

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 079**

51 Int. Cl.:

G01R 31/40 (2014.01)

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2008 E 08354066 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2056116**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de predicción de fallos de condensador electrolítico, convertidor y alimentación sin interrupción equipados con dicho dispositivo**

30 Prioridad:

30.10.2007 FR 0707620

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

23.10.2018

73 Titular/es:

**MGE UPS SYSTEMS (100.0%)
140, avenue Jean Kuntzmann Zirst de
Montbonnot
38330 Montbonnot-Saint-Martin, FR**

72 Inventor/es:

**ABDENNADHER, KARIM;
ROSSET, CHRISTOPHE;
ROJAT, GÉRARD y
VENET, PASCAL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 687 079 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 y dispositivo de predicción de fallos de condensador electrolítico, convertidor y alimentación sin interrupción equipados con dicho dispositivo

Campo técnico de la invención

- 5 La invención se refiere a un procedimiento de predicción de fallos de al menos un condensador electrolítico que comprende:
- la medida de la tensión de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador,
 - la medida de la temperatura del condensador,
 - la determinación (o la medida) de la corriente que circula en el condensador,
- 10 - la determinación del valor de una resistencia equivalente en serie del condensador,
- la determinación del valor de una resistencia equivalente en serie teórica de dicho condensador en función de la temperatura del condensador,
 - la comparación del valor de la resistencia equivalente en serie del condensador con el valor equivalente en serie teórico de dicho condensador, y
- 15 - la indicación de al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador.

La invención también se refiere a un convertidor de una tensión variable en tensión continua que comprende al menos una línea de alimentación, al menos un condensador electrolítico conectado a una salida de dicho convertidor, y un dispositivo de predicción de fallos.

- 20 La invención se refiere, además, a una alimentación sin interrupción que consta de un convertidor de una tensión variable en tensión continua y un ondulator.

Estado de la técnica

- 25 Los condensadores electrolíticos se utilizan generalmente en convertidores de energía eléctrica para el filtrado de la tensión de entrada o de la tensión de salida. Estos convertidores pueden estar concebidos para alimentar con tensión continua sistemas electrónicos de equipamiento para los cuales cualquier parada puede ser perjudicial. Se ha constatado que la mayor parte de las averías de estos convertidores se deban a un fallo de los condensadores electrolíticos.

Es conocido implementar procedimientos que permiten determinar el estado de envejecimiento de un condensador. La patente europea EP 1 198 715 describe un procedimiento de ese tipo que comprende:

- 30 - las medidas de una tensión de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador y de una corriente que circula en el condensador,
- la determinación del valor de una resistencia equivalente en serie del condensador en función de estas medidas,
 - la medida de la temperatura del condensador,
 - la determinación de una resistencia equivalente en serie teórica de dicho condensador, que corresponde a un condensador no fallido en función de esta temperatura del condensador, y
- 35 - la comparación de las dos resistencias equivalentes en serie para determinar una información representativa del estado de envejecimiento del condensador.

Un problema técnico de los procedimientos de la técnica anterior es que no permiten determinar la causa del fallo del condensador electrolítico.

Exposición de la invención

- 40 La invención pretende remediar los problemas técnicos de los procedimientos de la técnica anterior proponiendo un procedimiento de predicción de fallos de al menos un condensador electrolítico que comprende:
- la medida de la tensión de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador,
 - la medida de la temperatura del condensador,
 - la determinación o la medida de la corriente que circula en el condensador,
- 45 - la determinación del valor de una resistencia equivalente en serie del condensador,
- la determinación de al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador con

ayuda de un modelo de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica de dicho condensador en función de la temperatura del condensador, y

- la indicación de la información representativa del estado de envejecimiento del condensador.

5 De acuerdo con la presente invención, el procedimiento consta de la determinación del valor de la capacidad del condensador, las determinaciones de la resistencia equivalente en serie y de la capacidad se realizan con ayuda de un filtro digital, y el procedimiento consta de la indicación de una información representativa del valor de la capacidad del condensador y de una información representativa de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento de dicho condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie del condensador.

10 Preferentemente, el filtro digital es un filtro de Kalman. Por ejemplo, el filtro de Kalman implementa un algoritmo de tipo recursivo.

De acuerdo con una realización, el procedimiento consta de la aplicación a los bornes del condensador de una secuencia binaria pseudoaleatoria.

15 La invención también se refiere a un dispositivo de predicción de fallos de al menos un condensador electrolítico que comprende:

- medios de medida de la tensión de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador,
- medios de medida de la temperatura del condensador,
- medios de determinación o de medida de la corriente que circula en el condensador,
- una unidad de procesamiento que consta de primeros medios de procesamiento que permiten determinar el valor de una resistencia equivalente en serie del condensador, y de segundos medios de procesamiento que permiten determinar al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador a partir de un modelo de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica de dicho condensador en función de la temperatura del condensador, y
- una interfaz de salida conectada a la unidad de procesamiento y que permite indicar la información representativa del estado de envejecimiento del condensador.

20 En el dispositivo de acuerdo con la invención, los primeros medios de procesamiento están constituidos esencialmente por un filtro digital que permite, además, determinar el valor de la capacidad del condensador, y la interfaz de salida permite indicar, además, una información representativa del valor de la capacidad del condensador y una información representativa de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento de dicho condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie del condensador.

30 Preferentemente, la unidad de procesamiento consta de medios de identificación de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie de dicho condensador, y la interfaz de salida permite indicar una información representativa de al menos una causa del estado de envejecimiento.

35 Preferentemente, el dispositivo consta de una unidad de procesamiento anexa que consta de medios de identificación de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador y concebida para ser conectada a la interfaz de salida.

40 De acuerdo con una realización, los primeros medios de procesamiento constan de un filtro de Kalman para determinar los valores de la resistencia equivalente en serie del condensador y de la capacidad del condensador. Preferentemente, el filtro de Kalman implementa un algoritmo de tipo recursivo.

De acuerdo con una realización, el procedimiento consta de medios de aplicación de una secuencia binaria pseudoaleatoria a los bornes del condensador.

