



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

(21) PI 0800355-6 A2



* B R P I 0 8 0 0 3 5 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/03/2008

(43) Data da Publicação: 03/09/2013

(RPI 2226)

(51) Int.Cl.:

H02P 1/16

H02P 7/00

(54) **Título:** PROCESSO PARA A RELIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO E LIGAÇÃO ELÉTRICA PARA A REALIZAÇÃO DE UM PROCESSO

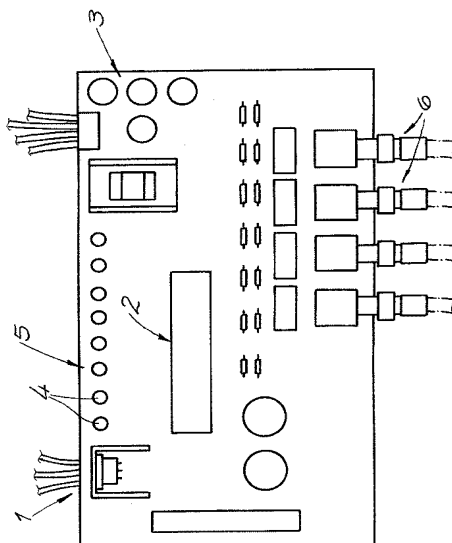
(30) **Prioridade Unionista:** 09/03/2007 DE 10 2007 011 510.7

(73) **Titular(es):** Atlas Copco Energias Gmbh

(72) **Inventor(es):** Hans Otto Seinsch, Stefan Pöhler, Ulrich Kern

(57) **Resumo:** Patente de Invenção: "PROCESSO PARA A RELIGAÇÃO DE UM MOTO TRIFÁSICO E LIGAÇÃO ELÉTRICA PARA REALIZAÇÃO DE UM PROCESSO".

A presente invenção refere-se a um processo para religação de um motor trifásico (motor de indução ou síncrono) após uma separação do motor de uma tensão de alimentação, no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor, bem como refere-se a uma ligação elétrica para a realização do processo. De acordo com a invenção, as passagens temporais da tensão de campo residual e a tensão de alimentação são registradas, sendo que, das passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação é calculado previamente a diferença de fases entre as tensões, e é determinado um instante t_s , no qual a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado e, sendo que, em um intervalo de tempo, que corresponde um atraso do tempo de ligação premeditado t_s , antes de alcançar o instante t_s uma ordem de ligação é liberada para admissão de tensão, de t_s modo que aproximadamente, no instante t_s o motor é conectado na tensão de alimentação. Para a realização do processo, a ligação elétrica apresenta um registro de valores de medição (1), um microcontrolador (2) e um regulador de corrente contínua (3).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA A RELIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO E LIGAÇÃO ELÉTRICA PARA A REALIZAÇÃO DE UM PROCESSO**".

A presente invenção refere-se a um processo para a religação
5 de um motor trifásico (motor de indução ou síncrono) que aciona uma máquina acionada (por exemplo, um turbocompressor de engrenagem) após uma separação do motor de uma tensão de alimentação, e no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor, bem como, se refere a uma ligação elétrica para a realização do processo.
10

Após uma interferência da rede de alimentação e da separação do motor trifásico da tensão de alimentação, muitos acionamentos em distintas aplicações necessitam de uma religação a mais rápida possível, e relacionada com pouca perda do número de rotações do motor trifásico acionador, sendo que, contudo, devem ser evitados danos do motor trifásico, da máquina acionada pelo motor, bem como, de todas as outras partes de construção da linha de eixo (embreagens, caixa de câmbio, etc.) entre a máquina e o motor. Neste caso, deve ser levado em consideração o fato de que, após a separação da tensão de alimentação, o motor continua a girar,
15 sendo que, devido ao campo residual do rotor, é induzida uma tensão de campo residual de frequência do número de rotações. Em virtude do momento contrário da máquina acionada e, devido ao atrito, o motor pára de girar. Para motores trifásicos, após a ocorrência de uma queda da rede, o retorno da tensão de alimentação com oposições de fases à tensão de campo residual representa uma carga extrema com relação às correntes de oscilação e aos momentos de oscilação. Em particular, no caso de um alto momento de inércia da massa da máquina acionada, estes momentos de oscilação introduzidos pelo lado do motor podem causar extremas cargas de oscilações de torção em toda linha de acionamento, de tal modo que, todos
20 os componentes da linha de acionamento, tais como, o motor, a embreagem e a máquina acionada, precisam ser projetados correspondentemente robustos e, deste modo, superdimensionados para a operação normal.
25
30

Um processo de cálculo para a determinação da carga do momento de torção que surge em uma comutação da rede é conhecido do artigo "Archiv für Elektrotechnik/ Arquivo para Eletrotécnica 71, 1988, páginas 399 a 411".

