



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

(21) **PI0619815-5 A2**

(22) Data de Depósito: 06/12/2006
(43) Data da Publicação: 18/10/2011
(RPI 2128)



(51) *Int.Cl.:*
G05B 13/02
H01F 27/12

(54) **Título:** MÉTODO DE CONTROLE PARA RESFRIAR UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

(30) **Prioridade Unionista:** 13/12/2005 DE 10 2005 060 635.0

(73) **Titular(es):** SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT

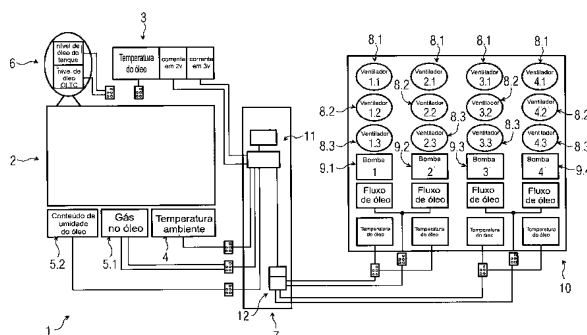
(72) **Inventor(es):** Günter Eckert, Helmut Theurer, Thomas Bretzner, Walter Rebling

(74) **Procurador(es):** Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2006069383 de 06/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/068639de 21/06/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO DE CONTROLE PARA RESFRIAR UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL. A presente invenção refere-se a um Método para controlar o resfriamento de uma instalação industrial com pelo menos um componente elétrico, tal como, por exemplo, um transformador, que compreende pelo menos um elemento de resfriamento para resfriar os componentes elétricos, em que pelo menos um sensor está provido para medir a temperatura e/ou a viscosidade do refrigerante dentro do sistema de resfriamento. Um controle ótimo do sistema de resfriamento pode ser provido por meio do controle dos componentes elétricos com perfis de controle selecionados que levam em conta os dados específicos para os componentes elétricos.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE CONTROLE PARA RESFRIAR UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL**".

A presente invenção refere-se a um método para controlar o resfriamento de uma instalação industrial que compreende pelo menos um componente elétrico e com um sistema de resfriamento que compreende pelo menos um elemento de resfriamento para resfriar o componente elétrico, em que pelo menos um sensor mede a temperatura e/ou a viscosidade do refrigerante dentro do sistema de resfriamento.

O resfriamento de um componente elétrico, especificamente de um transformador de óleo, é necessário devido à energia térmica produzida na operação do componente elétrico. No caso de um transformador resfriado a óleo, um sistema de circuito de resfriamento que estende-se entre os enrolamentos é convencionalmente utilizado no qual um refrigerante tal como, por exemplo, um ar de resfriamento, circula. Devido ao aquecimento do óleo de resfriamento, camadas de calor são produzidas dentro dos circuitos de resfriamento de modo que o óleo de resfriamento circula dentro do sistema de resfriamento.

Ao mesmo tempo, o sistema de resfriamento está frequentemente conectado a um trocador de calor o qual fornece o calor do óleo de resfriamento como um refrigerante para o ar ambiental. Esta troca de calor é frequentemente suportada por radiadores adicionais em que o volume de ar o qual está em contato com o trocador de calor é aumentado. Um resfriamento eficaz de um transformador de óleo pode ser provido pelo controle coordenado de bombas de óleo adicionais dentro do refrigerante e do desempenho do radiador.

Este sistema de resfriamento que consiste no circuito de resfriamento para o óleo, o trocador de calor e os radiadores é convencionalmente controlado em um modo muito simples. Quando um nível de temperatura específica é excedido dentro do sistema de resfriamento, as bombas de óleo e/ou os ventiladores são ligados, os ventiladores e/ou as bombas somente tem um máximo de três níveis de potência. Estas unidades são ligadas quando valores predeterminados específicos são excedidos. O fator desvan-

tajoso nesta disposição é, no entanto, que estas unidades de resfriamento são ligadas ou desligadas, respectivamente, somente dentro de grandes intervalos de temperatura. No entanto, isto leva a consideráveis mudanças em volume do nível de óleo dentro do sistema de resfriamento e dos vasos de expansão conectados a este. No caso de grandes flutuações do volume dentro do vaso de expansão, uma assim denominada "respiração" do transformador é produzida como um resultado da qual a umidade entra crescentemente no refrigerante devido ao contato com o ar ambiental. Isto leva a um envelhecimento acelerado do líquido refrigerante e adicionalmente prejudica a propriedade isolante do óleo de resfriamento como refrigerante. -

