

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI1000839-0 A2**

(22) Data de Depósito: 08/03/2010
(43) Data da Publicação: 25/10/2011
(RPI 2129)



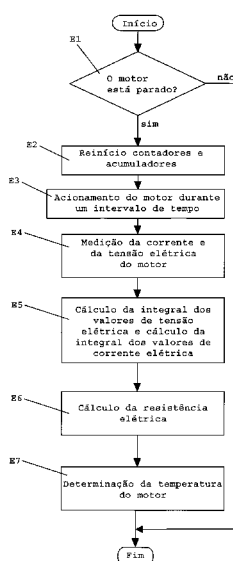
(51) *Int.Cl.:*
G01K 7/16
H02H 5/04
G01R 27/08

(54) **Título:** SISTEMA E MÉTODO DE MEDIAÇÃO DE TEMPERATURA DE MOTOR ELÉTRICO

(73) **Titular(es):** Whirlpool S.A

(72) **Inventor(es):** DRÁUSIO LINARDI ROSSI

(57) **Resumo:** SISTEMA E MÉTODO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MOTOR ELÉTRICO. A presente invenção refere-se um sistema (1) e a um método de medição de temperatura de motor elétrico que compreendem: um elemento de controle (2); uma entrada de tensão elétrica (3) conectada eletricamente ao elemento de controle; um dispositivo sensor de tensão elétrica (4) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2); e um dispositivo sensor de corrente elétrica (6) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2). O elemento de controle (2) é programado para: ler a tensão elétrica e a corrente elétrica do motor a partir dos elementos sensores de tensão elétrica (4) e de corrente elétrica (6); calcular a integral destes valores; obter o valor da resistência elétrica do enrolamento do motor baseado na divisão da integral da tensão elétrica ao longo do tempo pela integral da corrente elétrica ao longo do tempo; associar a dita resistência elétrica do enrolamento do motor a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.





PI1000839-0

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "SISTEMA E MÉTODO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MOTOR ELÉTRICO"

Campo da Invenção

A presente invenção se refere a um sistema e a um método de medição de temperatura de motor elétrico, mais precisamente para motores utilizados em eletrodomésticos.

Descrição do estado da técnica

Muitos são os eletrodomésticos que possuem motores elétricos, sendo que um dos motores mais utilizados em eletrodomésticos são os motores de indução do tipo PSC (Permanent Split Capacitor). Estes motores possuem uma característica peculiar: o aumento de temperatura quando está em operação. Neste sentido, é necessário desenvolver meios para impedir que a temperatura atinja valores altos, os quais prejudicam o funcionamento do eletrodoméstico e, ainda, causam danos ao motor.

Uma solução que tem sido largamente empregada no estado da técnica é um protetor bimetálico que desliga o motor quando este atinge uma temperatura específica, sendo que, quando a temperatura diminui, o motor pode ser novamente ligado. Nesta solução não há uma realimentação de informação da temperatura do motor, pois a proteção pode atuar sem que haja, necessariamente, algum tipo de controle, uma vez que o protetor sempre irá atuar quando a temperatura para a qual foi projetado é atingida.

Outra solução empregada no atual estado da técnica é o uso de um relê que protege o motor contra altas temperaturas. Este relê é utilizado principalmente em eletrodomésticos relacionados à refrigeração.

No que tange às referências de documentos de patentes que descrevem e ilustram soluções para a medição de temperatura de um motor, pode-se citar o documento US 4,319,298. Este documento se refere a um dispositivo que monitora as correntes e temperaturas do motor, provendo, assim, funções relativas à proteção, sendo que seu funcionamento se baseia nas condições de operação do motor e na configuração de parâmetros em campo. Neste sentido, este dispositivo é capaz de detectar os seguintes defeitos: altas temperaturas, sobrecarga, sobrecorrente instantânea, falha no aterramento, desbalanceamento das fases e reversão de fase. Por sua vez, os parâmetros configurados em campo são fornecidos ao dispositivo por meio de um teclado, sendo que estes parâmetros são valores limites para cada um dos defeitos citados. Assim, as grandezas físicas do motor são lidas e comparadas com os parâmetros configurados em campo, sendo que, caso as grandezas físicas excedam os valores configurados em campo, um relê é ativado para interromper o funcionamento do motor.