45 La invención también se refiere a un convertidor de una tensión variable en tensión continua, por ejemplo un convertidor de potencia, que comprende al menos una línea de alimentación, al menos un condensador electrolítico conectado a una salida de dicho convertidor, y un dispositivo de predicción de fallos, en el que el dispositivo de predicción de fallos es tal como el descrito anteriormente y permite predecir los fallos del condensador electrolítico.

Preferentemente, los medios de determinación de la corriente que circula en el condensador están conectados a medios de medidas de una corriente en la línea de alimentación y a medios de medidas de una corriente en una carga eléctrica.

50 Preferentemente, el convertidor consta de una pluralidad de condensadores electrolíticos montados en paralelo, permitiendo el dispositivo de predicción predecir los fallos de dicha pluralidad de condensadores electrolíticos.

La invención también se refiere a una alimentación sin interrupción que consta de un convertidor de una tensión variable en tensión continua y un ondulator, en el que el convertidor es tal como el descrito anteriormente, estando el ondulator conectado a la salida de dicho convertidor.

Breve descripción de las figuras

5 Otras ventajas y características surgirán más claramente de la descripción a continuación de realizaciones particulares de la invención, dadas a modo de ejemplos no limitantes, y representadas en las figuras adjuntas.

La figura 1 representa esquemáticamente un convertidor de potencia y un dispositivo de predicción de fallos de un condensador electrolítico de dicho convertidor.

10 La figura 2 representa esquemáticamente una unidad de procesamiento y una interfaz de salida de un dispositivo de predicción de fallos de un condensador electrolítico.

Las figuras 3a y 3b representan respectivamente un modelo de condensador electrolítico y el modelo equivalente asociado.

15 La figura 4 representa esquemáticamente los primeros medios de procesamiento de la unidad de procesamiento que permiten determinar el valor de una resistencia equivalente en serie y el valor de la capacidad del condensador.

La figura 5 representa esquemáticamente los segundos medios de procesamiento de la unidad de procesamiento que permiten determinar al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador.

20 La figura 6 representa esquemáticamente la unidad de procesamiento y una interfaz de salida de un dispositivo de predicción de fallos de un condensador electrolítico de acuerdo con otra realización.

Descripción detallada de una realización

25 El dispositivo de predicción de fallos de acuerdo con la invención puede aplicarse a cualquier convertidor, en particular un convertidor de potencia, por ejemplo del tipo PFC, es decir que permite una corrección del factor de potencia. Un convertidor de una tensión alterna en tensión continua de este tipo se representa en la figura 1. El convertidor 11 es alimentado por una fuente de tensión alterna de tipo sinusoidal 25. La fuente 25 está conectada por medio de un bus positivo 12 en el que el sentido de la corriente viene impuesto por medio de un diodo 15, de un bus negativo 13 en el que el sentido de la corriente viene impuesto por medio de un diodo 17, y de un conductor de neutro 14. Cada bus consta de una inductancia 19, 20 para almacenar la energía de entrada cuando interruptores controlados 23, 24 están en posición cerrada y para restituir esta energía a condensadores 31, 32 a través de diodos de rueda libre 16, 18, cuando los interruptores controlados 23, 24 están en posición abierta. Los interruptores controlados están interpuestos entre uno de los puntos del circuito referenciados 21, 22 y el conductor de neutro 14. De este modo, cuando un interruptor controlado está en posición cerrada, se establece un contacto eléctrico entre uno de los puntos 21, 22 y el conductor de neutro 14. Del mismo modo, cuando este interruptor controlado está en posición abierta, este contacto eléctrico se suprime. Los interruptores controlados 23, 24 están controlados por medios de control no representados. Los interruptores controlados 23, 24 pueden ser transistores, por ejemplo de tipo IGBT, con efecto de campo u otros. La carga 33, 34 es alimentada, por lo tanto, por la tensión variable obtenida de este modo.

40 El potencial eléctrico de referencia del conductor de neutro viene impuesto por la referencia de neutro de la alimentación 25. Estos condensadores son, generalmente, del tipo electrolítico y están, a menudo, en el origen de las averías de los convertidores de potencia. Cualquier fallo de los condensadores 31, 32 puede conllevar paradas imprevistas o un deterioro del convertidor de potencia, y, por lo tanto, una pérdida de producción. A menudo, en instalaciones llamadas sensibles, estos condensadores están montados en redundancia.

45 Para remediar estos inconvenientes, el convertidor representado en la figura 1 consta de un dispositivo 41 de predicción de fallos. Para simplificar la figura 1, el dispositivo de predicción de fallos representado se aplica al único condensador 31. Un dispositivo idéntico podría aplicarse al condensador 32.

El dispositivo de predicción 41 representado en la figura 1 consta de medios de medida, tales como:

- medios de medida 42 de la tensión U_{dc} de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador 31,
- medios de medida 43 de la temperatura TP del condensador, y
- medios de medida 44 de la corriente IL que circula en el bus positivo.

50 Como se representa en la figura 1, el dispositivo de predicción 41 consta, además, de una unidad de procesamiento 45 así como de una interfaz de salida 46 conectada a la unidad de procesamiento que permite indicar al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador. La unidad de procesamiento 45 y la

interfaz de salida 46 se representan de forma más detallada en la figura 2. Los medios de medida descritos anteriormente están conectados a un convertidor analógico digital 47 de la unidad de procesamiento 45.

5 La cadena de medida de la tensión U_{dc} de la ondulación consta generalmente de un filtro de paso alto no representado, por ejemplo con una frecuencia de corte de 200 Hz. Este filtro puede utilizarse para retirar la componente continua de la tensión entre los bornes del condensador. Una vez retirada esta componente continua, la cadena de medida puede adaptarse para tener valores de tensión positivos e inferiores a 3 V en la entrada de la unidad de procesamiento, por ejemplo con ayuda de circuitos electrónicos a base de amplificadores operacionales.

