

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 543**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/02** (2006.01)  
**G01R 31/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07290451 .9**
- 96 Fecha de presentación: **12.04.2007**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1847839**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.10.2007**

54 Título: **Procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo, sistema, módulo y soporte de grabación para este proccdmiento**

30 Prioridad:  
**21.04.2006 FR 0603560**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.06.2012**

73 Titular/es:  
**ALSTOM TRANSPORT S.A.  
3, AVENUE ANDRÉ MALRAUX  
92300 LEVALLOIS-PERRET, FR**

72 Inventor/es:  
**Belin, Sébastien;  
Cypers, David y  
Giacomini, Olivier**

74 Agente/Representante:  
**Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 383 543 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**

Procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo, sistema, módulo y soporte de grabación para este procedimiento

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de desvío de un corto-circuito impedante que tiene una parte real no nula, un sistema, un módulo y un soporte de grabación para este procedimiento.

**[0002]** Existen sistemas de tracción para vehículos que tienen:

- un motor polifásico de imanes permanentes o un motor polifásico síncrono bobinado, teniendo este motor en cada fase uno o varios devanados de excitación capaces de generar un campo magnético de accionamiento giratorio de un árbol del motor,

10 - unos conductores de fase para conectar los devanados de cada fase del motor a una fuente de alimentación polifásica controlable,

- unos sensores de corriente asociados a los conductores de fase, siendo estos sensores capaces de medir la corriente que circula por cada conductor de fase, y

15 - un módulo de control capaz de controlar el par del árbol del motor en función de las corrientes medidas por los sensores.

**[0003]** Algunos de estos sistemas de tracción están también equipados con al menos una carga resistiva conectable entre cada par de conductores de fase mediante al menos un interruptor controlable.

**[0004]** La carga resistiva se suele utilizar para disipar la energía de frenado del vehículo o para atenuar sobretensiones.

20 **[0005]** Un corto-circuito impedante es un corto-circuito que se establece entre dos arrollamientos del motor normalmente aislados eléctricamente entre sí. Sin embargo este corto-circuito presenta una determinada impedancia. Típicamente la parte real, es decir la parte resistiva, de esta impedancia es superior a algunos miliohms y generalmente superior a 10 mΩ. Para simplificar, en lo que sigue de esta descripción un corto-circuito impedante cuya parte real es no nula, será llamado « corto-circuito resistivo ». La parte imaginaria de un tal corto-circuito puede ser nula o no.

25

**[0006]** Por ejemplo, un tal corto circuito resistivo puede producirse cuando unos arrollamientos de un mismo devanado del motor son corto-circuitados entre sí o cuando unos arrollamientos de dos devanados diferentes son corto-circuitados entre sí.

**[0007]** Hoy en día, en caso de disfuncionamiento del motor provocado por el corto-circuito, es conocido:

- 30 1) conectar eléctricamente los extremos de todos los conductores de fase a un punto común, o bien  
2) desconectar eléctricamente los conductores de fase del motor.

35 **[0008]** La solución 1) permite equilibrar las corrientes en cada una de las fases del motor y esto a pesar de la existencia del corto-circuito resistivo. Ello anula o reduce fuertemente la corriente que atraviesa el corto-circuito resistivo. Por lo tanto, la intensidad de la corriente es estrictamente la misma en cada uno de los conductores de fase. Ninguna información puede obtenerse sobre la existencia de un corto-circuito resistivo a partir de medidas de esta corriente equilibrada.

**[0009]** Si se utiliza la solución 2), no circula corriente alguna por los conductores de fase de manera que los sensores de corriente no pueden ser utilizados para detectar la existencia de un corto-circuito resistivo.

40 **[0010]** Por ello, los sistemas existentes comprenden también generalmente al menos un sensor específico dedicado a la detección de un defecto del motor tal como un corto-circuito entre unos arrollamientos del motor.

**[0011]** Los sensores específicos para detectar un corto-circuito resistivo no son siempre fiables. En este contexto, es deseable detectar un corto-circuito resistivo sin tener que recurrir a sensores específicos.

45 **[0012]** El documento WO 01/06272 A (GEN ELECTRIC [US]), 25 de enero 2001, describe un procedimiento y aparato de detección de los corto-circuitos en un sistema polifásico con motor, donde unos sensores de corriente sensores están asociados a los conductores de fase.

**[0013]** El documento US-A-6 049 185 (IKEDA HIDEO [JP]), 11 de abril de 2000, también describe un circuito de detección de los corto-circuitos en un sistema polifásico con motor.

**[0014]** La invención se propone satisfacer estas necesidades proponiendo un procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo que no precise de la realización de un sensor específicamente dedicado a este uso.

5 **[0015]** Por lo tanto, la invención tiene por objeto un procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo en el sistema de tracción de más arriba que comprende las etapas consistentes en:

a) controlar el sistema de tracción para hacer funcionar el motor en generador de corriente polifásico,

10 b) controlar el o los interruptores controlables para conectar la carga resistiva entre cada par de conductores de fase, siendo esta carga resistiva capaz de permitir la detección de un corto-circuito eléctrico resistivo al menos por comparación de las potencias de los fundamentales de las corrientes medidas por cada uno unos sensores, y

c) detectar la existencia del corto-circuito eléctrico resistivo a partir de las corrientes medidas por los sensores cuando la carga resistiva se conecta entre cada par de conductores de fase y que el motor funciona en generador de corriente.

15 **[0016]** En el procedimiento de más arriba, se utilizan los mismos sensores de corriente que aquellos utilizados para controlar el par del motor con el fin de detectar la existencia de un corto-circuito resistivo. Por lo tanto, este procedimiento es de realización más simple puesto que no necesita recurrir a unos sensores específicos dedicados a la detección de corto-circuitos resistivos.