A fim de evitar um superdimensionamento de componentes da

5 linha de acionamento ou o emprego de uma embreagem de deslizamento adicional, no caso de um problema na rede de alimentação, é conhecido, da prática, separar o motor através da abertura de uma chave e, em seguida, ligar de modo controlado com uma rede de reserva, ou após a eliminação do problema religar com a rede de alimentação por meio do fechamento da

10 chave. Como apresentado no artigo "ELEKTRIE, Berlin, 46, 1992, páginas de 456 a 460", da prática são conhecidos processos para a comutação de curta duração e para a comutação de longo prazo, para uma nova admissão de tensão de um motor trifásico mediante a existência de uma tensão residual induzida por um campo residual do rotor. A fim de, em uma ligação de

15 curta duração dentro de, tipicamente, poucos milissegundos, evitar uma exagerada carga do momento de torção na linha de acionamento, durante a operação são continuamente supervisionadas as diferenças entre as amplitudes, as frequências e os deslocamentos de fases das tensões de uma rede de alimentação e de uma rede de reserva. No caso de um problema na

20 rede de alimentação, somente quando todas as diferenças obedecerem a limites estreitos, pode ocorrer uma comutação para a rede de reserva dentro de poucos milissegundos. Se as condições para uma comutação de curta duração não forem preenchidas, então ocorre uma comutação de longo prazo, sendo que, é esperado até que o motor trifásico esteja freado, de tal

25 modo que, durante a admissão de tensão pode ser excluída uma carga do momento de torção excessiva, independente da diferença de fases da tensão de alimentação e da tensão de campo residual. Certamente o processo da comutação de longo prazo assegura momentos de oscilação moderados, porém tem a desvantagem que, o número de rotações se reduz bastante, de

30 tal modo que, com isto o processo de operação fica praticamente interrompido. Por fim, no caso da comutação de longo prazo, também existe o perigo que, a religação ocorra com um número de rotações da linha de acionamen-

to crítico à torção ou à flexão, e que através do processo de ligação surjam grandes momentos alternados que colocam em risco os componentes na linha de eixo, ou que até mesmo o desligamento automático de segurança seja ativado.

5 Diante desta fundamentação cabe à invenção a tarefa de indicar um processo para a religação de um motor trifásico após uma separação do mesmo de uma tensão de alimentação, no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor que, no caso de uma minimização das cargas do momento de torção, possibilite uma
10 religação em uma alta tensão de campo residual opcional.

 O objeto da invenção e a solução da tarefa é um processo para a religação de um motor trifásico após uma separação do mesmo de uma tensão de alimentação, no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor, sendo que, as passagens
15 temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação são registradas, sendo que, das passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação é determinada a diferença de fases entre as tensões calculadas previamente, e é determinado um instante t_s , no qual a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado $\Delta\varphi_{\max}$ e,
20 sendo que, em um intervalo de tempo, que corresponde a um atraso do tempo de ligação τ_s predeterminado, antes de alcançar o instante t_s uma ordem de ligação é liberada para a religação, de tal modo que, aproximadamente, no instante t_s o motor é conectado na tensão de alimentação. Através do processo de acordo com a invenção pode ocorrer uma ligação do
25 motor quase isenta de impacto após uma separação de uma rede de alimentação, sendo que, normalmente a queda do número de rotações pode ser mantida bem pequena.