A temperatura dentro do sistema de resfriamento ou a temperatura que existe dentro do transformador, respectivamente, é convencionalmente medida ou determinada indiretamente. Neste contexto, um salto de temperatura entre o enrolamento e o sistema de resfriamento circundante, o qual depende da corrente dentro do enrolamento, deve ser levado em consideração, por um lado. Isto é porque a corrente secundária de transformador é utilizada para determinar a temperatura de enrolamento. A corrente secundária de transformador, por sua vez, alimenta um resistor de aquecimento em um termômetro apontador e, como um resultado, produz uma indicação de temperatura que corresponde ao carregamento de transformador o qual, no caso ideal, corresponde à temperatura de óleo realmente medida. Com base neste método de medição indireto, a temperatura de enrolamento média ou, respectivamente, máxima pode ser mapeada. Nesta disposição, no entanto, os ajustes de meia corrente são feitos de acordo com características previamente determinadas. Mais ainda, o salto de temperatura entre o enrolamento e o refrigerante circundante é calculado com base no assim denominado estado de operação de transformador nominal. Em outros estados de operação do transformador do que o estado de operação nominal, uma determinação inequívoca da temperatura de ponto quente não é possível, já que, por um lado, o modelo de projeto físico que forma a base para o estado de operação nominal - e assim o cálculo da temperatura de ponto quente - não é completamente aplicável a outros estados de operação do

transformador. Mais ainda, os parâmetros de estado corrente do sistema de resfriamento, por exemplo o número de bombas e ventiladores correntemente em operação, não são interrogados e portanto a capacidade de resfriamento instantânea não é levada em consideração na determinação da temperatura de enrolamento real corrente.

É o objetivo da presente invenção evitar as desvantagens acima mencionadas e prover uma capacidade de resfriamento ótima para uma aplicação industrial durante a sua operação a qualquer momento.

De acordo com a invenção, o objetivo é conseguido pelas características da reivindicação 1. Neste contexto, está provido que aplicativos baseados em regras e/ou uma rede de neurônios é utilizada para controlar o elemento de resfriamento por meio de um perfil de controle e é otimizada em relação a um estado de operação predeterminado do componente elétrico.

O perfil de controle é predeterminado pelo operador e é otimizado em relação a um estado de operação predeterminável do componente elétrico. Assim, por exemplo, o perfil de controle pode ser projetado de tal modo que tão pouco ruído de carregamento quanto possível é produzido e assim a utilização de ventiladores é praticamente dispensada durante um desvio entre a temperatura NOMINAL e REAL. O perfil de controle pode também ser orientado para um longo tempo de operação do componente elétrico em que uma certa temperatura não deve ser excedida dentro do componente elétrico.

Em uma modalidade vantajosa do método, está provido que a distribuição de temperatura dentro do componente elétrico é calculada com base na temperatura e/ou viscosidade e/ou taxa de fluxo medida do refrigerante e/ou os dados de operação utilizados como uma base no desenvolvimento do componente elétrico.

O método de acordo com a invenção assegura que o controle dos elementos de resfriamento é otimizado para cada transformador individual e é especialmente casado com a respectiva vida do transformador, levando em consideração os elementos de resfriamento disponíveis, a capacidade de resfriamento disponível, o estado de operação corrente. O perfil de

controle a ser selecionado pelo operador é utilizado como uma base para controlar o sistema de resfriamento e assim operar otimamente o transformador com referência ao perfil de controle selecionado tal como, por exemplo, controlar o transformador com referência a um tempo de operação máximo em serviço.