**[0017]** Los modos de realización de este procedimiento de desvío pueden comprender una o varias de las características siguientes:

20 - una etapa d) de detección de un fallo del sistema de tracción sin que sea necesario para ello hacer funcionar el motor como un generador de corriente, y en el cual las etapas a) a c) se activan únicamente en respuesta a la detección de un fallo durante la etapa d);

25 - el valor de la parte resistiva de la carga resistiva es variable y el procedimiento comprende una etapa de ajuste del valor de esta parte resistiva hasta que la detección del corto-circuito eléctrico resistivo sea al menos posible por comparación de las potencias de los fundamentales de las corrientes medidas por cada uno unos sensores;

- la carga resistiva conectada entre cada par de conductores de fase durante la etapa b), es la misma que aquella conectada entre los conductores de fase para disipar la energía generada por el motor durante un frenado del árbol del motor;

30 - la fuente de alimentación polifásica comprende un ondulator/ rectificador conectado eléctricamente por un lado a los conductores de fase y por el otro a un par de conductores de tensión continua, y la etapa b) consiste en controlar la conexión de la carga resistiva entre los conductores de tensión continua;

35 - la resistencia del o de los devanados de una misma fase del motor es llamada resistencia interna y se referencia como  $R_{int}$ , y, durante la etapa b), el valor de la parte resistiva de la carga conectada entre cada par de conductores de fase está comprendida entre  $R_{int}$  y  $20000.R_{int}$  para que una parte de la corriente generada por el motor atraviese el corto-circuito resistivo mientras que otra parte de la corriente generada por el motor circule por los conductores de fase.

**[0018]** estos modos de realización del procedimiento de desvío presentan además las ventajas siguientes:

- utilizar una etapa de detección de un fallo del sistema de tracción antes de ejecutar las etapas a) a c) permite limitar el número de veces en que estas etapas son ejecutadas y por lo tanto limitar el frenado del vehículo,

40 - ajustar el valor de la parte resistiva permite adaptar el procedimiento al corto-circuito a desviar con el fin de conservar un buen nivel de sensibilidad cualquiera que sea la impedancia de este corto-circuito resistivo,

- utilizar la misma carga resistiva que aquella utilizada para disipar la energía durante el frenado del vehículo permite también simplificar la implementación del procedimiento de determinación, y

45 - utilizar una carga resistiva conectable entre los conductores de tensión continua permite simplificar la implementación del procedimiento puesto que es entonces posible utilizar solamente un único interruptor para conectar la carga resistiva entre cada par de conductores de fase.

**[0019]** La invención también tiene por objeto un soporte de grabación de informaciones que comprende instrucciones para la ejecución del procedimiento de desvío de más arriba cuando estas instrucciones son ejecutadas por un calculador electrónico.

**[0020]** La invención también tiene por objeto un sistema de tracción de un vehículo que comprende:

- 5 - un motor polifásico de imanes permanentes o un motor polifásico síncrono bobinado, teniendo este motor en cada fase uno o varios devanados de excitación capaces de generar un campo magnético de accionamiento giratorio de un árbol del motor,
- unos conductores de fase para conectar los devanados de cada fase del motor a una fuente de alimentación polifásica controlable,
- 10 - unos sensores de corriente asociados a los conductores de fase, siendo estos sensores capaces de medir la corriente que circula por cada conductor de fase,
- un módulo de control capaz de controlar el par del árbol del motor en función de las corrientes medidas por los sensores,
- 15 - al menos una carga resistiva conectable entre cada par de conductores de fase mediante al menos un interruptor controlable, y
- un módulo de diagnóstico capaz de llevar a cabo un procedimiento de desvío de un corto-circuito eléctrico resistivo.

**[0021]** finalmente, la invención también tiene por objeto un módulo de diagnóstico capaz de ser llevado a cabo en el sistema de tracción de más arriba, en el cual el módulo de diagnóstico es capaz de llevar a cabo el procedimiento de más arriba de desvío de un corto-circuito resistivo.

20 **[0022]** La invención será mejor comprendida con la lectura de la descripción siguiente, determinada únicamente a título de ejemplo no limitativo y hecha haciendo referencia a los dibujos en los cuales:

- la figura 1 es una ilustración de un vehículo dotado de un sistema de tracción eléctrica,
- la figura 2 es un organigrama de un procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo en el sistema de tracción de la figura 1, y
- 25 - la figura 3 es una ilustración esquemática de la arquitectura de otro modo de realización de un sistema de tracción en el cual se ejecuta el procedimiento de la figura 2.

**[0023]** La figura 1 representa un vehículo 2 dotado de un sistema de tracción 4 capaz de hacer girar unas ruedas motrices del vehículo 2. Aquí, el vehículo 2 es un vehículo ferroviario tal como un tren.

30 **[0024]** En lo que sigue de esta descripción, las características y funciones bien conocidas por el experto en la materia no se describen en detalle.

**[0025]** Además, para simplificar la figura 1, solamente se ha representado una rueda motriz 6.

**[0026]** El sistema 4 es alimentado en tensión continua a partir de una catenaria 10. Más concretamente, el sistema 4 está conectado a la catenaria 10 mediante un pantógrafo 12 y de una bobina de entrada 13 conectada en serie con un disyuntor 14.

35 **[0027]** El sistema 4 comprende una fuente de alimentación trifásica constituida por un bus de alimentación en tensión continua conectado a la entrada de un ondulador/ rectificador trifásico controlable 20.

**[0028]** El bus de alimentación está aquí constituido por dos conductores eléctricos 22 y 24. El conductor 22 está eléctricamente conectado a una salida del disyuntor 14 que suministra la tensión de alimentación. El conductor eléctrico 24 está conectado a un potencial de referencia tal como la masa.

40 **[0029]** Estos conductores 22 y 24 están eléctricamente conectados por uno de sus extremos a unas entradas 26 y 27 de tensión continua del ondulador/ rectificador 20.

**[0030]** El ondulador/ rectificador 20 comprende tres salidas 30, 31 y 32 de tensión alternativa conectadas, respectivamente, a unos conductores de fase 34 a 36.

45 **[0031]** Este ondulador/ rectificador 20 es capaz de transformar la tensión continua presente entre los conductores 22 y 24 en una tensión alternativa suministrada en las salidas 30 a 32 y viceversa.