 Enquanto que, na conhecida comutação de curta duração, sempre precisa ser mantida disponível uma rede de reserva, e uma comutação
30 só pode ocorrer se as amplitudes, as frequências e as fases da rede de reserva e da rede de alimentação coincidirem amplamente, de acordo com o processo de acordo com a invenção a nova preparação da tensão de ali-

mentação pode ocorrer através de uma rede reserva ou, após a eliminação de um problema, através da rede de alimentação propriamente dita. A invenção se baseia, em particular, no conhecimento que, devido à continuação do movimento do motor após a separação da tensão de alimentação, a

5 velocidade angular se reduz partindo da frequência da rede, de tal modo que, durante a continuação do movimento do motor, a tensão de campo residual e a tensão de alimentação estão aproximadamente em fase nos instantes de repetição. Neste caso, através da determinação da passagem temporal da tensão de campo residual pode ser determinado previamente

10 um instante t_s para o qual a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado $\Delta\varphi_{\max}$, sendo que, levando em consideração o atraso do tempo de ligação τ_s , antes de alcançar o instante t_s é liberada uma ordem de ligação, de tal modo que, a admissão de tensão ocorre aproximadamente no instante t_s previamente calculado.

15 Em uma execução preferida do processo de acordo com a invenção está previsto que, sejam determinados os instantes das passagens pelo zero da tensão de campo residual, sendo que, a velocidade angular e a alteração da velocidade angular da tensão de campo residual sejam determinadas a partir dos intervalos de tempo entre as passagens pelo zero. Do

20 ponto de vista da técnica de medição, a determinação das passagens pelo zero pode ser realizada de modo particularmente simples e confiável, por exemplo, com um comparador analógico, e garante a exatidão necessária no âmbito do processo de acordo com a invenção. Neste caso, a velocidade angular pode ser determinada como quociente da diferença de fases e da

25 diferença de tempos entre dois valores de medição de acordo com

$$\omega_i = (\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$$

Para a alteração da velocidade angular vale de modo correspondente:

$$d\omega_i / dt = (\omega_{i+1} - \omega_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1}).$$

Para o cálculo prévio do ângulo de fase φ_N da tensão de rede,

de modo análogo, podem ser determinadas várias passagens pelo zero, sendo que, contudo, normalmente a frequência de rede f_N é conhecida com uma alta exatidão, de tal modo que, partindo de uma passagem pelo zero, a passagem temporal do ângulo de fase pode ser determinada de acordo com

$$\varphi_N(t) = 2\pi \cdot f_N \cdot t \quad (2\pi \cdot f_N = \omega_N)$$

- 5 A passagem temporal do ângulo de fase φ_R da tensão de campo residual resulta, levando em consideração a velocidade angular $\omega_i = \omega_R$ determinada atualmente, e a alteração temporal da velocidade angular de acordo com

$$\varphi_R(t) = \omega_R \cdot t + \frac{1}{2} \cdot d\omega_R / dt \cdot t^2.$$

- 10 Neste caso, t é o tempo entre a penúltima medição e a ligação da chave de potência. ω_R é a frequência circular da tensão de campo residual no instante da penúltima medição, e $d\omega_R/dt$ é a alteração da frequência circular da tensão de campo residual no instante da penúltima medição. De preferência, além da passagem temporal da tensão de campo residual e da tensão de alimentação também pode ser determinada, pelo menos, a amplitude A_R da tensão de campo residual, sendo que, durante a queda da amplitude da tensão de campo residual mediante uma tensão máxima especificada A_{max} a ordem de ligação para a admissão de tensão é liberada independente da relação de fases entre a tensão de campo residual e a tensão de alimentação. Em particular, no caso de uma freada rápida do motor trifásico
- 15 existe a possibilidade de que, já antes do não alcance pré-calculado da diferença de fases $\Delta\varphi_{max}$ predeterminada, é obtido um número de rotações do motor, no qual, independente da relação de fases entre a tensão de campo residual e a tensão de alimentação, a carga do momento de torção está em um limite aceitável, de tal modo que, pode ser excluído um dano à linha de
- 20 eixo. Em particular, quando as cargas do momento de torção forem menores que durante a partida do motor trifásico a partir da parada, normalmente uma religação não é crítica.
- 25 Uma vez que, de acordo com a invenção, é determinada a velo-