Além disso, os dados e os valores de projeto do planejamento e desenvolvimento do transformador são levados em consideração na geração do respectivo perfil de controle e no cálculo da temperatura de ponto quente. Mais ainda, os desvios entre o cálculo e a operação real, já encontrados no departamento de teste de transformador, podem ser implementados nos perfis de controle específicos dos transformadores.

Também, existe uma capacidade de diagnóstico sobre o estado do sistema de resfriamento e o estado de operação passado, corrente e - utilizando os modelos de carga como uma base - também futuro do transformador. O processamento destas variáveis de estado do sistema de resfriamento em um banco de dados torna possível construir um histórico dos estados de operação. Além disso, os intervalos de manutenção podem ser otimamente calculados e iniciados por meio do estado de operação real. A diferença em relação aos sistemas de monitoramento já no mercado principalmente encontra-se no fato de que a otimização do sistema de resfriamento está focalizado em cada transformador específico. O software SIMATIC é a base essencial para o software de controle.

Vantajosamente, para calcular a distribuição de temperatura, a temperatura ambiente e a corrente que flui através do componente elétrico são medidas e são incluídas no cálculo de distribuição de temperatura, em que, quando valores de limite predeterminados são excedidos, o elemento de resfriamento é regulado com uma capacidade de resfriamento correspondentemente mais alta com base no perfil de controle selecionado.

De acordo com a invenção, o elemento de resfriamento é regulado por meio do perfil de controle selecionado de tal modo que uma distribuição de temperatura uniforme dentro do componente elétrico seja assegurada. Como uma alternativa, o elemento de resfriamento é regulado por meio

do perfil de controle selecionado de tal modo que uma distribuição de temperatura máxima predeterminada dentro do componente elétrico não seja excedida.

5 Em uma modalidade vantajosa do método de acordo com a invenção, pelo menos dois elementos de resfriamento podem ser regulados individualmente e em um modo dependente de velocidade. Mais ainda, o componente elétrico é um transformador e o elemento de resfriamento é um ventilador de velocidade selecionável.

10 A invenção está também caracterizada pelo fato de que a temperatura e/ou viscosidade medida no sensor, a distribuição de temperatura calculada e os valores de controle para o elemento de resfriamento são transferidos para uma sala de controle, em que a sala de controle controla independentemente o elemento de resfriamento, se requerido, independentemente da distribuição de temperatura calculada e dos valores de controle
15 para o elemento de resfriamento derivados desta.

Vantajosamente, está provido que o perfil de controle pode ser mudado a qualquer momento e um novo estado de operação ótimo do componente elétrico é calculado com base no perfil de controle mudado. Assim, por exemplo, um operador pode mudar o perfil de controle, e assim o estado
20 de operação desejado do componente elétrico, diretamente no componente elétrico. Com a mudança no perfil de controle, o método de acordo com o método determina a capacidade de resfriamento ótima para conseguir a temperatura NOMINAL com base na temperatura REAL.

O objetivo é também conseguido pelas características da reivindicação 12. De acordo com a invenção, está provido que um dispositivo de
25 avaliação é utilizado para calcular a distribuição de temperatura dentro do componente elétrico, em que a unidade de avaliação pode estar conectada a um sensor para medir a temperatura e/ou viscosidade de um refrigerante localizado dentro do sistema de resfriamento e a unidade de avaliação controla o elemento de resfriamento com base na distribuição de temperatura
30 calculada.

Outras modalidades vantajosas da invenção acima mencionada

estão descritas nas sub-reivindicações. A presente invenção será explicada em maiores detalhes por meio das figuras seguintes, nas quais:

a figura 1 mostra um fluxograma do método de acordo com a invenção;

5 a figura 2 mostra o diagrama equivalente do dispositivo de acordo com a invenção.