10 En la realización representada en la figura 2, se determina el valor de la corriente I_c que circula en el condensador, con ayuda de un módulo 52, a partir de la medida de la corriente I_L que circula en el bus positivo. La corriente I_c que circula en el condensador puede determinarse diferenciando entre la corriente I_d que circula en el diodo 16 y la corriente I_{ch} que circula en la carga 33. La corriente I_d que circula en el diodo 16 es, generalmente, dependiente de la corriente I_L que circula en el bus positivo, así como del estado del interruptor controlado 23. El valor de la corriente I_c en la carga 33 depende, por su parte, del tipo de carga. En el caso de una carga conocida, por ejemplo resistiva, el valor de la corriente I_c en la carga puede considerarse igual a la media de la corriente I_d que circula en el diodo 16. En el caso de una carga correspondiente a un ondulator, es decir en el caso de un convertidor completo que comprende un convertidor de tipo PFC, tal como se representa en la figura 1, y un ondulator, el valor de la corriente I_c en la carga 33 puede considerarse igual al producto de la tensión de salida del ondulator y de la corriente de salida del ondulator dividido por el producto de la tensión U_c entre los bornes de contacto del condensador y del rendimiento global del ondulator. De este modo, gracias al módulo 52, es posible determinar el valor de la corriente I_c en el condensador a partir, entre otros, del valor de la corriente I_L que circula en el bus positivo. En otras realizaciones no representadas, también es posible medir directamente el valor de la corriente I_c en el condensador.

25 La unidad de procesamiento 45 consta de primeros medios de procesamiento 53 que permiten determinar los valores de una resistencia en serie equivalente y de la capacidad del condensador. Para determinar la resistencia en serie equivalente del condensador, se utiliza el modelo representado en la figura 3a. Este modelo consta de cierto número de parámetros, tales como una primera resistencia 61 montada en serie con una inductancia 62 y un condensador ideal 63 puramente capacitivo. En este modelo, una resistencia de fuga 64 está montada en paralelo con el condensador ideal 63. El valor de la resistencia equivalente se determina, por lo tanto, con ayuda del modelo equivalente representado en la figura 3b en función de los parámetros del modelo de la figura 3a.

30 De acuerdo con un aspecto de la invención, los primeros medios de procesamiento 53 permiten, además, determinar el valor de la capacidad del condensador. De este modo, con ayuda del modelo equivalente de la figura 3b, es posible determinar no solamente el valor de la resistencia equivalente, sino también el valor de la capacidad C del condensador. Estas dos magnitudes, así como la inductancia equivalente ESL , dependen de la frecuencia y de la temperatura del condensador. Para frecuencias inferiores a una frecuencia de resonancia, la inductancia equivalente se vuelve despreciable y el modelo equivalente consta solamente de la resistencia equivalente ESR en serie con el condensador de capacidad C . En este caso, la función de transferencia que relaciona la corriente I_c en el condensador con la tensión U_{dc} de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador es una función de primer orden que consta, como parámetros, de la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C .

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, los primeros medios de procesamiento 53 están constituidos esencialmente por un filtro digital que permite determinar los valores de la resistencia equivalente en serie y de la capacidad del condensador. Como se representa en la figura 4, el filtro digital de los primeros medios de procesamiento 53 es un filtro de Kalman, en este caso un filtro de Kalman que implementa un algoritmo de tipo recursivo, por ejemplo de tipo mínimo cuadrado recursivo. Con ayuda del filtro de Kalman, es posible, por lo tanto, determinar los parámetros de la función de transferencia que relaciona la corriente I_c en el condensador con la tensión U_{dc} de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador, es decir la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C .

50 El filtro digital de los primeros medios de procesamiento 53 representado en la figura 4 consta de una primera entrada 71 de la corriente I_c en el condensador y una segunda entrada 72 de la tensión U_{dc} de la ondulación entre los bornes de contacto del condensador. El filtro consta también de un módulo 73 de la función de transferencia que relaciona la corriente I_c con la tensión U_{dc} . Este módulo 73 permite estimar en tiempo real, o más exactamente con un periodo de tiempo dado, un primer valor 74 de la tensión U_{dc} de la ondulación en los bornes del condensador. Este primer valor 74 de la tensión U_{dc} se estima en función de la corriente I_c en el condensador con este mismo periodo de tiempo y de la tensión U_{dc} de la ondulación con un periodo de tiempo anterior. La tensión U_{dc} de la ondulación con un periodo de tiempo anterior se determina, por su parte, con ayuda de una función de retardo 75. Durante este mismo periodo de tiempo, este primer valor 74 de la tensión U_{dc} se compara con la medida de esta misma tensión U_{dc} con ayuda de un comparador 76. Un algoritmo de adaptación paramétrica 77 se utiliza para reevaluar los parámetros de la función de transferencia, es decir la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C , en función de la diferencia entre el primer valor 74 de la tensión U_{dc} y la medida de esta tensión. Los parámetros reevaluados de este modo se reinyectan a continuación en el módulo 73 de la función de transferencia.

60

Para determinar la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C con más precisión, es preferible aplicar a los bornes del condensador una secuencia binaria pseudoaleatoria 79, tal como se representa en la figura 1. Esta secuencia binaria pseudoaleatoria puede ser una señal de superposición que presenta un espectro de frecuencias amplio, en particular un espectro de frecuencias que engloba al menos el espectro de frecuencias útiles del condensador, es decir un espectro de frecuencias que abarque la banda pasante de la capacidad C y de la resistencia equivalente en serie ESR del condensador.

Como se representa en la figura 2, la unidad de procesamiento 45 consta de segundos medios de procesamiento 54 que permiten determinar al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador a partir de un modelo de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica y/o de la capacidad teórica de dicho condensador en función de la temperatura del condensador. Esta información representativa del estado de envejecimiento corresponde, generalmente, a un número de horas antes de la avería. Esta información se determina a partir de la medida de la temperatura TP del condensador, así como de los valores, determinados en tiempo real, de la resistencia equivalente ESR y de la capacidad C. Los segundos medios de procesamiento 54 se representan de manera más detallada en la figura 5.