cidade angular ω_R atual da tensão de campo residual, para faixas de frequência determinadas, por exemplo, para faixas de frequência nas proximidades de um número de rotações da linha de eixo crítico ao sistema, pode estar previsto que, para evitar danos, então, que a religação também não ocorra se, ou a diferença de fases não atinja o valor máximo $\Delta\phi_{\max}$ especificado, ou a amplitude A_R da tensão de campo residual não atinja uma tensão máxima $A_{\max}$ especificada. Assim que a faixa de frequência especificada tenha sido deixada, no caso da existência de condições prévias correspondentes, isto é, no caso do próximo não alcance da diferença de fase especificada ou no caso de um não alcance da tensão máxima especificada, ocorre a religação do motor trifásico.

Motores trifásicos, por exemplo, para o acionamento de turbo-compressores apresentam na prática, em geral, uma potência de muitos quilowatts até muitos megawatts e, em geral, são executados com três ramais. Uma vez que, no caso de motores de alta tensão, em geral, o ponto de estrela não é acessível, normalmente, como tensão de campo residual ou tensão de alimentação, é medida, respectivamente, a tensão de cadeia (tensão do condutor) entre dois ramais com, respectivamente, dois registros de medição.

O objeto da invenção também é uma ligação elétrica para a realização do processo de acordo a invenção. A ligação elétrica apresenta um registro de valores de medição que, para a determinação de passagens temporais de uma tensão de campo residual e de uma tensão de alimentação, por um lado, pode ser ligado a um motor trifásico e, por outro lado, a uma rede de alimentação ou a uma rede de reserva, apresenta um regulador de corrente contínua para a produção de um impulso de ligação para uma chave de potência, e um microcontrolador que possibilita o cálculo prévio da relação de fases entre a tensão de campo residual e a tensão de alimentação.

A tensão de campo residual e a tensão de alimentação apresentam tipicamente amplitudes de vários milhares de Volt, de tal modo que, o registro de valores de medição apresenta, de preferência, cabeçotes de con-

tato para a conexão no motor trifásico, e apresenta a tensão de alimentação, que servem como transformadores de tensão, e que reduzem a tensão medida, por exemplo, a uma faixa entre -10 Volts e +10 Volts.

O microcontrolador que para a execução do processo de acordo com a invenção apresenta, tipicamente, um conversor digital analógico, um comparador analógico, vários timer e, pelo menos, uma memória de valores de medição, está equipado, de preferência, com um ponto de interseção programável padrão para a ligação a um computador ou a uma rede de computadores, para que seja possível uma configuração fácil e, em particular, também uma entrada fácil de valores da especificação.

No âmbito da invenção, a ligação elétrica também pode apresentar uma indicação de estado e/ou um ponto de interseção para a emissão de mensagens de estado, de tal modo que, a um usuário possam ser mostrados diretamente o estado da ligação elétrica, e a existência de um problema da rede de alimentação. Também é imaginável que, as mensagens de estado emitidas por um controle central da máquina ou do processo sejam registradas e processadas.

Para uma nova admissão de tensão do motor trifásico, após uma separação do mesmo de uma tensão de alimentação, tipicamente está prevista uma chave de potência que recebe um impulso de ligação do regulador de corrente contínua. Neste caso, para a liberação da chave de potência, em geral, são necessárias grandes correntes de ligação, de tal modo que, em uma forma de execução preferida da ligação elétrica, uma saída do microcontrolador está conectada como sinal de controle em um transistor de efeito de campo FET executado, de preferência, como MOSFET, que liga uma tensão de entrada separada com um lado de saída do regulador de corrente contínua.

A seguir, a invenção será esclarecida por meio de um exemplo de execução, com referência à única figura. A única figura mostra, de modo grosseiramente esquematizado, uma platina na qual é realizada a ligação elétrica de acordo com a invenção.

A ligação elétrica para a realização do processo de acordo com

a invenção abrange um registro de valores de medição 1, um microcontrolador 2 e um regulador de corrente contínua 3, para a produção de um impulso de ligação para uma chave de potência. Além disso, a ligação apresenta oito LEDs 4 como indicação de estado 5, bem como, conexões 6 para a programação do microcontrolador e para a emissão de mensagens de estado.