A figura 1 mostra um fluxograma do método de acordo com a invenção. Com base na temperatura medida no sensor de temperatura, a temperatura de ponto quente corrente (HPT) é determinada por meio do valor de temperatura, definido no padrão internacional IEC padrão IEC 60354. 10 Mais ainda, a temperatura ambiente é medida por meio de um sensor de temperatura 4, o estado do óleo (sensor para componente de gás no óleo 5.1; sensor de conteúdo de umidade de óleo 5.2) e o nível de óleo dentro do tanque é medido por uma bóia 6. A temperatura de ponto quente (HPT) assim determinada é utilizada para o perfil de controle correntemente aplicado no transformador específico 2 para determinar a temperatura REAL da instalação industrial 1. Para este propósito, o perfil de controle ótimo para o estado de operação corrente, a vida corrente do transformador 2 e os estados de 15 operação ótimos predeterminados pelo usuário são selecionados. Se o perfil de controle ótimo não for correntemente a base para o controle de processo necessário, este é lido de um banco de dados. Com base no perfil de controle ótimo, a temperatura de ponto quente (HPT) corrente é comparada com a temperatura ótima calculada com base no perfil de controle. No caso onde a temperatura de ponto quente (HPT) corresponde à temperatura NOMINAL 20 com base no perfil de controle, o sistema monitora o desenvolvimento de temperatura de ponto quente por meio de um sistema de controle 7 e não liga nenhum ventilador 8.1, 8.2, 8.3 e/ou bomba 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 do circuito de resfriamento no sistema de resfriamento 10. Se existir um desvio na temperatura de ponto quente (HPT) com relação à temperatura NOMINAL, a 25 avaliação da diferença da temperatura NOMINAL em relação à temperatura de ponto quente (HPT) corrente é utilizada para ativar os ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 e/ou as bombas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 do circuito de resfriamento. A dife-

rença nas temperaturas acima mencionada é tomada como a base para decidir que uma capacidade de resfriamento deve ser adicionalmente gerada pelo sistema de resfriamento 10 para adaptar a temperatura de ponto quente (HPT) à temperatura NOMINAL. Com base no perfil de controle e no número e no desempenho dos ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 e/ou das bombas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, o sistema de controle 7 aciona o ventilador ou ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 e/ou as bombas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 com uma velocidade correspondente ou com uma potência correspondente, respectivamente. O uso forçado de bombas no sistema de resfriamento 10 leva a uma circulação aumentada do refrigerante dentro do sistema de resfriamento 10 e assim a uma remoção de calor para o ambiente. Esta forma de resfriamento é muito silenciosa. A utilização de ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 leva a uma troca de calor aperfeiçoada do refrigerante através do trocador de calor com o ar ambiental e é mais ruidosa, em contraste com as bombas de circuito de resfriamento 9.1, 9.2, 9.3, 9.4.

A figura 2 mostra uma disposição de circuito do dispositivo de acordo com a invenção. No transformador 2, os sensores 3, 4, 5.1, 5.2 mais variados estão localizados os quais provêem as informações sobre a temperatura de ponto quente (HPT), a temperatura ambiente, os gases dissolvidos dentro do transformador, o conteúdo de umidade de óleo e o nível de óleo. Estes sensores 3, 4, 5.1, 5.2, 6 conduzem os dados medidos pelos mesmos para uma unidade de processamento central do sistema de controle 7. Com base nestes dados de medição disponíveis, esta unidade de processamento central calcula o estado corrente do transformador 2. Este estado corrente, assim determinado, do transformador 2 é comparado com um perfil de controle o qual é ótimo para o estado de transformador corrente. Se os valores de medição medidos desviarem-se dos valores ótimos de acordo com o perfil de controle, os ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 e/ou as bombas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 do sistema de resfriamento 10 são acionados de acordo com o perfil de controle básico. O perfil de controle básico assegura que os ventiladores 8.1, 8.2, 8.3 e/ou as bombas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 sejam otimamente casadas em relação ao seu número e capacidade com a capacidade de resfriamento re-