Para determinar una información representativa del estado de envejecimiento del condensador, se implementan modelos de envejecimiento que permiten determinar la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C del condensador en función del tiempo. La resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C pueden determinarse a partir de estos modelos de envejecimiento definiendo condiciones predeterminadas de fallo y utilizando, como indicadores, la resistencia equivalente ESR y la capacidad C de los condensadores. A modo de ejemplo, la condición de fallo utilizando la resistencia en serie equivalente ESR como indicador puede corresponder a un aumento del 100 % del valor de esta resistencia equivalente, es decir que el condensador se considera potencialmente fallido si, durante su funcionamiento, el valor de la resistencia equivalente en serie de este condensador alcanza el doble del valor inicial. De la misma forma, la condición de fallo utilizando la capacidad C del condensador como indicador puede corresponder a una disminución, por ejemplo del 20 %, del valor de la capacidad inicial.

Los modelos de envejecimiento se utilizan conjuntamente con modelos de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica ESRt y de una capacidad teórica Ct del condensador en función de la temperatura TP de dicho condensador. La resistencia equivalente en serie teórica ESRt y la capacidad teórica Ct corresponden a los valores obtenidos para un condensador en buen estado o no fallido.

Los diferentes modelos de envejecimiento, así como los modelos de determinación de la resistencia equivalente en serie teórica y de la capacidad teórica, constan de parámetros que pueden predeterminarse mediante ensayos de envejecimiento. Es posible, por lo tanto, realizar previamente, para diferentes temperaturas de envejecimiento TPV, ensayos de envejecimiento en el tipo de condensador electrolítico a supervisar. Estos ensayos permiten determinar previamente los siguientes parámetros:

- tiempos de envejecimiento TIVESR, TIVC para cumplir las condiciones de fallo utilizando respectivamente la resistencia equivalente en serie ESR y la capacidad C del condensador como indicador,
- una energía de activación EAESR, EAC asociadas respectivamente a la resistencia equivalente en serie ESR y a la capacidad C del condensador,
- coeficientes ALP, BET, GAM del modelo de determinación de la resistencia en serie equivalente teórica en función de la temperatura del condensador,
- coeficientes XET, LAM, MU del modelo de determinación de la capacidad teórica en función de la temperatura del condensador,
- coeficientes A1, B1 del modelo de envejecimiento para determinar la resistencia en serie equivalente en función del tiempo, y
- coeficientes E, F del modelo de envejecimiento para determinar la capacidad en función del tiempo.

Los modelos de determinación de la resistencia equivalente en serie teórica y de la capacidad teórica en función de la temperatura del condensador pueden representarse, a modo de ejemplo, mediante las siguientes ecuaciones:

$$ESR_t(TP) = ALP + BET * \exp(-TP / GAM)$$

$$C_t(TP) = XET + LAM * TP$$

A partir de los valores de los tiempos de envejecimiento TIVESR, TIVC predeterminados para una temperatura de envejecimiento TPV dada, se puede determinar un tiempo de envejecimiento TIESR', TIC', tomando como indicador bien la resistencia equivalente en serie ESR, o bien la capacidad C del condensador, y esto para cualquier temperatura TP de funcionamiento. Para ello, se utilizan generalmente modelos de tipo Arrhenius. Por ejemplo, fijando K como la constante de Boltzmann, se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$\frac{TIESR'}{TIVESR} = \exp\left[\frac{EAESR * (TPV - TP)}{K * TPV * TP}\right]$$

$$\frac{TIC'}{TIVC} = \exp\left[\frac{EAC * (TPV - TP)}{K * TPV * TP}\right]$$

5 Como se representa en la figura 5, los tiempos de envejecimiento TIESR', TIC' se determinan mediante dos módulos 81, 82 de los segundos medios de procesamiento 54 en función de la temperatura TP de funcionamiento del condensador.

El modelo de envejecimiento utilizado para determinar la resistencia en serie equivalente ESR del condensador en función del tiempo presenta generalmente una función exponencial del tiempo. El modelo de envejecimiento utilizado para determinar la capacidad C del condensador en función del tiempo presenta generalmente una función lineal del tiempo. A modo de ejemplo, estos modelos pueden estar representados por las siguientes ecuaciones:

$$10 \quad ESR(TIESR) = ESR(0) * (1 - A1 + A1 * \exp(B1 * TI))$$

$$C(TIC) = C(0) - E * TIC$$

15 Los valores de ESR(0) y de C(0) corresponden, respectivamente, a la resistencia en serie equivalente teórica y a la capacidad teórica, es decir valores que corresponden a un condensador en buen estado y sin fallo. Estos valores se determinan con ayuda de los modelos de determinación de la resistencia equivalente en serie teórica y de la capacidad teórica en función de la temperatura del condensador, para una temperatura igual a la de la temperatura TP de funcionamiento del condensador.

A partir de los modelos de envejecimiento y de los valores de la resistencia en serie equivalente ESR o de la capacidad C, es posible determinar un tiempo teórico TIESR, TIC que corresponde a un tiempo de envejecimiento del condensador tomando como indicador bien la resistencia en serie equivalente ESR, o bien la capacidad C.

20 Como se representa en la figura 5, los segundos medios de procesamiento de la unidad de procesamiento constan de dos módulos 83, 84 de determinación de un periodo de envejecimiento TIDESR, TIDC que corresponde al periodo restante de funcionamiento antes del fallo tomando como indicador bien la resistencia en serie equivalente ESR, o bien la capacidad C. Este periodo se determina restando los tiempos teóricos TIESR, TIC respectivamente de los tiempos de envejecimiento TIESR', TIC'. Un módulo de comparación 85 permite determinar el periodo de envejecimiento TID seleccionando el valor más pequeño entre los periodos de envejecimiento TIDESR, TIDC determinados con la resistencia en serie equivalente ESR y la capacidad C como indicadores.

Como se representa en la figura 2, el dispositivo de predicción consta de una interfaz de salida 46 conectada a la unidad de procesamiento 45 y que permite indicar la información representativa del estado de envejecimiento del condensador. El periodo de envejecimiento TID se muestra mediante el módulo de interfaz 56.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, la interfaz de salida 46 permite indicar, además, una información representativa del valor de la capacidad del condensador y/o una información representativa de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento de dicho condensador en función del valor de la capacidad del condensador.

35 En el dispositivo de predicción representado en la figura 2, la unidad de procesamiento 45 consta de medios de identificación 57 de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador en función del valor de la capacidad de dicho condensador. Los medios de identificación 57 permiten asociar, a variaciones de la capacidad C y de la resistencia equivalente en serie ESR, un modo de fallo, que puede estar, as su vez, asociado a una causa de fallo.