O objeto deste documento, como pode ser visto, utiliza um dispositivo separado para realizar a medição das grandezas do motor, além de necessitar de um teclado para inse-

rir os valores limite das grandezas que serão lidas. Desse modo, pelo fato de empregar dispositivos além daqueles necessários ao funcionamento do motor, o objeto deste documento norte-americano traz inconvenientes relacionados ao aumento dos custos e à relativa complexidade de instalação e manuseio.

5 Desse modo, nota-se que o estado da técnica precisa de uma solução para medição de temperatura do motor que não utiliza dispositivos e/ou equipamentos separados, isto é, além daqueles necessários ao simples funcionamento do motor. Além disso, é notável também que o estado da técnica carece de uma solução que tenha maior facilidade de instalação e de operação.

10 Objetivos da Invenção

É, portanto, um objetivo desta invenção prover um sistema e um método de medição de temperatura de motor elétrico, nos quais o próprio motor é utilizado como sensor, para a coleta de grandezas físicas e um algoritmo é empregado para detectar altas temperaturas, preenchendo, assim, a lacuna existente no estado da técnica.

15 Sumário da Invenção

Os objetivos da presente invenção são atingidos por meio de um sistema de medição de temperatura de motor elétrico que compreende: um elemento de controle; uma entrada de tensão elétrica conectada eletricamente ao elemento de controle; um dispositivo sensor de tensão elétrica conectado eletricamente ao motor elétrico e ao
20 elemento de controle; um dispositivo sensor de corrente elétrica conectado eletricamente ao motor elétrico e ao elemento de controle, sendo que o elemento de controle é programado para: ler a tensão elétrica e a corrente elétrica do motor a partir dos elementos sensores de tensão elétrica e de corrente elétrica; calcular as integrais destes valores; obter um coeficiente de temperatura baseado na divisão da integral da tensão elétrica ao longo do tempo pela integral da corrente elétrica ao longo do
25 tempo; associar o dito coeficiente de temperatura a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.

Ainda, os objetivos da presente invenção são atingidos por meio de um método de medição de temperatura de motor elétrico que compreende as etapas de: verificar se o mo-
30 tor está parado; reinício dos contadores e acumuladores; acionamento do motor durante um intervalo de tempo; medição da corrente e da tensão durante o dito intervalo de tempo da etapa anterior; cálculo da integral dos valores de tensão elétrica e cálculo da integral dos valores de corrente elétrica lidos na etapa anterior; cálculo da resistência elétrica do enrolamento do motor por meio da divisão da integral da tensão ao longo do tempo pela integral da corrente ao longo do tempo; e determinação da temperatura do motor por meio da com-
35 paração do valor da resistência elétrica do enrolamento do motor a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.

Descrição Resumida dos Desenhos

As figuras mostram:

Figura 1 – uma representação esquemática do sistema de medição de temperatura do motor elétrico da presente invenção; e

5 Figura 2 – um fluxograma do método de medição de temperatura do motor elétrico da presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção destina-se, preferencialmente, aos motores elétricos de eletrodomésticos, e, mais especificamente, aos motores elétricos de indução com enrolamentos de cobre ou alumínio, monofásicos ou trifásicos.

A figura 1 ilustra uma concretização preferencial da presente invenção. Nesta concretização, o motor elétrico 5 empregado é um motor de indução trifásico em estrela. Alternativamente, a presente invenção pode ser concretizada com um motor monofásico ou, ainda, com um motor trifásico ligado em triângulo.

15 Na figura 1, nota-se que a entrada de tensão elétrica 3 compreende dois terminais sendo um primeiro terminal AC1 e um segundo terminal AC2. Esta entrada de tensão elétrica 3 é conectada eletricamente a um elemento de controle 2, o qual também possui dois terminais AC1 e AC2 para receber a tensão elétrica da entrada 3. Preferencialmente, a tensão elétrica alimentada pela entrada de tensão elétrica 3 é alternada, como os técnicos no assunto bem sabem.