querida para adaptar a temperatura REAL à temperatura NOMINAL.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar o resfriamento de uma instalação industrial (1) que compreende pelo menos um componente elétrico (2) e com um sistema de resfriamento (10), conectado no componente elétrico (2), que
5 compreende pelo menos um elemento de resfriamento (8.1) para resfriar o componente elétrico (2) em que pelo menos um sensor (3) mede a temperatura do componente elétrico (2) e/ou a viscosidade de um refrigerante dentro do circuito de resfriamento do sistema de resfriamento (10), e, com base na temperatura medida no sensor (3), uma distribuição de temperatura dentro
10 do componente elétrico (2) é calculada e o elemento de resfriamento (8.1) é controlado na dependência da distribuição de temperatura,

caracterizado pelo fato de que aplicativos baseados em regras e/ou uma rede de neurônios é utilizada para controlar o elemento de resfriamento (8.1) por meio de um perfil de controle e é otimizada em relação a um
15 estado de operação predeterminado do componente elétrico (2).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a distribuição de temperatura dentro do componente elétrico (2) é calculada com base na temperatura e/ou viscosidade e/ou taxa de fluxo medida do refrigerante e/ou os dados de operação utilizados como uma base
20 no desenvolvimento do componente elétrico (2).

3. Método de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, para calcular a distribuição de temperatura, a temperatura ambiente e a corrente que flui através do componente elétrico (2) são medidas e são incluídas no cálculo de distribuição de temperatura, em
25 que, quando valores de limite predeterminados são excedidos, o elemento de resfriamento (8.1) é regulado com uma capacidade de resfriamento correspondentemente mais alta com base no perfil de controle selecionado.

4. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o elemento de resfriamento (8.1) é regulado por
30 meio do perfil de controle selecionado de tal modo que uma distribuição de temperatura uniforme dentro do componente elétrico (2) seja assegurada.

5. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracte-

terizado pelo fato de que o elemento de resfriamento (8.1) é regulado por meio do perfil de controle selecionado de tal modo que uma distribuição de temperatura máxima predeterminada dentro do componente elétrico (2) não seja excedida.

5 6. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que pelo menos dois elementos de resfriamento (8.1, 9.1) podem ser regulados individualmente e em um modo dependente de velocidade.

10 7. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o componente elétrico (2) é um transformador.

11 8. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o elemento de resfriamento (8.1) é um ventilador de velocidade selecionável.

15 9. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 7 precedentes, caracterizado pelo fato de que o elemento de resfriamento (9.1) é uma bomba de velocidade selecionável dentro do circuito de resfriamento do sistema de resfriamento (10).

20 10. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a temperatura e/ou viscosidade medida no sensor (3), a distribuição de temperatura calculada e os valores de controle para o elemento de resfriamento (8.1) são transferidos para uma sala de controle, em que a sala de controle controla independentemente o elemento de resfriamento (8.1), se requerido, independentemente da distribuição de
25 temperatura calculada e dos valores de controle para o elemento de resfriamento (8.1) derivados desta.

30 11. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o perfil de controle pode ser mudado a qualquer momento e um novo estado de operação ótimo do componente elétrico (2) é calculado com base no perfil de controle mudado.

12. Dispositivo para executar o método como definido em uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que um dispositivo de

avaliação (11) está integrado no sistema de controle (7) e a unidade de avaliação (11) é utilizada para calcular a distribuição de temperatura dentro do componente elétrico (2), em que a unidade de avaliação (11) pode estar conectada a pelo menos um sensor (3) para medir a temperatura e/ou viscosidade de um refrigerante localizado dentro do circuito de resfriamento de um sistema de resfriamento (10) e a unidade de avaliação (11) controla o elemento de resfriamento (8.1) com base na distribuição de temperatura calculada por meio de uma unidade de controle (12) dentro do sistema de controle (7).