40 A modo de ejemplo, un aumento de la capacidad C del 10 % en menos de un segundo puede estar asociado a un modo de fallo de tipo «cortocircuito». Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo pueden ser defectos en el proceso de fabricación, tales como, por ejemplo, un cortocircuito entre los electrodos del condensador, un defecto de aislamiento en el dieléctrico del condensador, y/o un defecto de aislamiento en los papeles separadores. Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo también pueden ser defectos de funcionamiento tales como ciclos de carga y de descarga excesivos que pueden provocar una degradación de la capa de óxido del condensador.

45 A modo de ejemplo, un aumento de la resistencia equivalente en serie ESR del 10 % en menos de un segundo combinado con un estancamiento de la capacidad C a un valor prácticamente constante puede estar asociado a un modo de fallo de tipo «circuito abierto». Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo pueden ser defectos de fabricación, tales como, por ejemplo, un esfuerzo mecánico y/o una mala conexión de las bandas de conexiones de los bornes del condensador. Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo también pueden ser defectos de funcionamiento tales como la presencia de corrientes de carga o de descarga excesivas.

5 A modo de ejemplo, un aumento de la resistencia equivalente en serie ESR del 100 % en un periodo de una decena de miles de horas a varias decenas de miles de horas combinado con una disminución del 20 % de la capacidad C en este mismo periodo puede estar asociado a un modo de fallo de tipo «envejecimiento prematuro». Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo pueden ser defectos de fabricación, tales como, por ejemplo, la presencia de una junta porosa que merma la hermeticidad. Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo también pueden ser defectos de funcionamiento tales como una ondulación de corriente excesiva que provoca un esfuerzo térmico importante, la presencia de sobretensión, la presencia de una tensión inversa. Las causas de fallo asociadas a este modo de fallo también pueden ser defectos de envejecimiento normal.

10 En la realización representada en la figura 2, la interfaz de salida permite indicar una información representativa del estado de envejecimiento mediante el módulo de interfaz 56, así como una información representativa de la causa del estado de envejecimiento mediante el módulo de interfaz 58.

15 En la realización representada en la figura 6, la interfaz de salida 91 permite solamente indicar una información representativa del estado de envejecimiento. Contrariamente a la figura 2, la unidad de procesamiento 51 ya no consta de medios de identificación de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador. El dispositivo consta de una unidad de procesamiento anexa 92 en la que los medios de identificación 57 de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador han sido remotos. Esta unidad de procesamiento anexa está concebida para estar conectada a la interfaz 91. Un módulo de interfaz 93 en la unidad de procesamiento anexa 92 permite mostrar la causa de fallo.

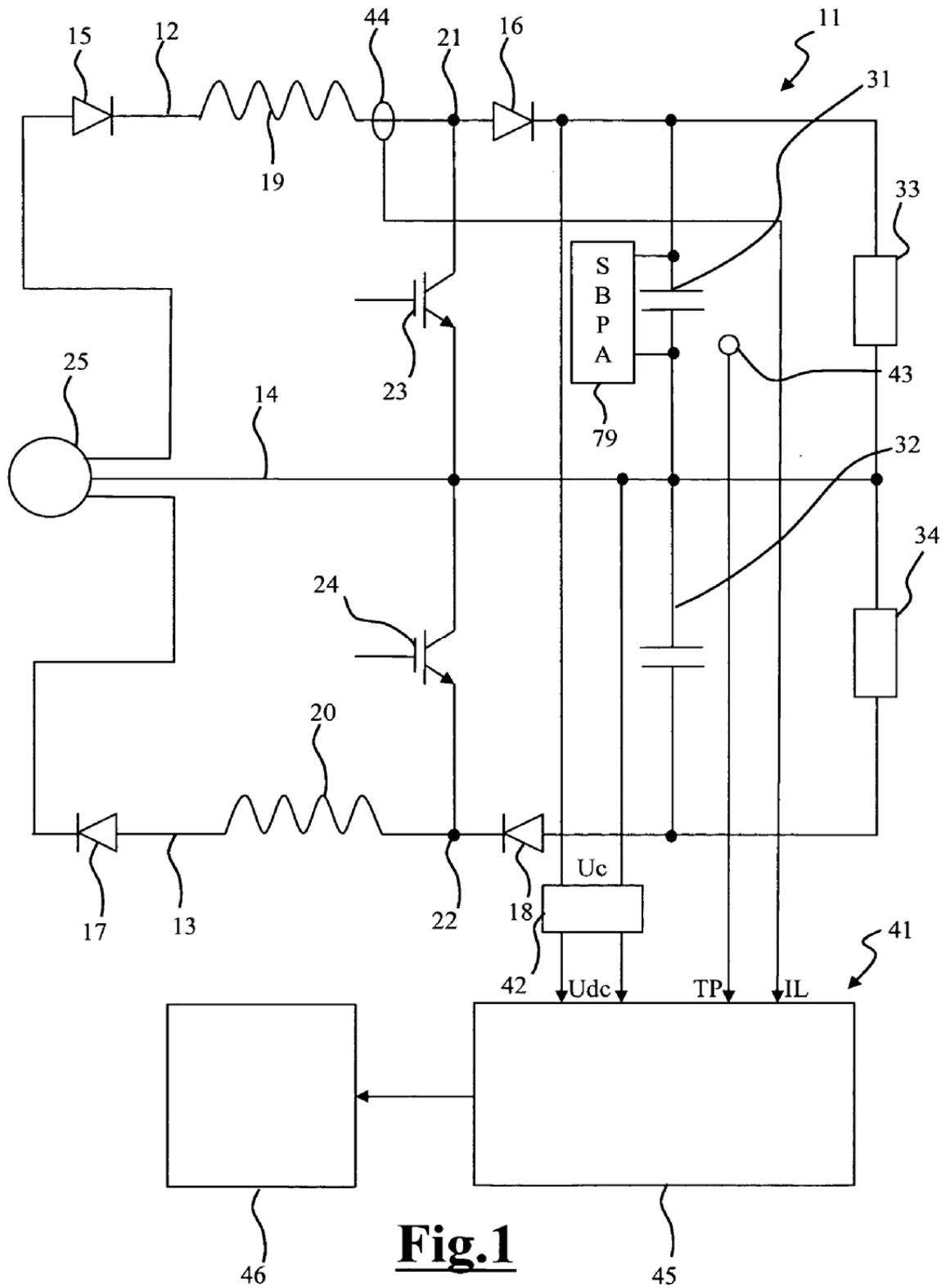
20 El convertidor dotado de dicho dispositivo de predicción de fallos de un condensador electrolítico puede permitir, en el caso de una pluralidad de condensadores montados en paralelo, predecir los fallos de dicha pluralidad de condensadores. En este caso se determina una resistencia equivalente en serie que es igual a la relación de la resistencia equivalente en serie de un condensador respecto al número de condensadores montados en paralelo. Se determina también una capacidad equivalente que es, por su parte, igual al producto de la capacidad de un condensador por el número de condensadores montados en paralelo.