- [0032] El ondulator/ rectificador 20 es un ondulator/ rectificador convencional dotado de interruptores controlables tales como unos transistores IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*).
- 5 [0033] Clásicamente, este ondulator/ rectificador 20 comprende tres ramas conectadas en paralelo, cada rama comprende dos interruptores controlables conectados en serie en cuyos bornes están conectados unos diodos de rueda libre en posición antiparalelo.
- [0034] Cada conductor 34 a 36 alimenta unos devanados estáticos de una fase respectiva de un motor trifásico 38 de imanes permanentes.
- 10 [0035] A título de ilustración, solamente se han representado tres devanados estáticos 40 a 42 alimentados respectivamente por los conductores 34 a 36 en la figura 1. Estos devanados estáticos son capaces de producir un campo magnético de excitación capaz de hacer girar un rotor 44 dotado de imanes permanentes. Para simplificar la figura 1, solamente se han representado tres imanes permanentes 46 a 48.
- 15 [0036] Se recuerda que la resistencia interna del motor 38 se define como la resistencia del conjunto de los devanados de una fase. En el caso de un motor montado en estrella, esta resistencia puede medirse midiendo la resistencia del motor tomada entre dos bornes de conexión de los conductores de fase y dividiendo la resistencia medida por dos, para obtener la resistencia de los devanados de una única fase. Típicamente, el valor  $R_{int}$  de la resistencia interna de un motor polifásico está comprendida entre  $5 \Omega$  y  $100 \text{ m}\Omega$ . Por ejemplo, el valor  $R_{int}$  de la resistencia interna del motor 38 es igual a  $40 \text{ m}\Omega$ .
- [0037] El rotor 44 hace girar un árbol 50 que a su vez hace girar, mediante mecanismos no representados, las ruedas motrices del vehículo 2.
- 20 [0038] Los contactores controlables 52 a 54 permiten desconectar eléctricamente los conductores de fase 34 a 36, de los devanados del motor 38.
- [0039] Una carga resistiva variable 60 es conectable a la entrada del ondulator/ rectificador 20 entre los conductores 22 y 24. Se notará que conectar una carga resistiva entre los conductores 22 y 24 es equivalente, desde un punto de vista eléctrico, a conectar una carga resistiva entre cada par de conductores de fase 34 a 36.
- 25 [0040] La carga 60 está concebida para que el valor de su parte resistiva conectada entre cada par de conductores de fase esté comprendida entre  $R_{int}$  y  $200000 \cdot R_{int}$ , donde el símbolo « . » indica la multiplicación. Preferentemente, la carga 60 está concebida para que el valor de su parte resistiva conectada entre cada par de conductores de fase pueda variar entre  $R_{int}$  y  $20000 \cdot R_{int}$  incluso de  $R_{int}$  a  $2000 \cdot R_{int}$ . En el caso particular descrito, la parte resistiva conectada entre cada par de conductores de fase puede variar entre  $40 \text{ m}\Omega$  y  $8 \Omega$ . Para la mayor parte de los
- 30 cortocircuitos resistivos que pueden aparecer es posible ajustar el valor de la parte resistiva de la carga 60 para que una parte de la corriente circule por los conductores de fase mientras que otra parte de la corriente atraviese el corto-circuito resistivo.
- [0041] Aquí, esta carga 60 también está destinada a disipar la energía de frenado cuando el motor 38 funciona en generador de corriente para frenar el vehículo 2.
- 35 [0042] La carga 60 comprende una resistencia 62 de valor constante  $R_H$  y un troceador reostático 64.  $R_H$  es aquí igual a  $2/3 R_{int}$ . La resistencia 62 está directamente conectada por uno de sus extremos al conductor 24 y por otro de sus extremos al conductor 22 mediante el troceador 64. El troceador 64 permite, cuando está activado, conectar la carga 60 al conductor 22 y cuando está desactivado, aislar eléctricamente la carga 60 del conductor 22. Además,
- 40 cuando el troceador está activado, esto permite hacer variar el valor de la parte resistiva de la carga 60 troceando la corriente que atraviesa la resistencia 62.
- [0043] Este troceador 64 comprende aquí un interruptor controlable 66 conectado en serie con un diodo 68 mediante un punto común 70.
- [0044] El interruptor 68 está aquí realizado con ayuda de un transistor IGBT 72 cuyo colector está directamente conectado al conductor 22 y el emisor al punto 70. Un diodo de rueda libre 74 está conectado en posición antiparalelo a los bornes del transistor 72.
- 45 [0045] El cátodo del diodo 68 se conecta al punto 70 mientras que su ánodo está directamente conectado al conductor 24.
- [0046] El punto medio 70 está conectado a la resistencia 62.

**[0047]** Cuando el troceador 64 está activado, la frecuencia de conmutación  $f_c$  del interruptor 66 está comprendida entre 50 Hz y 10 kHz. Por ejemplo, aquí la frecuencia  $f_c$  es igual a 400 Hz. La tasa de abertura  $T_x$  del interruptor 66 es controlable. Aquí, la tasa de abertura  $T_x$  puede variar entre 0.005 y 1.

**[0048]** Se define aquí la tasa de abertura  $T_x$  de este troceador 64 con ayuda de la relación siguiente:

5  $T_x = t_{on} \cdot f_c$

donde:

-  $T_x$  es la tasa de abertura,

-  $t_{on}$  es el intervalo de tiempo durante el cual el interruptor 66 es conductor en cada periodo  $1/f_c$ , y

-  $f_c$  es la frecuencia de conmutación.

10 **[0049]** El valor  $R_{eq}$  de la carga resistiva 60 cuando el troceador 64 está activado está determinado por la relación siguiente:

$$R_{eq} = R_H / T_x$$

donde:

-  $R_{eq}$  es el valor de la parte resistiva de la carga 60,

15 -  $R_H$  es el valor de la resistencia 62, y

-  $T_x$  es la tasa de abertura.

**[0050]** Una capacidad de filtrado 78 está conectada permanentemente entre los conductores 22 y 24.

20 **[0051]** El sistema 4 comprende un sensor 80 dedicado únicamente a la detección de un fallo del motor 38. El sensor 80 es capaz de medir características representativas del funcionamiento del motor 38. Estas características permiten detectar un fallo del motor incluso cuando este hace girar las ruedas motrices. El sensor 80 es, por ejemplo, un detector de vibraciones del motor 38.