FIG 1

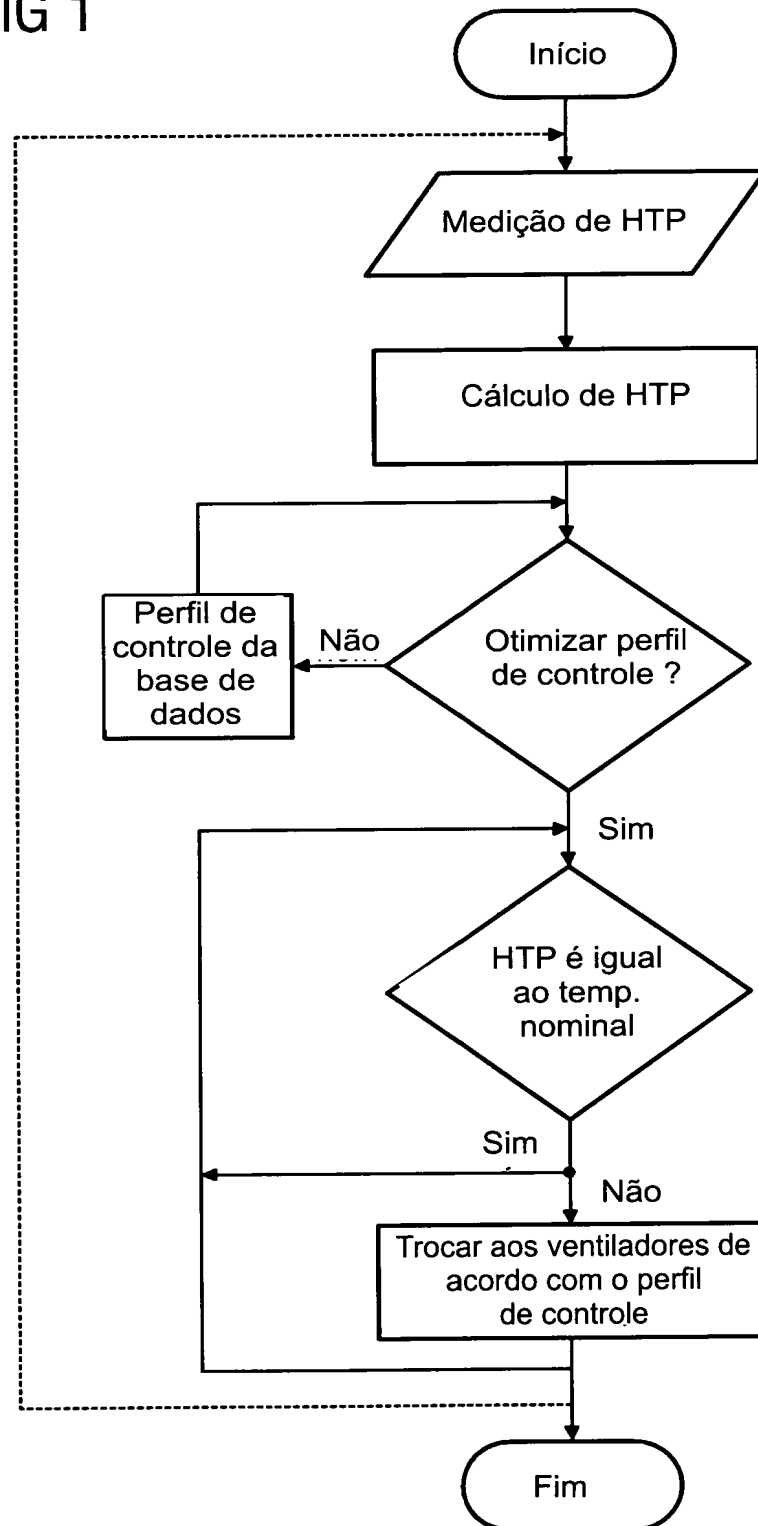
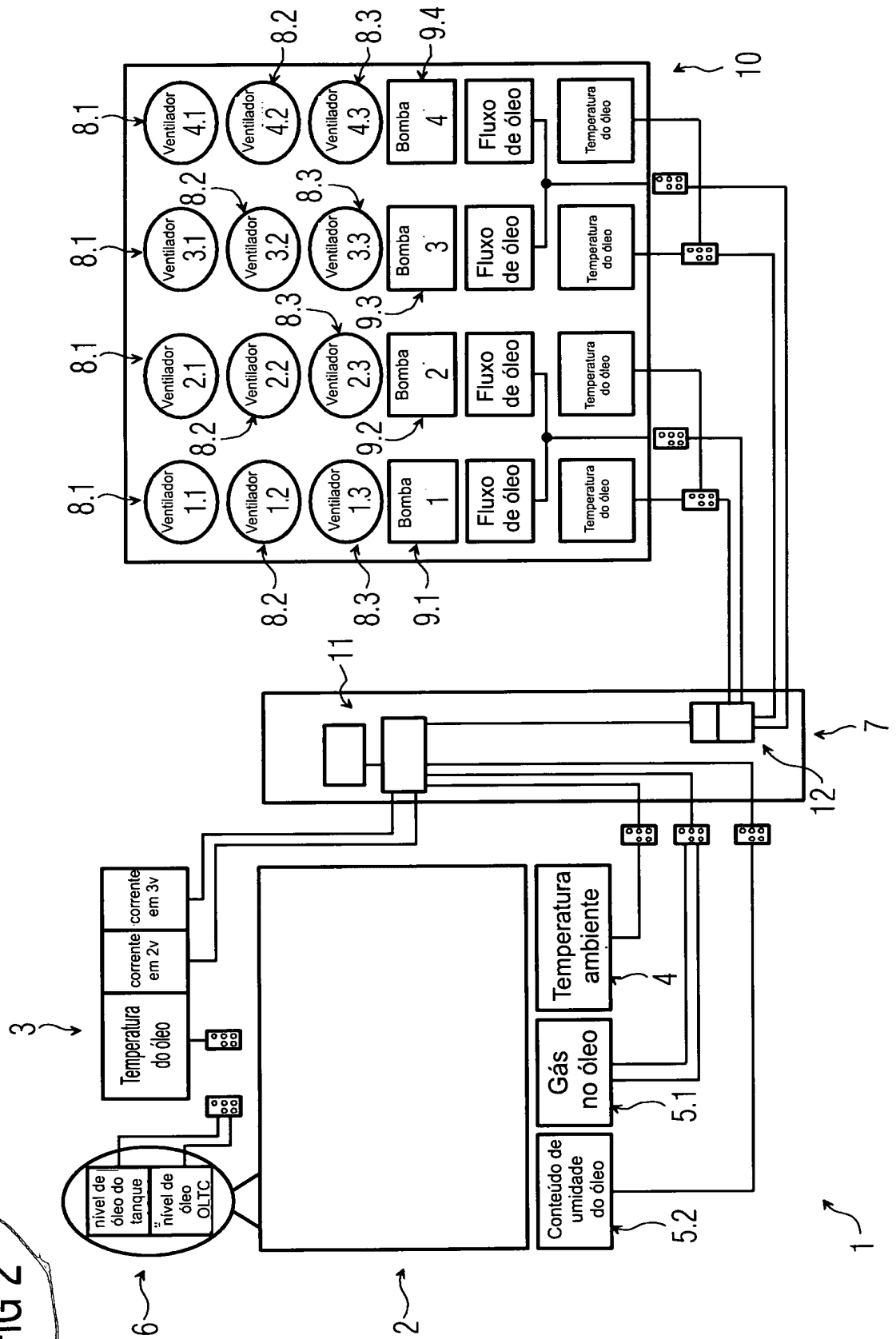


FIG 2



PI 0619815-5

RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO DE CONTROLE PARA RESFRIAR UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL".

- A presente invenção refere-se a um Método para controlar o resfriamento de uma instalação industrial com pelo menos um componente elétrico, tal como, por exemplo, um transformador, que compreende pelo menos um elemento de resfriamento para resfriar os componentes elétricos, em que pelo menos um sensor está provido para medir a temperatura e/ou a viscosidade do refrigerante dentro do sistema de resfriamento. Um controle ótimo do sistema de resfriamento pode ser provido por meio do controle dos componentes elétricos com perfis de controle selecionados que levam em conta os dados específicos para os componentes elétricos.