20 O elemento de controle 2 é preferencialmente um dispositivo dotado de um microcontrolador, capaz de ler sinais de corrente e de tensão e, ainda, acionar o motor 5 por meio de TRIACs ou IGBTs. Alternativamente, o elemento de controle 2 pode ser um inversor de frequência (equipamento largamente utilizado e bem conhecido por técnicos no assunto) ou um driver que atenda as especificações para o funcionamento do sistema e do método da presente invenção. Desse modo, os terminais do elemento de controle 2 podem ser pinos ou outro tipo de conector, dependendo do dispositivo ou do circuito que compõe o elemento de controle 2.

30 O segundo terminal AC2 da entrada de tensão elétrica 3 é conectado a uma chave de porta 9, a qual também é conectada eletricamente, em série, ao elemento de controle 2, por meio do terminal de porta LID provido no elemento de controle 2. O terminal de porta LID na presente invenção tem a sua função relacionada à proteção do circuito. Por meio deste terminal o elemento de controle 2 recebe um sinal de tensão diferente de zero quando a chave de porta 9 está fechada, ou seja, o elemento de controle por meio do terminal de porta LID pode saber se a porta do eletrodoméstico está aberta ou fechada e, assim, impedir o funcionamento do sistema e do método da presente invenção caso a porta do eletrodoméstico esteja aberta.

Como pode ser visto ainda na figura 1, o motor elétrico 5 compreende três terminais, sendo um primeiro terminal 10, um segundo terminal 11 e um terceiro terminal 12. O primeiro terminal 10 e o segundo terminal 11 estão conectados eletricamente a um dispositivo sensor de tensão elétrica 4 e o terceiro terminal 12 do motor elétrico 5 é conectado eletricamente a um dispositivo sensor de corrente elétrica 6. Mais precisamente, o dispositivo sensor de tensão elétrica 4 consiste em um capacitor 7 associado em série a uma bobina protetora 8 e é conectado em paralelo ao motor elétrico 5. Por outro lado, o dispositivo sensor de corrente 6 consiste em um resistor 9 conectado em série ao motor elétrico 5.

A bobina protetora 8 é um indutor e também atua na proteção do motor contra transientes de corrente. O capacitor 7, por sua vez, tem também por objetivo defasar as fases para que o motor funcione, como é de conhecimento dos técnicos no assunto. Desse modo, estes elementos acumulam não só a função de sensor de tensão elétrica 4 mas também de proteção e de defasar as fases.

O dispositivo sensor de tensão elétrica 4 é conectado ao elemento de controle 2 por meio de dois terminais de alimentação, sendo um primeiro terminal MTR1 e um segundo terminal MTR2. Estes terminais de alimentação também são conectados eletricamente em paralelo ao motor elétrico 5. O dispositivo sensor de corrente elétrica 6, por seu turno, é conectado eletricamente ao elemento de controle 2 por meio do pino de porta LID. Os pinos de alimentação MTR1 e MTR2 têm as suas funções relacionadas ao fornecimento de tensão e corrente adequadas ao funcionamento do motor. Como dito, o elemento de controle 2 recebe tensão alternada por meio dos pinos AC1 e AC2 da entrada de tensão elétrica 3, porém, esta tensão alternada não é entregue ao motor sem sofrer alterações necessárias. Como é do conhecimento dos técnicos no assunto inversores de frequência, drivers e demais dispositivos que podem ser utilizados como elemento de controle 2 na presente invenção, possuem meios para alterar os parâmetros da tensão e da corrente, como por exemplo, sua amplitude e frequência. Sendo assim, os terminais de alimentação MTR1 e MTR2 fornecem tensão e corrente elétricas modificadas ao motor elétrico 5.

Sobre o acionamento do motor para a realização das medições pelo método da presente invenção, a concretização preferencial prevê o uso de um TRIAC (ou de um algoritmo que desempenhe função semelhante) no circuito do elemento de controle 2. Desse modo, o TRIAC é ativado por meio ciclo de tensão e durante este meio ciclo de tensão as medições são feitas. O método pelo qual as medições ocorrem será explicado mais adiante.

Desse modo, o elemento de controle 2 é capaz de obter a corrente do motor 5, por meio da corrente que circula pelo dispositivo sensor de corrente elétrica 6, e a tensão do motor 5, por meio do dispositivo sensor de tensão elétrica 4 e sendo, assim, programado para efetuar a leitura destes valores. Desta forma, como pode ser visto a partir da figura 1, o pino de aquisição de corrente ADC é o responsável pela obtenção de valores de corrente do motor 5.