25 **[0052]** El sistema 4 también está dotado de sensores de corriente capaces de medir la corriente en cada uno de los conductores de fase 34 a 36. A tal efecto, aquí, solamente se utilizan dos sensores de corriente 84 y 86 asociados respectivamente a los conductores 34 y 35. Efectivamente, el valor de la corriente en el conductor 36 puede deducirse a partir de las medidas realizadas por los sensores 84 y 86.

**[0053]** Un módulo de control 88 es capaz a partir de las medidas de corriente medidas por los sensores 84 y 86 de controlar el par del árbol 50 del motor 38. Más concretamente, a tal efecto, el módulo de control 88 controla el ondulator/ rectificador 20.

**[0054]** El módulo 88 también es capaz de controlar los contactores 52 a 54 así como el troceador 64.

30 **[0055]** Finalmente, el sistema 4 comprende un módulo 90 de diagnóstico capaz de detectar un fallo del motor 38 a partir de las medidas del sensor 80 y también de detectar un corto-circuito resistivo entre unos arrollamientos y devanados de este motor a partir de las medidas de corriente realizadas por los sensores 84 y 86. A tal efecto, el módulo 90 es capaz de controlar el ondulator/ rectificador 20 y el troceador 64.

35 **[0056]** Los módulos 88 y 90 están, por ejemplo, realizados con ayuda de un calculador electrónico programable 94 capaz de ejecutar las instrucciones grabadas en una memoria 96. A tal efecto, la memoria 96 comprende instrucciones para la ejecución del procedimiento de la figura 2 cuando estas son ejecutadas por el calculador 94.

**[0057]** El funcionamiento del sistema 4 se va a describir ahora con referencia al procedimiento de la figura 2.

**[0058]** Inicialmente, el sistema 4 no presenta fallo alguno. En estas condiciones, unas fases 98 de propulsión del vehículo 2 se alternan con unas fases 99 de frenado del vehículo.

40 **[0059]** Durante la fase 98 de propulsión, los sensores 84 y 86 miden, durante una etapa 100, la corriente en los conductores de fase 34 y 35 y transmiten estas medidas al módulo de control 88. A continuación, durante una etapa 102, el módulo 88 controla el ondulator/ rectificador 20 para ajustar el par de tracción ejercido por el motor 38 en función de las corrientes medidas y de una consigna de par.

- 5 **[0060]** Durante la fase 99 de frenado del vehículo, el módulo 88 controla, durante una etapa 104, el ondulator/rectificador 20 para que este funcione como un rectificador de tensiones y para que el motor 38 funcione como un generador de corriente trifásica. En paralelo con la etapa 104, durante una etapa 106, el módulo 88 controla el troceador 64 para ajustar el valor de la parte resistiva de la carga 60, para que esta disipe la energía generada por el motor 38 durante el frenado del vehículo 2.
- 10 **[0061]** En paralelo con las fases 98 y 99, durante una etapa 108, el sensor 80 mide permanentemente unas características del motor 38 a partir de las cuales puede detectarse un fallo de este motor. Estas medidas se analizan en tiempo real, durante una etapa 110, por el módulo 90 de diagnóstico. Si a partir de estas medidas, el módulo 90 no detecta ningún fallo del motor 38, entonces no se emprende ninguna acción particular y las fases 98 y 99 siguen ejecutándose normalmente. En este caso, tras la etapa 110, el procedimiento vuelve a la etapa 108.
- 15 **[0062]** En caso contrario, es decir si durante la etapa 110, el módulo 90 detecta que hay un fallo del motor 38, entonces se interrumpen las fases 98 y 89 y el procedimiento prosigue por una fase 120 de desvío de un cortocircuito resistivo entre unos arrollamientos de devanados del motor 38.
- 20 **[0063]** Al principio de la fase 120, durante una etapa 122, el módulo 90 controla el ondulator/rectificador 20 para hacer funcionar el motor 38 en generador de corriente trifásica y el ondulator/rectificador como un rectificador de corriente trifásico. Más concretamente, durante la etapa 122, el módulo 90 mantiene abierto los transistores IGBT del ondulator/rectificador 20 para que este se comporte como un puente rectificador de diodos.
- 25 **[0064]** En paralelo, durante una etapa 124, el módulo 90 controla la activación del troceador 64 para conectar la carga 60 entre los conductores 22 y 24. Durante la etapa 124, por ejemplo, la tasa de apertura  $T_x$  del troceador 64 pasa directamente del valor 0 al valor 1 para que el valor de la parte resistiva de la carga 60 sea mínimo.
- 30 **[0065]** Así, tras las etapas 122 y 124, el motor 38 frena el vehículo 2. Además, prácticamente la totalidad de la corriente generada por el motor 38 atraviese los conductores de fase puesto que el valor de la carga 60 conectada entre los conductores 22 y 24 es sensiblemente igual a  $R_{int}$ . En estas condiciones, se limita el agravamiento del fallo del motor.
- 35 **[0066]** A continuación, durante una etapa 126, los sensores 84 y 86 miden la corriente que circula por los conductores de fase 34 y 35 y transmiten estas medidas al módulo 90.
- 40 **[0067]** A partir de estas medidas, durante una etapa 128, el módulo 90 intenta detectar la existencia de un cortocircuito resistivo. Más concretamente, durante la etapa 128, el módulo 90, determina, durante una operación 130, la potencia de los fundamentales de todas las corrientes de fase a partir de las medidas realizadas por los sensores 84 y 86. Aquí, estos fundamentales tienen una frecuencia igual a la frecuencia estatórica del motor 38. A continuación, durante una operación 132, las potencias así determinadas se comparan de dos en dos.
- 45 **[0068]** Si las potencias de estos fundamentales de corriente son sensiblemente iguales, entonces, durante una etapa 136, el módulo 90 controla el troceador 64 para incrementar el valor de la parte resistiva de la carga 60 en un paso predeterminado. Por ejemplo, durante la etapa 130, el módulo 90 disminuye la tasa de apertura  $T_x$  del troceador reostático 64 en un paso predeterminado. Este paso predeterminado es, por ejemplo, igual a 0.05.
- 50 **[0069]** A continuación, procede a una etapa 138, durante la cual el módulo 90 vuelve a intentar detectar la existencia de un corto-circuito resistivo. Esta etapa 138 es, por ejemplo, idéntica a la etapa 128. En caso negativo, el procedimiento vuelve a la etapa 136. Así, el módulo 90 incrementa progresivamente el valor de la parte resistiva de la carga 60 hasta que esta sea suficiente para que una parte sustancial de la corriente generada por el motor 38 circule por los conductores de fase mientras que otra parte sustancial de la corriente atraviese el corto-circuito resistivo. A la parte de la corriente se la llama « sustancial » puesto que permite la detección de un corto-circuito a partir de las corrientes medidas por los sensores 84 y 86 aplicando un método de detección tal como aquel descrito con referencia a la etapa 128. Aquí, en el caso en que hay realmente un corto-circuito entre unos arrollamientos de los devanados del motor 38, la diferencia entre las potencias de los fundamentales de corriente sobrepasa, por ejemplo, un umbral predeterminado, lo cual permite establecer la existencia del corto-circuito resistivo. Además, en función de las amplitudes de los fundamentales que difieren entre sí, es posible determinar cual es la fase o las fases del motor 38 afectadas por el corto-circuito resistivo.
- [0070]** Si durante la etapa 128, o durante la etapa 138, se establece que existe un corto-circuito resistivo, entonces finaliza la fase 120 y se prosigue con una etapa 140 durante la cual se informa al conductor del vehículo 2 de la existencia de un corto-circuito resistivo.
- [0071]** Si el valor de la parte resistiva de la carga 60 alcanza su valor máximo sin que se haya detectado ningún corto-circuito resistivo durante la etapa 128 o durante las etapas 138, entonces se para el procedimiento, durante una etapa 142, y no se confirma la existencia de un corto-circuito resistivo.