O registro de valores de medição 1 está ligado, respectivamente, através de dois cabeçotes de contato não representados, em dois bornes de um motor trifásico e em dois bornes de uma tensão de alimentação. Neste caso, a tensão de alimentação já é disponibilizada por uma rede de alimentação, ou por uma rede de reserva adicional que possibilita a operação do motor durante uma queda da rede de alimentação.

O microcontrolador 2 dispõe de oito saídas digitais, que estão ligadas com os LEDs 4 para a indicação do estado atual. O primeiro LED 4 é ligado no início do microcontrolador 2, e indica que a ligação está funcionando. Quando o segundo LED 4 está aceso, a ligação está preparada para uma interrupção de rede. Os LEDs 4 de três a seis mostram a sequência de uma interrupção de rede após uma separação do motor da tensão de alimentação. O terceiro LED 4 está aceso quando existe uma interrupção de rede em relação à tensão de alimentação, e está apagado quando a tensão de alimentação já está disponibilizada por uma rede de reserva, ou novamente pela rede de alimentação. O quarto LED 4 está aceso quando, para a determinação das passagens temporais da fase da tensão de campo residual e da tensão de alimentação, as passagens pelo zero da tensão de alimentação e da tensão de campo residual são registradas através do registro de valores de medição 1. Se muitos valores de medição suficientes estiverem disponíveis, então o quarto LED 4 se apaga e o quinto LED 4 indica que em um instante t_s apropriado pré-calculado é esperado pela admissão da tensão. Tão logo o instante t_s é alcançado, o sexto LED 4 acende, enquanto que a ligação é retornada para o estado original. Enquanto que o sétimo LED 4 serve para fins de diagnóstico durante o desenvolvimento da ligação, o oitavo LED 4 indica quando uma ordem de ligação é liberada para a chave

de potência para a religação. Uma vez que, a chave de potência apresenta tipicamente um atraso de ligação τ_s conhecido antecipadamente de alguns dez milissegundos (por exemplo, $\tau_s = 60$ ms em uma chave de potência tipo DIL M300 da Möller GmbH), a ordem de ligação precisa ser liberada de modo correspondente antes de atingir o instante t_s .

O cálculo do instante t_s se baseia no registro da posição de fase da tensão de campo residual em bornes de ligação do motor e da tensão de alimentação. A fim de determinar a posição de fase, são determinadas as passagens pelo zero da tensão de alimentação e da tensão de campo residual de um ramal ou da tensão em cadeia entre dois ramos. Estas tensões podem ser registradas diretamente antes ou atrás da chave de potência.

No caso de uma interferência da rede de alimentação durante a operação da ligação elétrica, a chave de potência é aberta, sendo que, a interrupção da rede é indicada através do terceiro LED 4. No caso em que, após a supressão da interferência, a tensão de alimentação já tenha que ser novamente disponibilizada pela rede de alimentação, após a abertura da chave de potencia, é determinada, em primeiro lugar, a duração da interrupção da rede. Para isso, é determinada, em primeiro lugar, a duração da interrupção da rede pelo registro de valores de medição 1. Depois que a tensão de alimentação esteja novamente à disposição, é determinada uma passagem pelo zero da tensão de alimentação por um comparador analógico, sendo que, por meio da determinação desta passagem pelo zero, levando em consideração a frequência da rede, a fase da tensão de alimentação pode ser calculada previamente. Em seguida são determinadas as passagens pelo zero da tensão de campo residual, sendo que, a partir dos intervalos de tempo entre as passagens pelo zero são determinadas a velocidade angular da fase e a alteração da velocidade angular. Dos dados calculados previamente é determinado o instante t_s , no qual a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado $\Delta\varphi_{\max}$ de, por exemplo, 20° .

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a religação de um motor trifásico após uma separação do mesmo de uma tensão de alimentação, no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor,

5 sendo que, as passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação são registradas,

 sendo que, das passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação é determinada a diferença de fases entre as tensões calculadas previamente, e é determinado um instante t_s , no qual

10 a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado $\Delta\phi_{\max}$

 e, sendo que, em um intervalo de tempo, que corresponde a um atraso do tempo de ligação predeterminado τ_s , antes de alcançar o instante t_s uma ordem de ligação é liberada para a religação, de tal modo que, aproximadamente, no instante t_s o motor é conectado na tensão de alimentação.