Na concretização alternativa que faz uso de um motor monofásico, a presente invenção pode ser provida com um circuito que isole uma das fases para obter a corrente do motor 5. Por outro lado, esta obtenção de corrente também pode ser feita por um capacitor conectado em paralelo ao motor. Na concretização preferencial da invenção que faz uso de um motor trifásico ligado em triângulo, a obtenção da corrente elétrica do motor 5 pode ainda ser feita entre duas fases isoladas.

O elemento de controle 2 é, ainda, programado para desempenhar outros processos, os quais ficarão mais evidentes a partir da descrição do método da presente invenção, ilustrado na figura 2.

Na primeira etapa E1 o elemento de controle 2 verifica periodicamente se o motor 5 está parado. Caso o motor elétrico 5 esteja parado, o elemento de controle 2 realiza a etapa seguinte do método da presente invenção. Assim, na segunda etapa E2, depois de detectado que o motor 5 está parado, o elemento de controle reinicia os contadores e os acumuladores, para que seja possível realizar a leitura das grandezas que serão utilizadas na medição da temperatura do motor 5, preparando, desse modo, esses registradores para os dados que serão lidos.

Depois disso, na terceira etapa E3, o elemento de controle 2 faz o motor 5 ser acionado durante um dado intervalo de tempo, sendo que, durante este intervalo de tempo, são lidas amostras dos valores de corrente e de tensão elétrica do motor 5, o que ocorre na quarta etapa E4. A leitura da tensão elétrica aplicada ao motor é obtida por meio dos valores de tensão que os pinos de alimentação MTR1 e MTR2 do elemento de controle 2 apresentam. A leitura da corrente elétrica, por sua vez, é feita a partir da corrente que circula por meio do pino de aquisição de corrente ADC do elemento de controle 2. Como já dito, o motor 5 é acionado por meio de um TRIAC, o qual é ativado por meio ciclo de tensão. Assim, durante este meio ciclo de tensão, os valores de corrente e de tensão do motor 5 são lidos e armazenados para a realização dos cálculos envolvidos nas etapas seguintes.

Depois de lidas as grandezas físicas do motor elétrico 5, a etapa seguinte E5 do método da presente invenção consiste em calcular a integral dos valores de tensão elétrica e de corrente elétrica lidos na etapa anterior. Assim, tendo em vista que durante o intervalo de tempo (meio ciclo de tensão elétrica) são coletadas várias amostras, a integral é, portanto, discreta e visa abranger todos estes valores para que façam parte do cálculo envolvido na etapa seguinte do método da presente invenção.

Depois de calculada as integrais da corrente e da tensão, o método da presente invenção segue para a sua sexta etapa E6 que diz respeito ao cálculo da resistência elétrica do motor. Este cálculo consiste na divisão da integral da tensão ao longo do tempo pela integral da corrente ao longo do tempo.

Assim, na sétima etapa E7, a temperatura é determinada por meio da comparação

entre o valor calculado da resistência elétrica do motor e os valores de temperatura contidos em uma tabela empírica. A construção da tabela empírica será explicada a seguir.

Como os técnicos no assunto sabem, a resistência elétrica pode ser dada pela seguinte equação:

$$R = \rho \cdot (l/a) \quad (\text{equação 1})$$

onde: "R" é a resistência em Ohm; ρ é a resistividade em Ohm metro; "l" é o comprimento do condutor elétrico em metro; e "a" é a área do condutor elétrico em m^2 .

Além disso, como também é de conhecimento dos técnicos, a variação da resistividade pode ser dada pela seguinte equação:

$$\Delta\rho = \alpha \Delta T \rho_o \quad (\text{equação 2})$$

onde: $\Delta\rho$ é a diferença entre a resistividade (ρ) medida a temperatura atual e a resistividade (ρ_o) medida a 20°C , sendo que a unidade também é Ohm metro; α é um coeficiente de temperatura em $^\circ\text{C}^{-1}$; ΔT é a diferença entre a temperatura atual (T) em $^\circ\text{C}$ e a temperatura de um valor convencionado (T_o), no caso 20°C ; e, finalmente, ρ_o é a resistividade do material à temperatura convencionada de 20°C .

