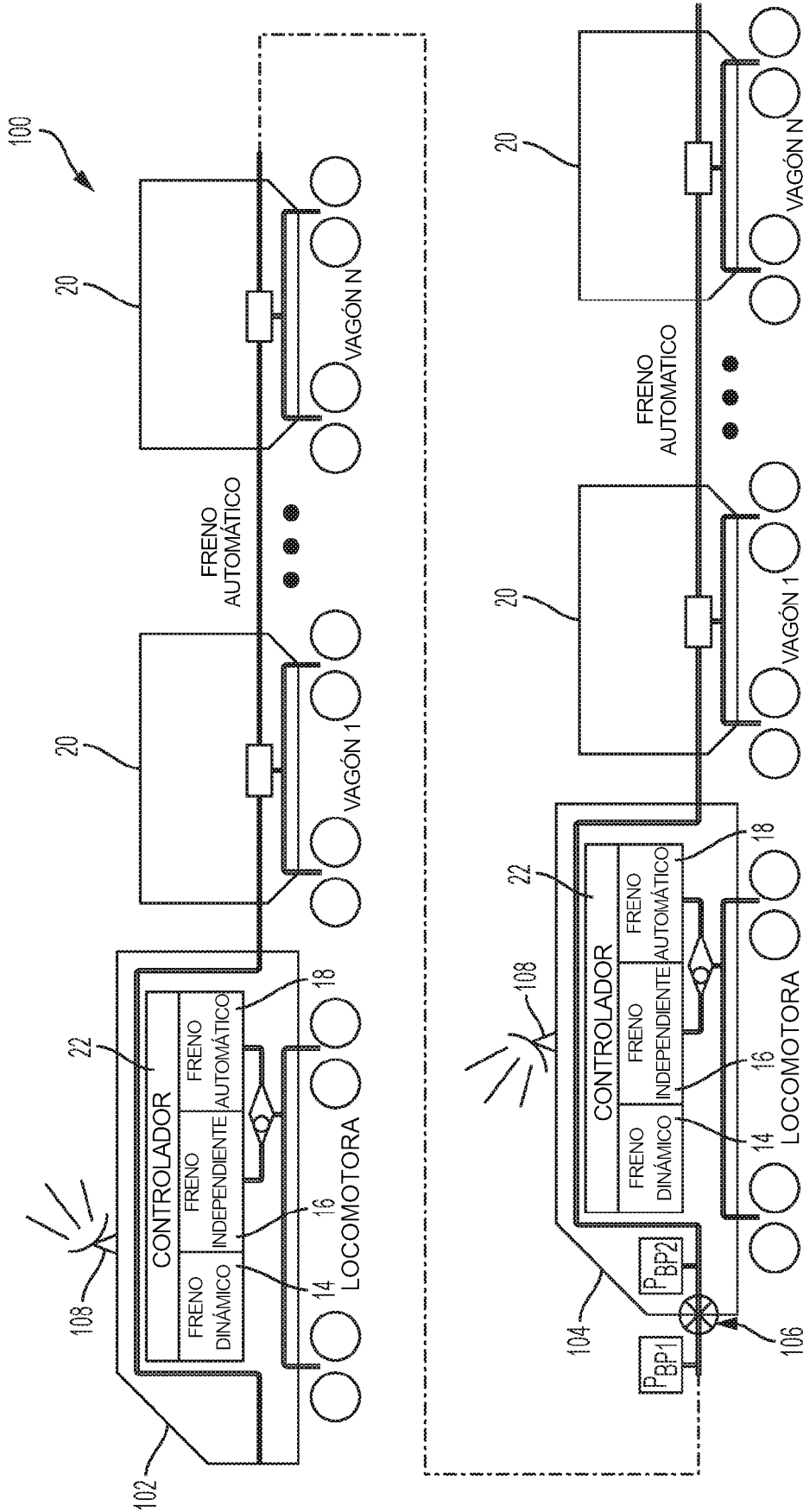


FIG. 7