- [0072]** Se notará aquí que en este modo de realización particular, puesto que los sensores 84 y 86 están colocados aguas arriba de unos contactores 52 a 54, el módulo 90 también permite detectar un corto-circuito entre estos contactores 52 a 54 y un corto-circuito resistivo entre los conductores de fase que unen estos conductores 52 a 54 a unos bornes de conexión del motor 38.
- 5 **[0073]** Además, preferentemente, aquí el módulo 90 es también capaz de detectar un fallo del ondulator/ rectificador 20 puesto que la corriente medida por los sensores 84 y 86 también atraviesa el ondulator/ rectificador 20 antes de alcanzar la carga 60.
- [0074]** Finalmente, se entiende que cuando una parte sustancial de la corriente atraviesa el corto-circuito resistivo y que la otra parte sustancial de la corriente generada por el motor 38 circula por los conductores de fase, la corriente en los conductores de fase es función del corto-circuito resistivo establecido. A partir de entonces, a partir de las medidas de estas corrientes de fase, es posible no solamente determinar la existencia de un corto-circuito resistivo si no también precisar cual es la o cuales son las fases del motor 38 afectadas por este corto-circuito resistivo.
- 10 **[0075]** La figura 3 representa otro modo de realización de un sistema 150 de tracción eléctrica del vehículo 2. En esta figura, los elementos ya descritos frente a la figura 1 llevan las mismas referencias numéricas.
- 15 **[0076]** El sistema 150 es idéntico al sistema 4 con excepción de que la carga resistiva 60 ha sido sustituida por una carga resistiva variable trifásica 152 conectada entre los conductores de fase 34 a 36.
- [0077]** La carga 152 está constituida por tres ramas paralelas conectadas en uno de sus extremos a un punto común 153. Los otros extremos de estas ramas están conectadas respectivamente a los conductores 34, 35 y 36. Cada una de estas ramas comprende una resistencia, respectivamente 154 a 156, conectada directamente por un lado al punto común 152 y por el otro lado al conductor de fase mediante un troceador reostático controlable 160. El troceador 160 es controlable por el módulo de diagnóstico 90. El valor de las resistencias 154 a 156 es constante.
- 20 **[0078]** El valor de las resistencias 154 a 156 se escoge igual a  $R_{int}$  para que el valor de la parte resistiva de la carga 152 en cada una de las ramas pueda variar entre  $R_{int}$  y  $2000.R_{int}$ .
- 25 **[0079]** El funcionamiento del sistema 150 se deduce de aquel descrito con referencia a la figura 2. Efectivamente, como en el procedimiento de la figura 2, en caso de detección de un defecto a partir de las medidas del sensor 80, el módulo 90 ajusta el valor de la parte resistiva de la carga 152 para que una parte sustancial de la corriente generada por el motor 38 atraviese el corto-circuito resistivo y que otra parte sustancial circule por los conductores de fase. Así, como en el sistema 4, los sensores de corriente 84 y 86 pueden ser utilizados para detectar la existencia de un corto-circuito resistivo. Sin embargo, en este modo de realización, la corriente que circula por los conductores de fase no atraviesa el ondulator/ rectificador 20 de manera que en este modo de realización no se puede detectar un fallo de este ondulator/ rectificador 20.
- 30 **[0080]** Son posibles muchos otros modos de realización del sistema 4 o del sistema 150. Por ejemplo, la parte resistiva variable de la carga resistiva puede ser realizada a partir de una varistancia cuyo valor varía en función de la tensión aplicada entre sus bornes. La parte resistiva variable puede también hacerse utilizando un convertidor DC-DC.
- 35 **[0081]** Aquí, en el sistema 4, la parte resistiva utilizada para hacer circular una parte sustancial de la corriente en los conductores de fase 34 a 36 es la misma que aquella utilizada durante un frenado reostático para disipar la energía generada por el motor 38. Sin embargo, se destacará que en estos dos modos de utilización, el valor de la parte resistiva no se ajusta de la misma manera. Efectivamente, en caso de frenado reostático, el valor de la resistencia 62 se ajusta para disipar de manera adecuada la energía generada por el motor 38 durante el frenado. Cuando se utiliza esta misma resistencia para llevar a cabo el procedimiento de desvío, su valor se ajusta para que una parte sustancial de la corriente trifásica generada por el motor 38 circule por los conductores de fase 34 a 36 para que a partir de medidas de esta corriente, el módulo 90 pueda detectar la existencia de este corto-circuito resistivo.
- 40 **[0082]** Como variante, en lugar de la resistencia utilizada para disipar la energía durante el frenado del vehículo 2, se utiliza una resistencia descrestado conectada en paralelo entre los conductores 22 y 24 durante la ejecución del procedimiento de la figura 2. Durante el funcionamiento normal del sistema de tracción, esta resistencia descrestado tiene como función descrestar las sobretensiones que puedan aparecer entre los conductores 22 y 24.
- 45 **[0083]** El sistema 2 se ha descrito en el caso particular en que el motor 38 es un motor de imanes permanentes. Sin embargo, el procedimiento de la figura 2 se aplica también a un sistema de tracción en el cual el motor de tracción es un motor polifásico síncrono bobinado, es decir que comprende devanados tanto en el estator como en el rotor.
- 50 **[0084]** En un modo de realización simplificado, la carga variable 60 y la carga variable 152 pueden ser sustituidas por unas cargas cuya valor de la parte resistiva es constante. En este modo de realización, el valor de la parte resistiva de esta carga se predetermina previamente por simulación o experimentalmente para que a una velocidad