Assim, isolando-se o termo ρ na equação 2 temos a seguinte equação:

$$\rho = \rho_o + \alpha \Delta T \rho_o$$

Desse modo, colocando o termo ρ_o em evidência, é obtida a seguinte equação:

$$\rho = \rho_o [1 + \alpha (T - T_o)] \quad (\text{equação 3})$$

Os valores de comprimento (l) e área (a) da equação 1 são conhecidos, pois é possível medir o comprimento do enrolamento do motor elétrico e estimar com precisão a sua área. Além disso, esses dados podem ser facilmente obtidos pelo fabricante do motor. Neste mesmo sentido, na equação 3, são conhecidos os valores da resistividade à 20°C , a temperatura T_o (20°C) e o valor do coeficiente de temperatura à temperatura T_o . Vale ressaltar que estes valores convencionados à 20°C são extraídos das conhecidas tabelas de resistividade.

Desta forma, para construir a tabela empírica que é utilizada na presente invenção, deve-se, primeiramente, saber qual é o material que constitui o enrolamento do motor elétrico para que seja possível localizar, na tabela de resistividade, a resistividade e o coeficiente de temperatura que serão aplicados na equação 3. Depois disso, são atribuídos vários valores para a temperatura atual (T), sendo que cada valor atribuído é aplicado na equação 3 juntamente com os valores tabelados (para 20°C) para que, assim, seja possível obter um valor de resistividade correspondente às temperaturas atribuídas. Por exemplo, são atribuídos os seguintes valores para a temperatura atual: 30°C , 40°C , 50°C e assim por diante. Estes valores são aplicados na equação 3 de forma a obter um valor de resistividade correspondente a cada uma destas temperaturas. Desse modo, os valores da resistividade encontrados para cada temperatura atribuída são aplicados na equação 1 para que se en-

contre os valores de resistência elétrica em cada temperatura atribuída.

Assim, para cada valor de resistência há um valor de temperatura correspondente. Conseqüentemente, os valores de resistência elétrica calculados na sexta etapa E6 são aplicados a esta tabela empírica para que seja possível encontrar valores de temperatura associados ao valor de resistência calculado. Caso a resistência calculada não corresponda exatamente a um valor de resistência da tabela, ficando entre dois valores desta tabela empírica, o elemento de controle 2 pode utilizar métodos numéricos, como, por exemplo, interpolação, para encontrar um valor de temperatura que pode ser associado à resistência elétrica calculada.

É importante ressaltar que os valores de temperatura citados são apenas exemplificativos, de modo que outros valores de temperatura podem ser utilizados dependendo do tipo de motor, do enrolamento e das necessidades de implementação do sistema 1 da presente invenção.

Assim, como pode ser visto, a presente invenção utiliza o próprio motor 5 para medir a temperatura, o que dispensa o uso de equipamentos e dispositivos adicionais. Além disso, a presente invenção possibilita que ciclos de lavagens em máquinas de lavar louças, máquinas de lavar roupas e ciclos de secagem em máquinas de secar sejam otimizados em função da temperatura medida do motor elétrico 5.

Ainda, a presente invenção evita que o motor 5 atinja uma temperatura que seja danosa, o que, conseqüentemente aumenta a sua vida útil.

Tendo sido descrito um exemplo de concretização preferido, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações apensas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema (1) de medição de temperatura de motor elétrico **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

um elemento de controle (2);

5 uma entrada de tensão elétrica (3) conectada eletricamente ao elemento de controle;

um dispositivo sensor de tensão elétrica (4) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2);

10 um dispositivo sensor de corrente elétrica (6) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2),

sendo que o elemento de controle (2) é programado para: ler a tensão elétrica e a corrente elétrica do motor a partir dos elementos sensores de tensão elétrica (4) e de corrente elétrica (6); calcular as integrais destes valores; obter um coeficiente de temperatura baseado na divisão da integral da tensão elétrica ao longo do tempo pela integral da corrente elétrica ao longo do tempo; associar o dito coeficiente de temperatura a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.

2. Sistema de medição de temperatura de motor elétrico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo sensor de tensão elétrica (4) é conectado em paralelo ao motor elétrico (5).

20 3. Sistema de medição de temperatura de motor elétrico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo sensor de tensão (4) consiste em um capacitor (7) associado em série a uma bobina protetora (8).