15 2. Processo de acordo com a reivindicação 1, sendo que, após uma separação do motor de uma tensão de alimentação, a nova preparação da tensão de alimentação ocorre ou através da rede original ou através de uma rede reserva.

 3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, sendo que, o motor trifásico é executado com três ramais e, sendo que, as passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação são, respectivamente, produzidas com dois aparelhos de medição.

 4. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, sendo que, os instantes das passagens pelo zero da tensão de campo residual são determinados e, sendo que, a velocidade angular e a alteração da velocidade angular da tensão de campo residual são determinadas dos intervalos de tempo entre as passagens pelo zero.

 5. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 4, sendo que, o cálculo prévio da passagem temporal da tensão de rede ocorre a partir de uma passagem pelo zero mediante a hipótese de uma frequência da rede constante e, sendo que, o cálculo prévio da passagem temporal da tensão de campo residual ocorre a partir de uma passagem pelo zero sob

consideração da velocidade angular determinada atualmente e da alteração temporal determinada da velocidade angular.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 5, sendo que, além da determinação da passagem temporal da tensão de campo residual e da tensão de alimentação é determinada, pelo menos, também a amplitude da tensão de campo residual.

7. Processo de acordo com a reivindicação 6, sendo que, no caso da queda da amplitude da tensão de campo residual, mediante uma tensão máxima especificada é liberada a ordem de ligação para a religação independente da relação de fases entre a tensão de campo residual e a tensão de alimentação.

8. Ligação elétrica para a realização de um processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 7, com um registro de valores de medição (1) que, para a determinação de passagens temporais das fases de uma tensão de campo residual e de uma tensão de alimentação, por um lado, pode ser ligado a um motor trifásico e, por outro lado, a uma rede de alimentação, ou a uma rede reserva, com um regulador de corrente contínua (3) para a produção de um impulso de ligação para uma chave de potência, e com um microcontrolador (2) que possibilita um cálculo prévio da relação de fases entre a tensão de campo residual e a tensão de alimentação.

9. Ligação elétrica de acordo com a reivindicação 8, sendo que, o registro de valores de medição (1) apresenta cabeçotes de contato para a ligação ao motor trifásico e à tensão de alimentação.

10. Ligação elétrica de acordo com a reivindicação 8 ou 9, sendo que, o microcontrolador (2) apresenta um ponto de interseção programável padrão para a ligação a um computador ou a uma rede de computadores.

11. Ligação elétrica de acordo com uma das reivindicações de 8 a 10, sendo que, a ligação apresenta uma indicação de estado (5) e/ou um ponto de interseção para a emissão de mensagens de estado.

12. Ligação elétrica de acordo com uma das reivindicações de 8 a 11, sendo que, o microcontrolador (2) apresenta um conversor digital analógico, um comparador analógico, um timer e uma memória de valores de medição.

13. Ligação elétrica de acordo com uma das reivindicações de 8 a 12, sendo que, uma saída do microcontrolador (2) está conectada como sinal de controle a um transistor de efeito de campo (FET/ MOSFET), que liga uma tensão de entrada separada com um lado de saída do regulador de corrente contínua (3).

