



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

(21) **PI0900624-9 A2**

(22) Data de Depósito: 22/01/2009  
(43) Data da Publicação: 03/11/2010  
(RPI 2078)



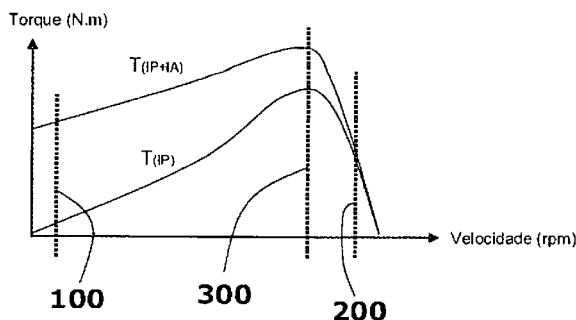
(51) *Int.Cl.:*  
H02P 21/14  
H02P 6/24

(54) Título: **SISTEMA DE CONTROLE E PROTEÇÃO DE MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO E MÉTODO DE CONTROLE E PROTEÇÃO PARA MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO**

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

(72) Inventor(es): Marcos Schwarz

(57) Resumo: SISTEMA DE CONTROLE E PROTEÇÃO DE MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO E MÉTODO DE CONTROLE E ROTEÇÃO PARA MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO. Presente invenção refere-se a um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico capaz de detectar uma condição de partida do motor a partir da observação da diferença de fases entre as correntes os enrolamentos principal e auxiliar, bem como detectar uma eventual desaceleração da máquina com base na observação da diferença de fases existentes entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave do enrolamento de partida. O sistema compreende pelo menos um circuito eletrônico de controle (20), pelo menos uma chave principal (15) e pelo menos uma chave auxiliar (25), a chave principal (15) sendo associada eletricamente a um enrolamento principal (3) do motor à indução monofásico (10), a chave auxiliar (25) sendo associada eletricamente a um enrolamento auxiliar (4) do motor à indução monofásico (10) através de um ponto de conexão elétrica (5), o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente a um terminal de disparo da chave auxiliar (25) e a um terminal de disparo da chave principal (15), o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica (5), o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico (10) sendo associados eletricamente a uma fonte de tensão alternada (2), o circuito eletrônico de controle (20) sendo capaz de detectar uma primeira condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4), e capaz de detectar uma segunda condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre a corrente que circula através do enrolamento principal (3) e a tensão elétrica sobre a chave auxiliar (25).





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE CONTROLE E PROTEÇÃO DE MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO E MÉTODO DE CONTROLE E PROTEÇÃO PARA MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO**".

5                   A presente invenção refere-se a um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, capaz de detectar uma condição de partida do motor a partir da observação da diferença de fases entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, bem como detectar uma eventual desaceleração da máquina com base na observação da diferença de  
10 fases existente entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave do enrolamento de partida.

                  Adicionalmente, a presente invenção prevê um método de controle e proteção para motor à indução monofásico, capaz de detectar as condições de funcionamento acima descritas.

15                   **Descrição do Estado Da Técnica**

                  Atualmente, os motores elétricos são empregados em um número cada vez maior de aplicações. Especialmente para os motores de indução, sabe-se que os mesmos oferecem, na maioria das vezes, uma solução robusta, de simples manutenção e de baixo custo, quando comparada ao  
20 uso de outros tipos de máquinas tais como um motor de corrente contínua para a mesma aplicação.

                  O uso de inversores de frequência, por exemplo, proporcionaram, nos últimos anos, uma gama de aplicações maior para os chamados motores à indução.

25                   Mais particularmente, os motores à indução monofásicos são amplamente utilizados em aplicações domésticas e comerciais, muito embora tais máquinas sejam ainda empregadas para a geração de torque em aplicações industriais, tais como: motocompressores, bombas, ventiladores, ferramentas, entre outras.

30                   Uma característica extremamente relevante que deve ser observada, quando do uso de motores monofásicos, diz respeito ao correto dimensionamento da sua partida, bem como uma avaliação contínua das suas

condições de funcionamento, a fim de garantir que os melhores critérios de desempenho sejam atingidos.