25 4. Sistema de medição de temperatura de motor elétrico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo sensor de corrente (6) é conectado em série ao motor elétrico (5).

5. Sistema de medição de temperatura de motor elétrico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo sensor de corrente elétrica (6) consiste em um resistor.

30 6. Método de medição de temperatura de motor elétrico, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

(E1) verificar se o motor está parado;

(E2) reinício contadores e acumuladores;

(E3) acionamento do motor durante um intervalo de tempo;

(E4) medição da corrente e da tensão durante o dito intervalo de tempo;

35 (E5) cálculo da integral dos valores de tensão elétrica e cálculo da integral dos valores de corrente elétrica lidos na etapa anterior;

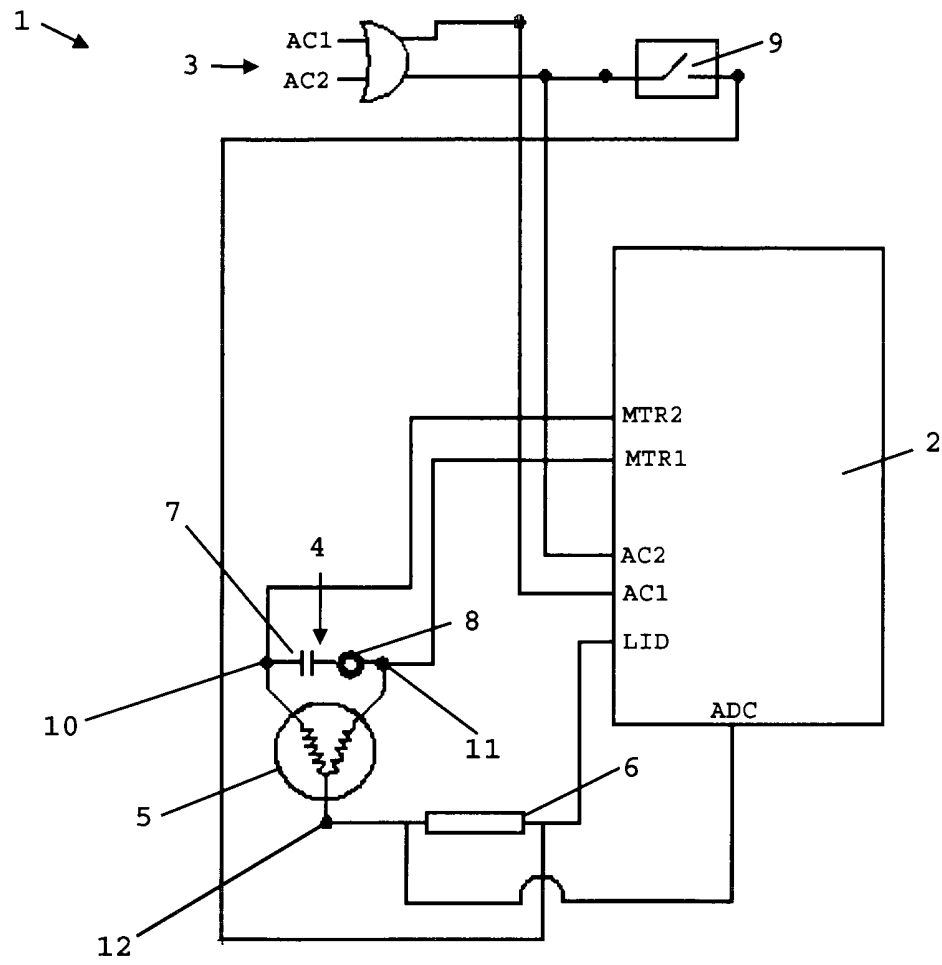
(E6) cálculo da resistência elétrica do enrolamento do motor por meio da divisão da