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de predicción de fallos de al menos un condensador electrolítico (31) que comprende:
- la medida (42) de la tensión de la ondulación (Udc) entre los bornes de contacto del condensador,
 - la medida (43) de la temperatura (TP) del condensador,
 - 5 - la determinación (44, 52) de la corriente (Ic) que circula en el condensador,
 - la determinación (53) del valor de una resistencia equivalente en serie (ESR) del condensador,
 - la determinación (54) de al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador con ayuda de un modelo de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica (ESRt) de dicho condensador en función de la temperatura del condensador, y
 - 10 - la indicación (56) de la información representativa del estado de envejecimiento del condensador,
- caracterizado porque** consta de la determinación (53) del valor de la capacidad (C) del condensador, **porque** las determinaciones (53) de la resistencia equivalente en serie y de la capacidad se realizan con ayuda de un filtro digital, y
- 15 **porque** consta de la indicación (58) de una información representativa del valor de la capacidad del condensador (C) y de una información representativa de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento de dicho condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie del condensador.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el filtro digital (53) es un filtro de Kalman.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el filtro de Kalman implementa un algoritmo de tipo recursivo.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** consta de la aplicación a los bornes del condensador (31) de una secuencia binaria pseudoaleatoria.
5. Dispositivo de predicción de fallos (41) de al menos un condensador electrolítico (31) que comprende:
- medios de medida (42) de la tensión de la ondulación (Udc) entre los bornes de contacto del condensador,
 - medios de medida (43) de la temperatura (TP) del condensador,
 - 25 - medios de determinación (44, 52) de la corriente (Ic) que circula en el condensador,
 - una unidad de procesamiento (45) que consta de primeros medios de procesamiento (53) que permiten determinar el valor de una resistencia equivalente en serie (ESR) del condensador, y de segundos medios de procesamiento (54) que permiten determinar al menos una información representativa del estado de envejecimiento del condensador a partir de un modelo de determinación de una resistencia equivalente en serie teórica de dicho condensador en función de la temperatura del condensador, y
 - 30 - una interfaz de salida (46, 56) conectada a la unidad de procesamiento y que permite indicar la información representativa del estado de envejecimiento del condensador,
- caracterizado porque** los primeros medios de procesamiento están constituidos esencialmente por un filtro digital que permite, además, determinar el valor de la capacidad del condensador (C), y
- 35 **porque** la interfaz de salida (46) permite indicar, además, una información representativa del valor de la capacidad del condensador (C) y una información representativa de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento de dicho condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie del condensador.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la unidad de procesamiento consta de medios de identificación (57) de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador en función del valor de la capacidad y de la resistencia equivalente en serie de dicho condensador, y **porque** la interfaz de salida (46, 58) permite indicar una información representativa de al menos una causa del estado de envejecimiento.
- 40 7. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el dispositivo consta de una unidad de procesamiento anexa (92) que consta de medios de identificación (57) de al menos una causa asociada al estado de envejecimiento del condensador y concebida para ser conectada a la interfaz de salida (91).
- 45 8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** los primeros medios de procesamiento (53) constan de un filtro de Kalman para determinar los valores de la resistencia equivalente en serie (ESR) del condensador y de la capacidad (C) del condensador.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el filtro de Kalman implementa un algoritmo de tipo recursivo.
- 50 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 9, **caracterizado porque** consta de medios de aplicación de una secuencia binaria pseudoaleatoria a los bornes del condensador.

11. Convertidor de una tensión variable en tensión continua que comprende al menos una línea de alimentación (12), al menos un condensador electrolítico (31) conectado a una salida de dicho convertidor, y un dispositivo de predicción de fallos (41), **caracterizado porque** el dispositivo de predicción de fallos es según una de las reivindicaciones 5 a 10 y permite predecir los fallos del condensador electrolítico.
- 5 12. Convertidor según la reivindicación 11, **caracterizado porque** los medios de determinación (52) de la corriente que circula en el condensador están conectados a medios de medida (44, 47) de una corriente (IL) en la línea de alimentación y a medios de medida de una corriente en una carga eléctrica.
- 10 13. Convertidor según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** consta de una pluralidad de condensadores electrolíticos montados en paralelo, permitiendo el dispositivo de predicción predecir los fallos de dicha pluralidad de condensadores electrolíticos.
14. Alimentación sin interrupción que consta de un convertidor (11) de una tensión variable en tensión continua y un ondulator, **caracterizado porque** el convertidor es según una de las reivindicaciones 11 a 13, estando el ondulator conectado a la salida de dicho convertidor.