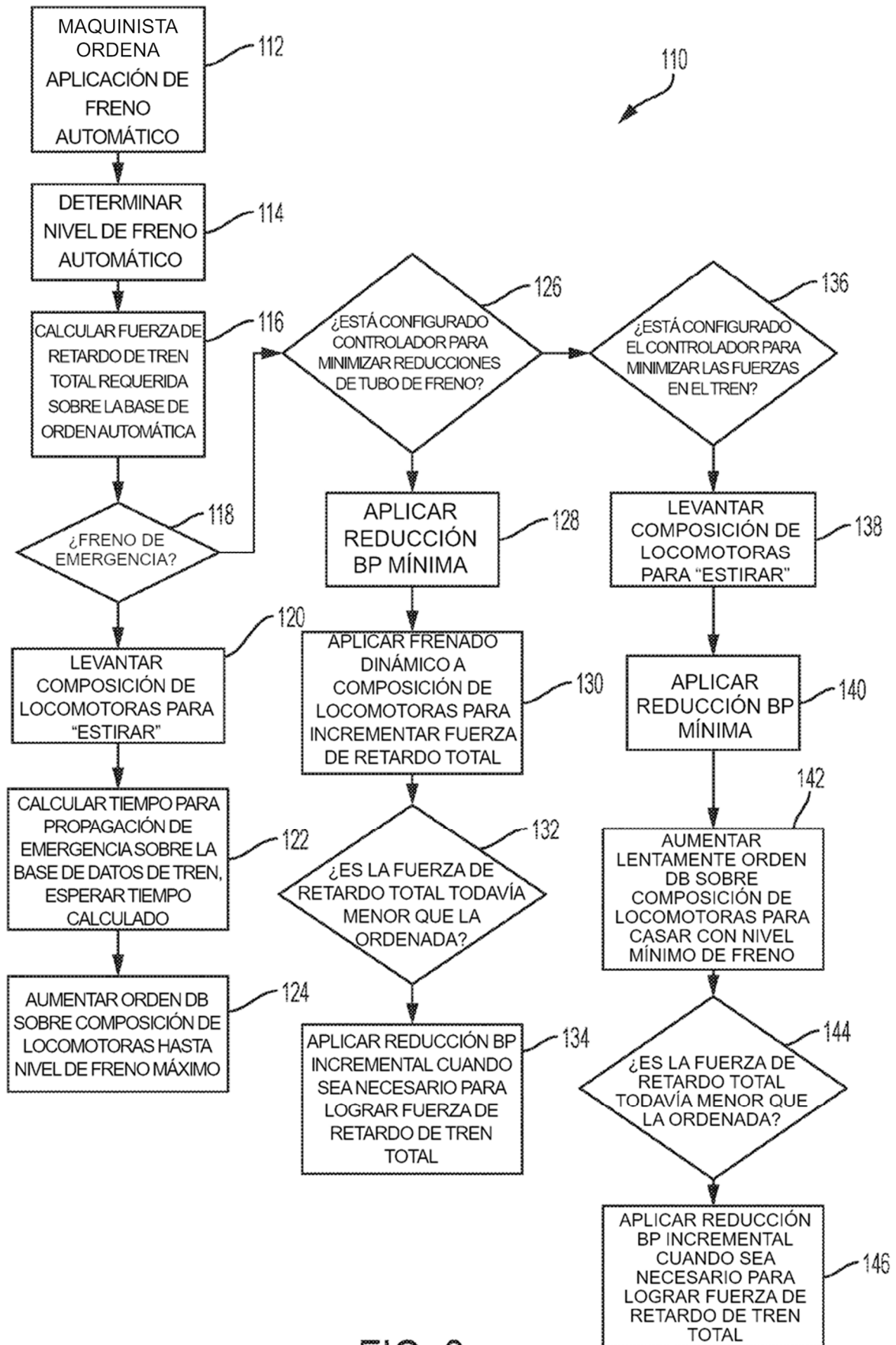


FIG. 8