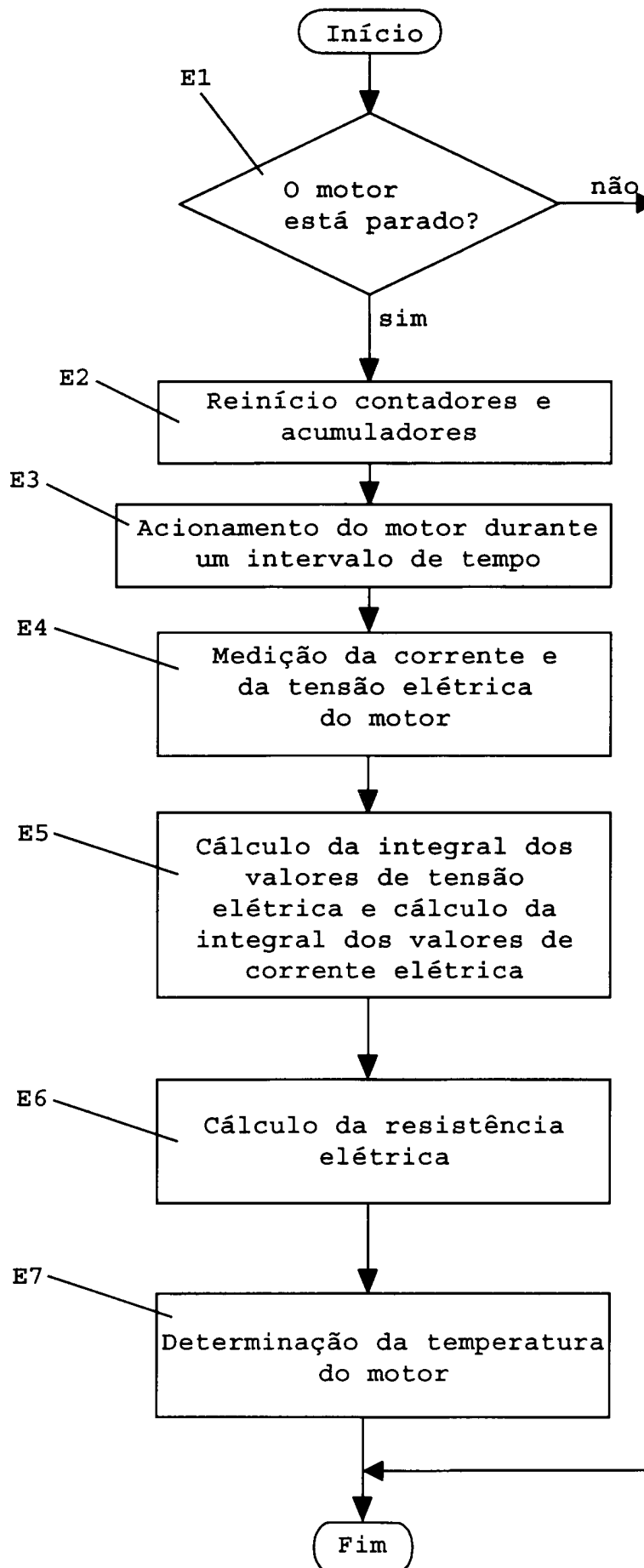
integral da tensão ao longo do tempo pela integral da corrente ao longo do tempo;

(E7) determinação da temperatura do motor por meio da comparação do valor da resistência elétrica do enrolamento do motor a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.

5 7. Método de medição de temperatura de motor elétrico, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o motor 4 é acionado por meio de um TRIAC, o qual é ativado por meio ciclo de tensão.

10 8. Método de medição de temperatura de motor elétrica, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o intervalo de tempo é de meio ciclo de tensão.





RESUMO

Patente de invenção: "SISTEMA E MÉTODO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MOTOR ELÉTRICO".

A presente invenção refere-se um sistema (1) e a um método de medição de temperatura de motor elétrico que compreendem: um elemento de controle (2); uma entrada de tensão elétrica (3) conectada eletricamente ao elemento de controle; um dispositivo sensor de tensão elétrica (4) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2); e um dispositivo sensor de corrente elétrica (6) conectado eletricamente ao motor elétrico (5) e ao elemento de controle (2). O elemento de controle (2) é programado para: ler a tensão elétrica e a corrente elétrica do motor a partir dos elementos sensores de tensão elétrica (4) e de corrente elétrica (6); calcular a integral destes valores; obter o valor da resistência elétrica do enrolamento do motor baseado na divisão da integral da tensão elétrica ao longo do tempo pela integral da corrente elétrica ao longo do tempo; associar a dita resistência elétrica do enrolamento do motor a valores de temperatura contidos em uma tabela empírica.