determinada del vehículo 2 permita en la mayor parte de los casos de corto-circuitos resistivos circular a una parte sustancial de la corriente generada por el motor por los conductores de fase mientras otra parte sustancial atraviesa el corto-circuito resistivo.

5 **[0085]** Como variante, una vez que el valor de la parte resistiva conectada entre cada par de conductores de fase ha sido ajustada para que una parte sustancial de la corriente generada por el motor circule por los conductores de fase, mientras otra parte sustancial atraviesa el corto-circuito resistivo, la presencia del corto-circuito resistivo pueda ser detectada por otros métodos aparte de aquel consistente en comparar la potencia de los fundamentales de las corrientes medidas.

10 **[0086]** El procedimiento de desvío aquí descrito puede aplicarse a unos sistemas de tracción diferentes de aquellos implementados en un vehículo.

**[0087]** En un modo de realización simplificado, puede omitirse el sensor 80. En este modo de realización simplificado, el procedimiento de desvío de un corto-circuito resistivo se activa, por ejemplo, en el arranque del sistema de tracción. El procedimiento de desvío puede también activarse si se detecta una sobre-corriente con ayuda unos sensores 84 y 86.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de desvío de un corto-circuito eléctrico impeditivo que tiene una parte real no nula, entre unos arrollamientos de devanados de excitación de un motor polifásico de imanes permanentes o de un motor polifásico síncrono bobinado en un sistema de tracción eléctrica, comprendiendo el sistema de tracción:
  - 5 - el motor polifásico (38) de imanes permanentes o el motor polifásico síncrono bobinado, teniendo este motor en cada fase uno o varios devanados de excitación capaces de generar un campo magnético de accionamiento en rotación de un árbol del motor,
  - unos conductores (34 a 36) de fase para conectar los devanados de cada fase del motor a una fuente de alimentación polifásica controlable,
  - 10 - unos sensores (84, 86) de corriente asociados a los conductores de fase, siendo estos sensores capaces de medir la corriente que circula por cada conductor de fase,
  - un módulo (88) de control capaz de controlar el par del árbol del motor en función de las corrientes medidas por los sensores, y
  - al menos una carga resistiva (60; 152) conectable entre cada par de conductores de fase mediante al menos un interruptor controlable, **caracterizado por el hecho de que** el procedimiento comprende las etapas consistentes en:
    - a) controlar (en 122) el sistema de tracción para hacer funcionar el motor en generador de corriente polifásico,
    - b) controlar (en 124) el o los interruptores controlables para conectar la carga resistiva entre cada par de conductores de fase, siendo esta carga resistiva capaz de permitir la detección de un corto-circuito eléctrico impeditivo que tiene una parte real no nula, al menos por comparación de las potencias de los fundamentales de las corrientes medidas por cada uno de los sensores, y
    - 20 c) detectar (en 128, 138) la existencia del corto-circuito eléctrico a partir de las corrientes medidas por los sensores cuando la carga resistiva se conecta entre cada par de conductores de fase y que el motor funciona en generador de corriente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual el procedimiento comprende una etapa
  - d) de detección (en 110) de un fallo del sistema de tracción sin que sea necesario para ello hacer funcionar el motor como un generador de corriente, y en el cual las etapas a) a c) se activan únicamente en respuesta a la detección de un fallo durante la etapa d).
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para un sistema de tracción en el cual el valor de la parte resistiva de la carga resistiva es variable y en el cual el procedimiento comprende una etapa (136) de ajuste del valor de esta parte resistiva hasta que la detección del corto-circuito eléctrico sea al menos posible por comparación de las potencias de los fundamentales de las corrientes medidas para cada uno de los sensores.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el cual la carga resistiva conectada entre cada par de conductores de fase durante la etapa b), es la misma que aquella conectada entre los conductores de fase para disipar la energía generada por el motor durante un frenado del árbol del motor.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para un sistema de tracción en el cual la fuente de alimentación polifásica comprende un ondulator/ rectificador conectado eléctricamente por un lado a los conductores de fase y por el otro a un par de conductores de tensión continua, y en el cual la etapa b) consiste en controlar la conexión de la carga resistiva entre los conductores de tensión continua.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para un sistema en el cual la resistencia del o de los devanados de una misma fase del motor es llamada resistencia interna y referenciada como  $R_{int}$ , y en el cual, durante la etapa b), el valor de la parte resistiva de la carga conectada entre cada par de conductores de fase está comprendida entre  $R_{int}$  y  $200000 \cdot R_{int}$  para que una parte de la corriente generada por el motor atraviese el corto-circuito resistivo mientras que otra parte de la corriente generada por el motor circule por los conductores de fase.
7. Soporte de grabación de informaciones, caracterizado por el hecho de que comprende instrucciones para la ejecución de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cuando estas instrucciones son ejecutadas por un calculador electrónico.
8. Sistema de tracción eléctrica, comprendiendo este sistema:

- un motor polifásico (38) de imanes permanentes o un motor polifásico síncrono bobinado, teniendo este motor en cada fase uno o varios devanados de excitación capaces de generar un campo magnético de accionamiento en rotación de un árbol del motor,
- 5
- unos conductores (34 a 36) de fase para conectar los devanados de cada fase del motor a una fuente de alimentación polifásica controlable,
  - unos sensores (84, 86) de corriente asociados a los conductores de fase, siendo estos sensores capaces de medir la corriente que circula por cada conductor de fase,
  - un módulo (88) de control capaz de controlar el par del árbol del motor en función de las corrientes medidas por los sensores, y
- 10
- al menos una carga resistiva (60; 152) conectable entre cada par de conductores de fase mediante al menos un interruptor controlable, **caracterizado por el hecho de que** este sistema comprende también un módulo (90) de diagnóstico capaz de llevar a cabo un procedimiento de desvío de un corto-circuito eléctrico impedante que tiene una parte real no nula, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 15
9. Módulo de diagnóstico capaz de ser llevado a cabo en un sistema de tracción conforme a la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** este módulo de diagnóstico es capaz de llevar a cabo el procedimiento de desvío de un corto-circuito eléctrico impedante que tiene una parte real no nula, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

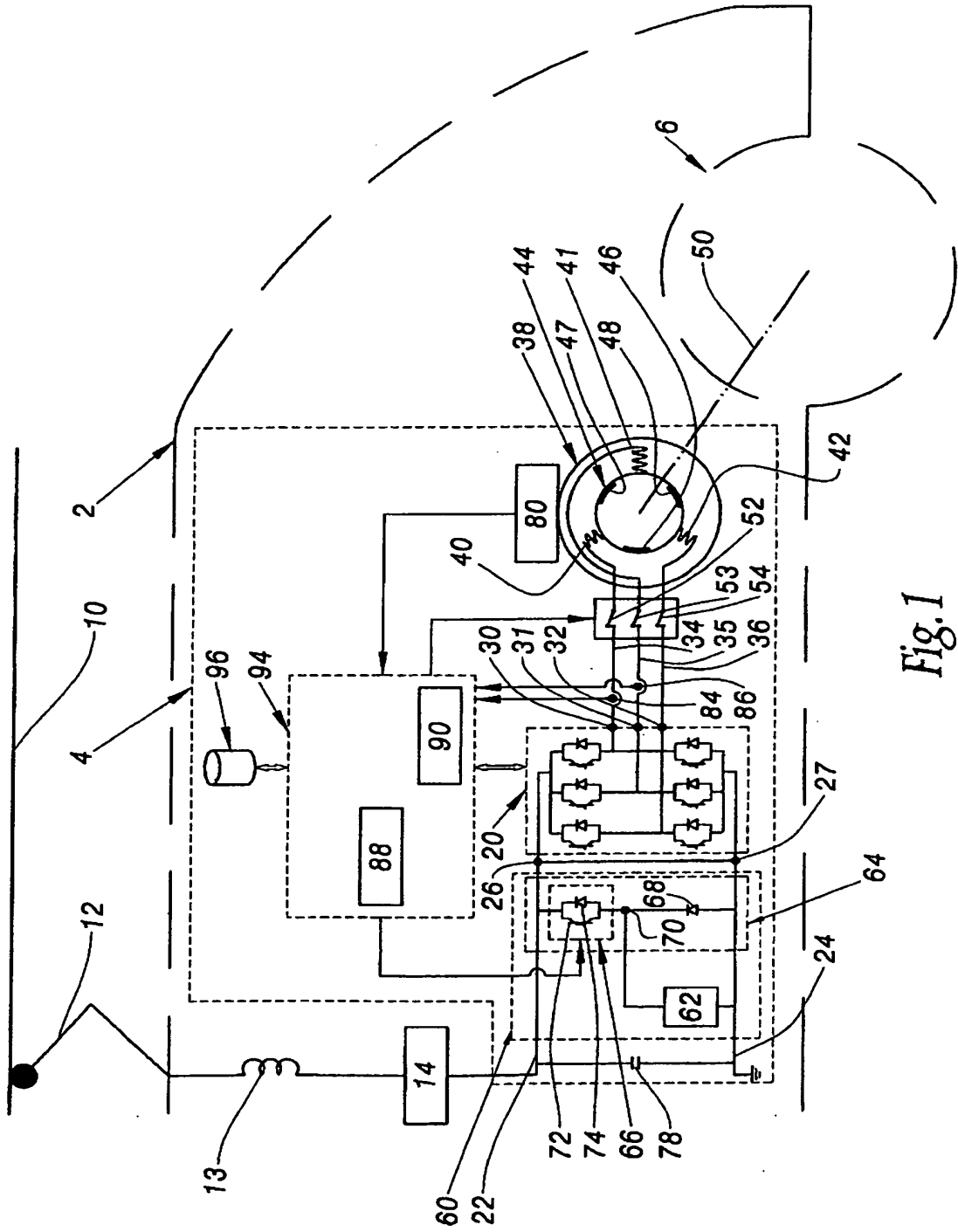


Fig. 1

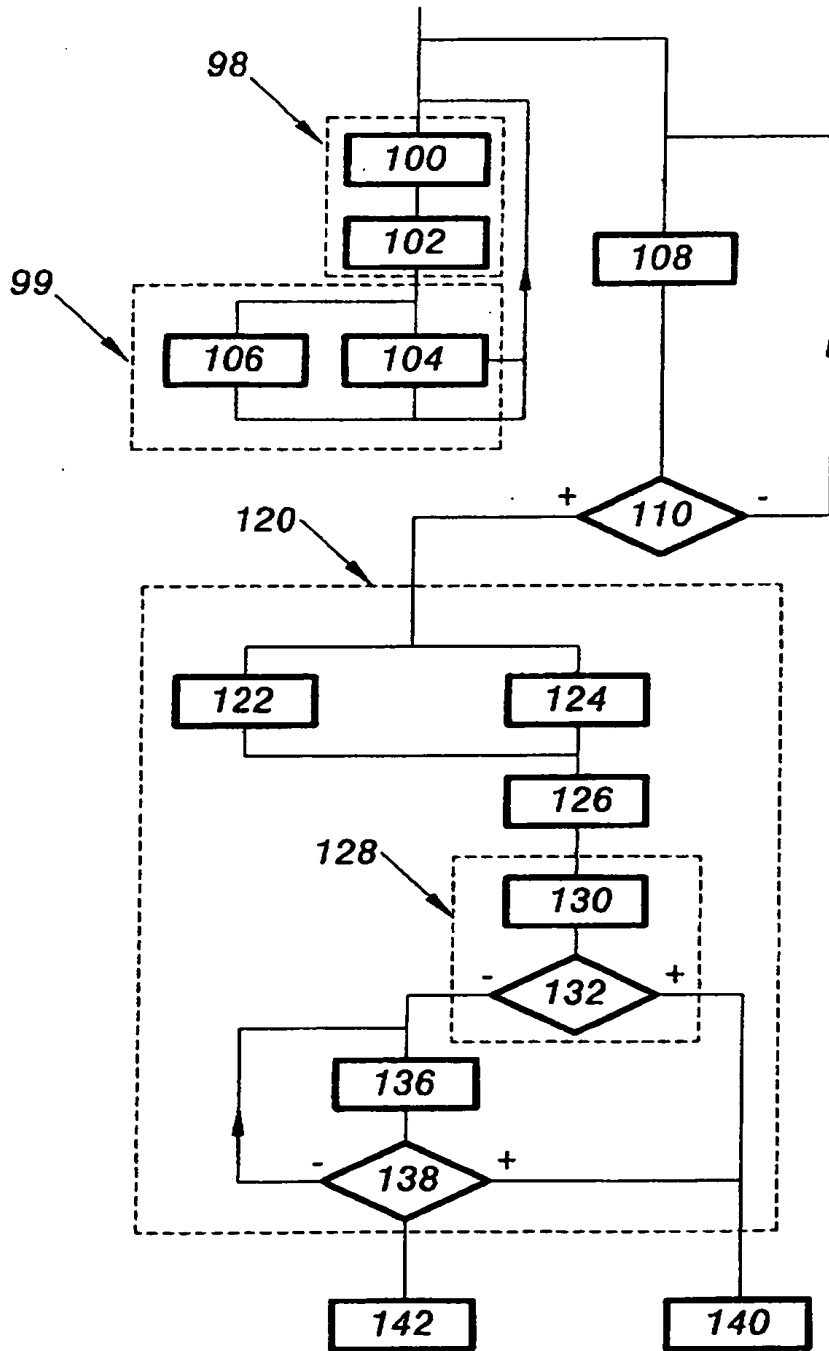


Fig.2

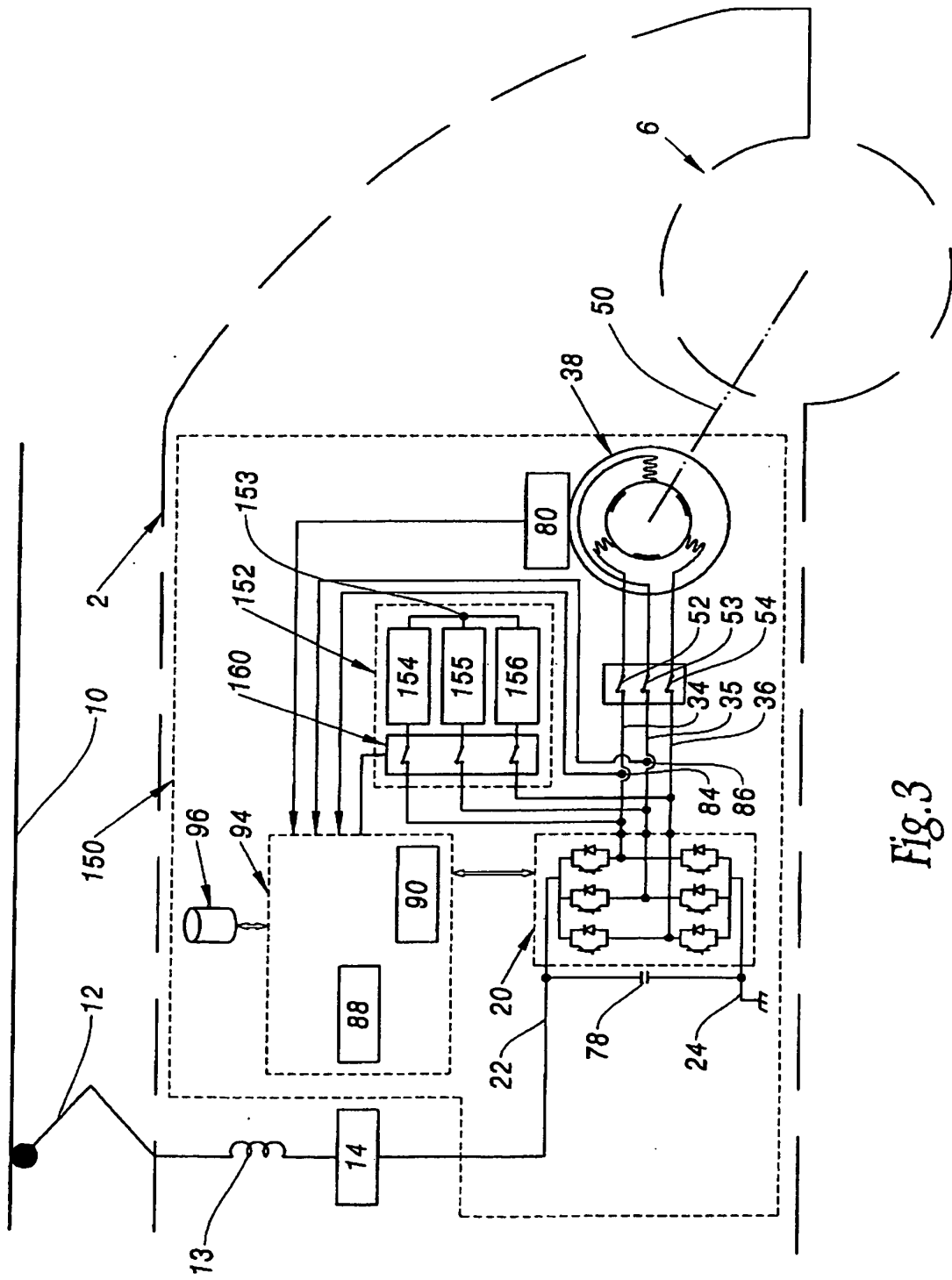


Fig. 3