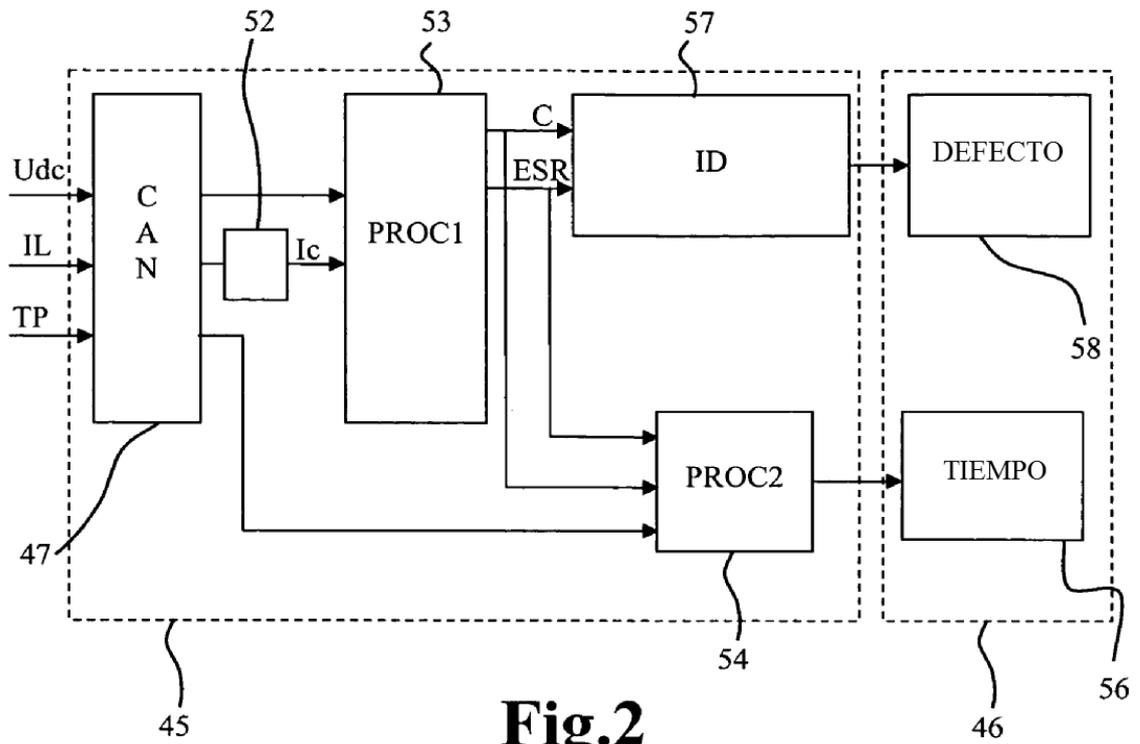


Fig.2

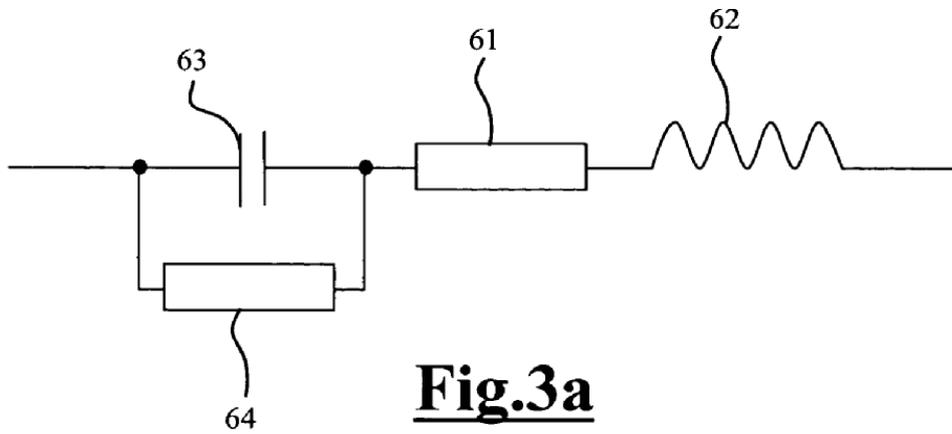


Fig.3a

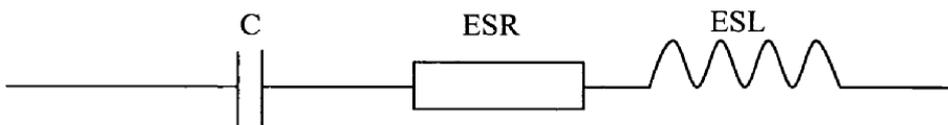