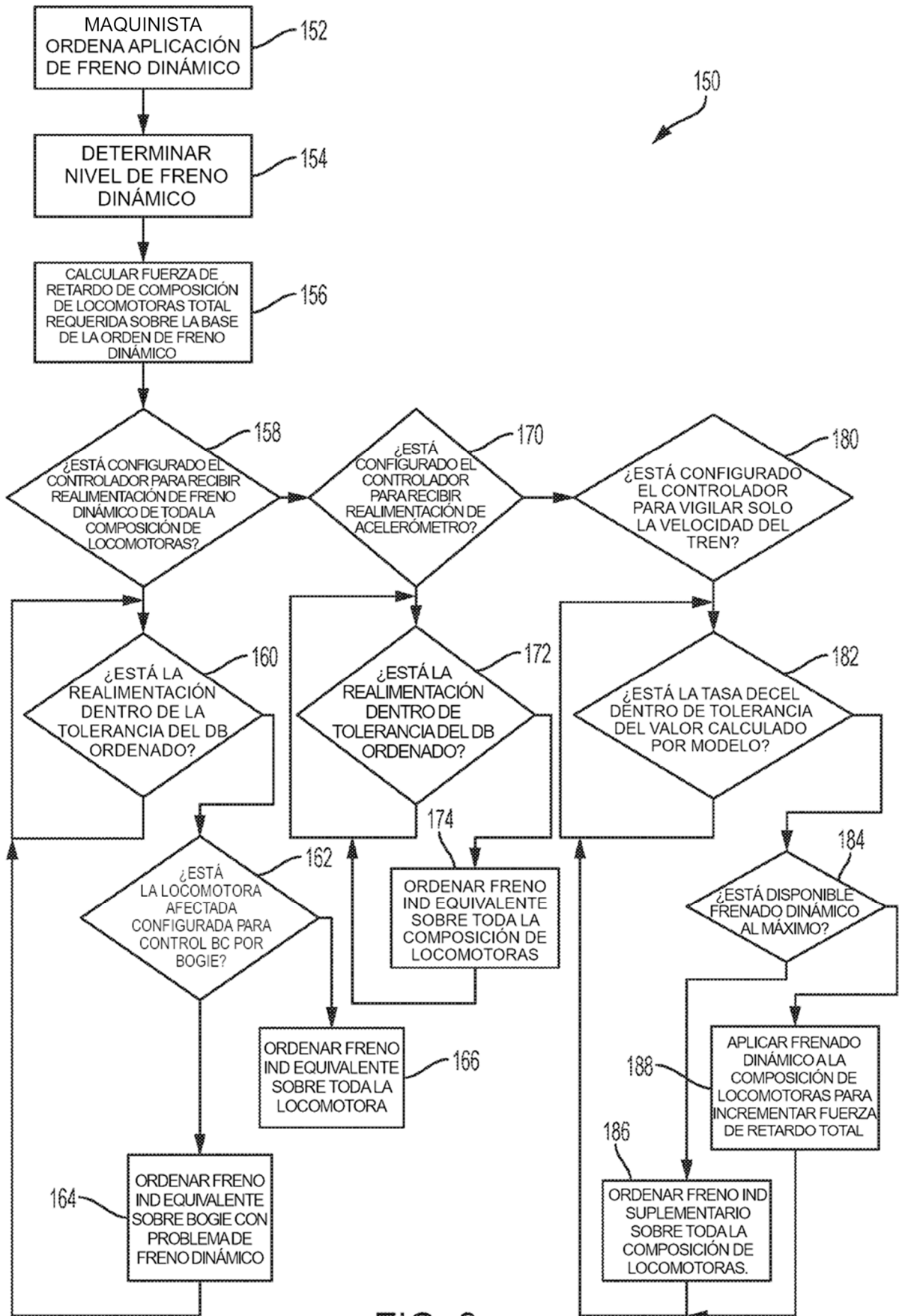


FIG. 9