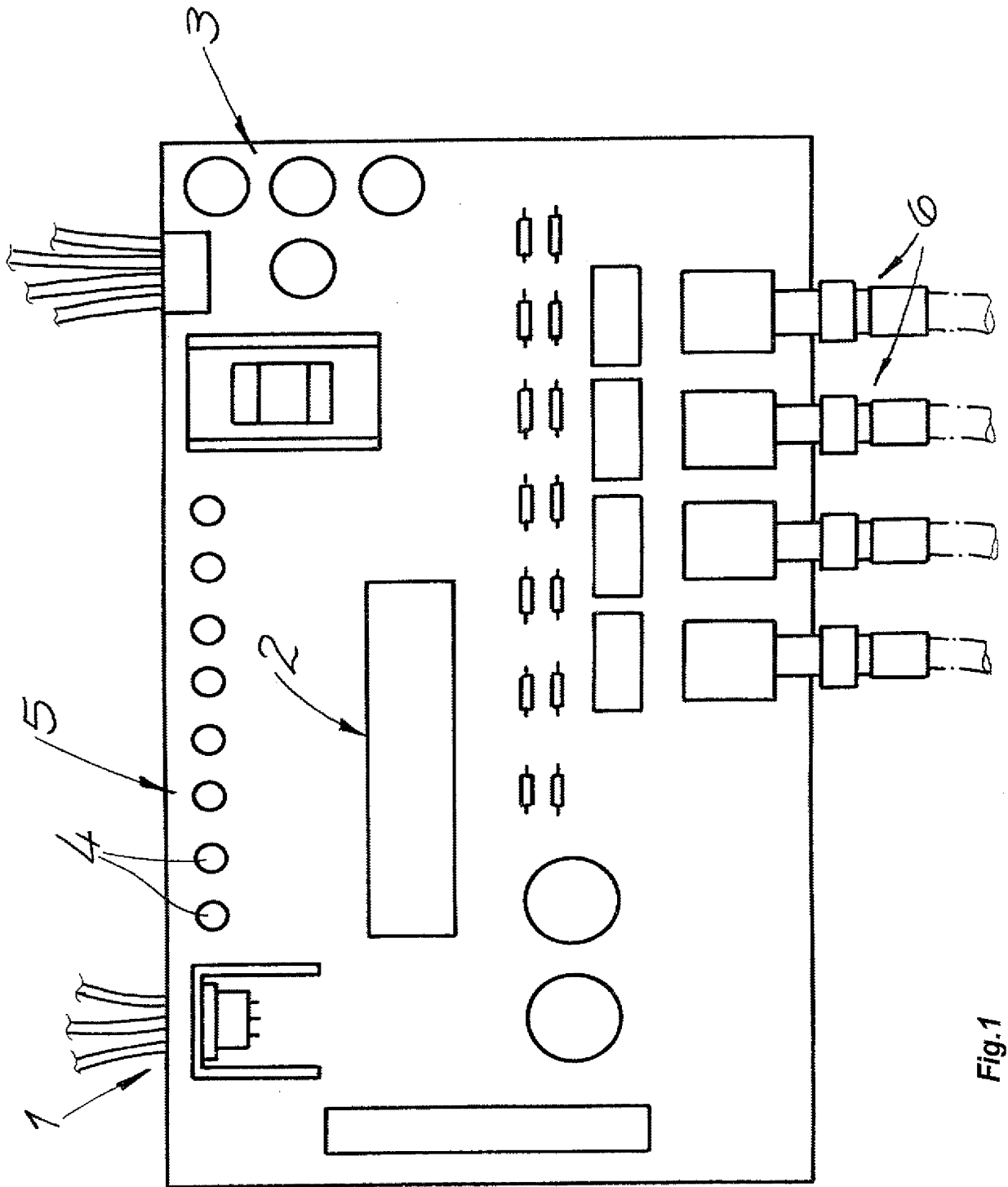


Fig.1

RESUMO

Patente de Invenção: "**PROCESSO PARA A RELIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO E LIGAÇÃO ELÉTRICA PARA A REALIZAÇÃO DE UM PROCESSO**".

5 A presente invenção refere-se a um processo para a religação de um motor trifásico (motor de indução ou síncrono) após uma separação do motor de uma tensão de alimentação, no caso da existência de uma tensão de campo residual induzida por um campo residual do rotor, bem como, refere-se a uma ligação elétrica para a realização do processo. De acordo
10 com a invenção, as passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação são registradas, sendo que, das passagens temporais da tensão de campo residual e da tensão de alimentação é calculada previamente a diferença de fases entre as tensões, e é determinado um instante t_s , no qual a diferença de fases fica abaixo de um valor máximo especificado $\Delta\phi_{max}$ e, sendo que, em um intervalo de tempo, que corresponde a
15 um atraso do tempo de ligação predeterminado τ_s , antes de alcançar o instante t_s uma ordem de ligação é liberada para a admissão de tensão, de tal modo que, aproximadamente, no instante t_s o motor é conectado na tensão de alimentação. Para a realização do processo, a ligação elétrica apresenta
20 um registro de valores de medição (1), um microcontrolador (2) e um regulador de corrente contínua (3).