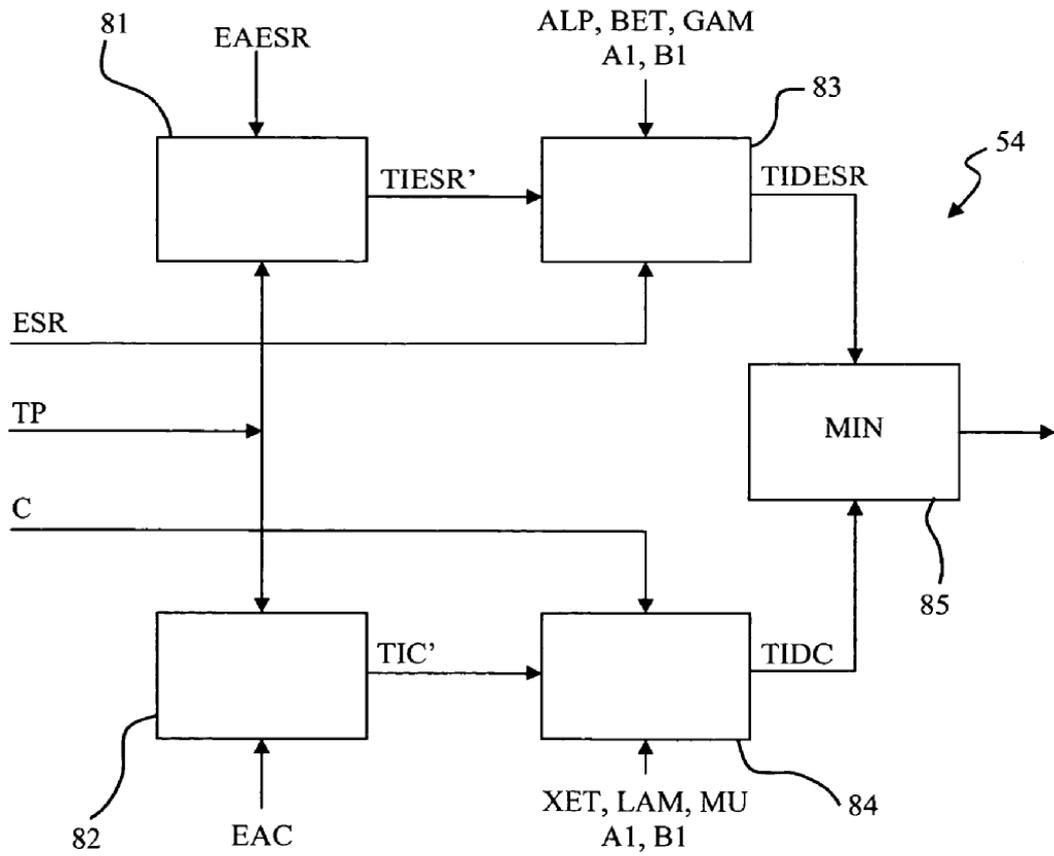
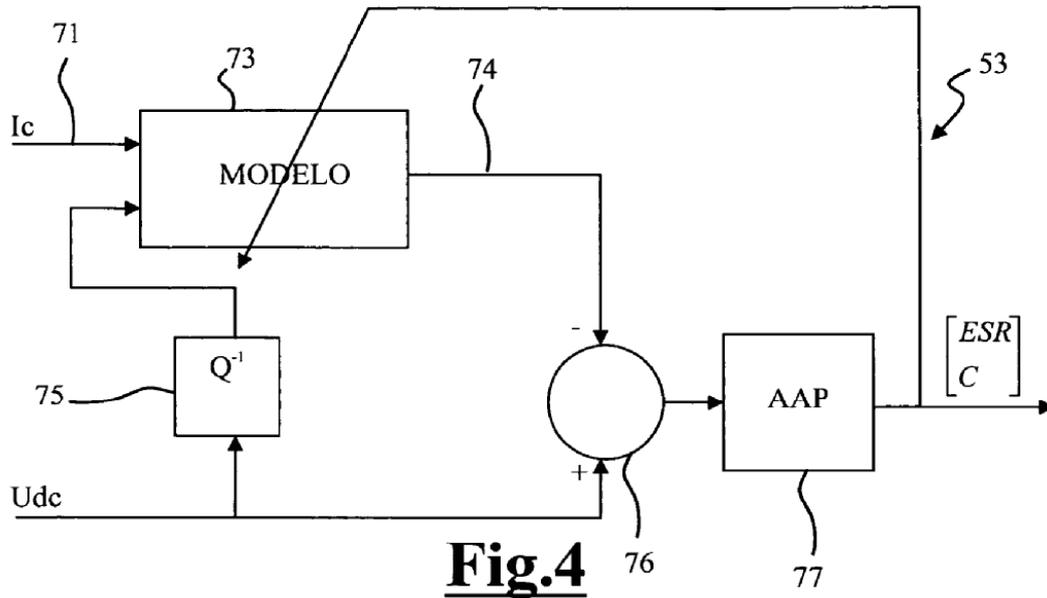


Fig.3b



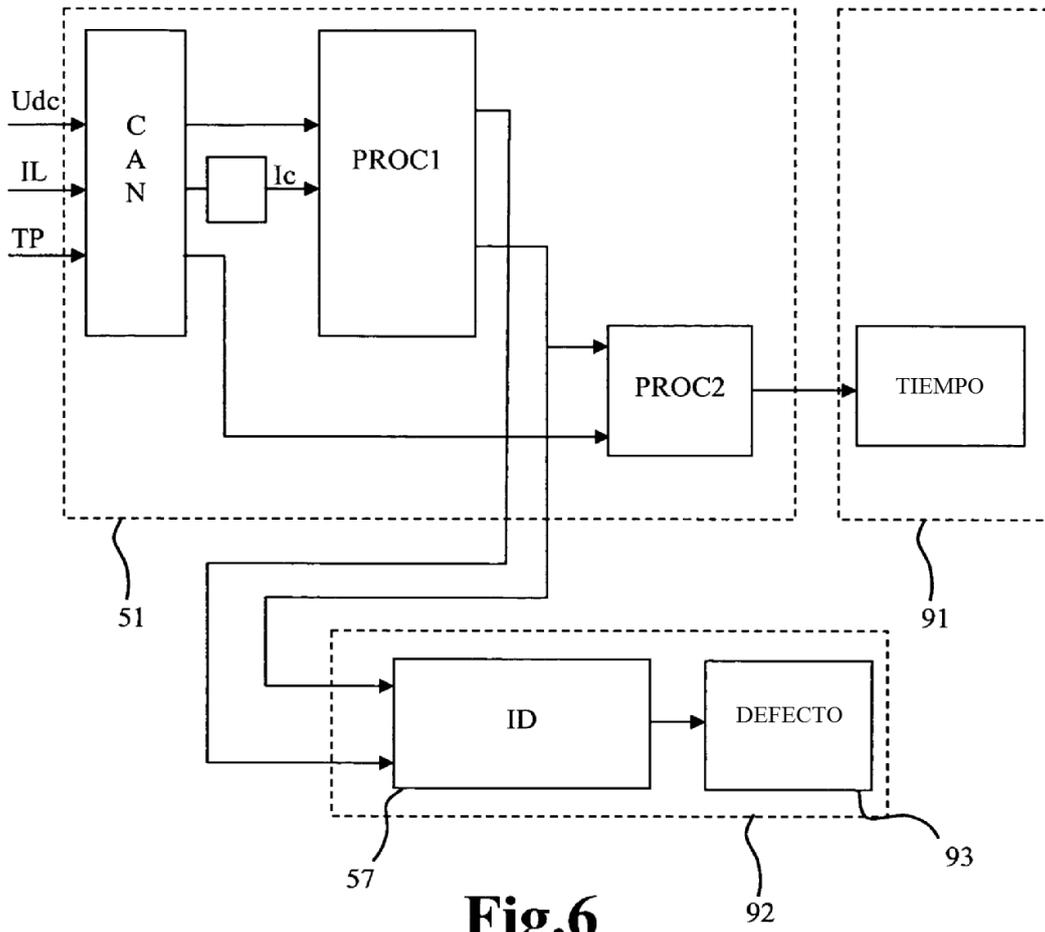


Fig.6