Para promover a partida do motor, normalmente são utilizados dispositivos de comando que conectam o enrolamento de partida à rede de alimentação, até que o mesmo alcance uma velocidade próxima à nominal. Quando tal condição é observada, o enrolamento de partida é desligado da rede de alimentação.

Tais dispositivos de comando podem ser empregados a partir de diversas formas e configurações. Uma solução comum refere-se ao uso de um relê de partida para atuar como dispositivo de comando durante a partida do motor monofásico. Neste caso, os contatos do dito relê, após energizado pelo enrolamento principal, atuam no sentido de fornecer corrente elétrica para o enrolamento de partida do motor durante a sua fase de aceleração inicial.

Uma desvantagem da referida técnica refere-se à necessidade de ajuste do relê para cada projeto de motor utilizado, tornando o projeto mais complexo e vulnerável a eventuais falhas do dito dispositivo eletromecânico.

Uma solução alternativa do estado da técnica refere-se ao uso de uma chave centrífuga, sendo esta normalmente dotada de um contato normalmente fechado e um mecanismo sensível à força centrífuga. A referida chave é sensível à velocidade de giro do eixo motor, sendo a mesma responsável pelo desligamento do enrolamento de partida quando o motor alcança uma determinada rotação.

A solução abarcada pela chave centrífuga apresenta limitações importantes, tais como a necessidade de montagem da sua estrutura no eixo motor, ou rotor, bem como o fato de que tal solução deve levar em conta a frequência da rede na qual o motor será instalado.

Adicionalmente, a chave centrífuga apresenta como inconveniente a sua fragilidade face ao desgaste, ação de partículas e eventuais contaminantes.

Uma técnica adicional utiliza um relê de tensão para auxiliar na

partida do motor, sendo o mesmo normalmente dotado de um contato normalmente fechado e de uma bobina sensível à tensão da rede ligada ao enrolamento de partida do motor. Neste caso, o motor opera ainda com um capacitor de partida.

5                    Para a solução acima, a corrente fornecida ao enrolamento de partida é controlada pelo referido contato, de modo que o enrolamento de partida é mantido energizado até que o motor alcance uma rotação próxima à velocidade síncrona.

10                   Tal como já observado, a última solução descrita acima apresenta como desvantagem o fato de que o dito relê deve ser dimensionado de acordo com o projeto do motor e a tensão da rede de alimentação.

15                   Uma derivação desta técnica consiste na medição eletrônica da tensão existente sobre o enrolamento de partida. Tal característica deve levar em conta uma tensão de referência para desligar o enrolamento de partida após a aceleração do motor.

Uma limitação desta técnica refere-se à necessidade de adequar a tensão de referência no ponto desejado para o desligamento do enrolamento de partida, além do fato de funcionar apenas com o uso de um conjunto de capacitores de partida.

20                   Adicionalmente, uma solução adotada pelo estado da técnica faz referência à utilização de uma chave temporizada para o ligamento do enrolamento de partida por um tempo determinado. Todavia, esta técnica apresenta como inconveniente o fato de que o tempo necessário para partir o motor depende da condição da carga e da tensão fornecida ao motor pela rede de alimentação.

25                   O emprego de um dispositivo do tipo PTC (*Positive Temperature Coeficient*), que consiste em um resistor de baixa resistência ôhmica quando instalado à temperatura ambiente, interliga o enrolamento de partida à rede de alimentação, a fim de fornecer corrente elétrica ao dito enrolamento, ocasionando, por conseguinte, o aquecimento do referido dispositivo resistivo.

30                   O dispositivo PTC interrompe a corrente fornecida ao enrolamento de partida quando a resistência ôhmica está elevada, reflexo da ace-

leração do motor monofásico e desenvolvimento da velocidade síncrona alcançada pelo mesmo.

Uma desvantagem do uso do PTC refere-se ao fato de que em uma eventual desaceleração do motor, tal dispositivo não fornecerá nova corrente ao enrolamento de partida, provocando na sequência, o desligamento do motor à indução monofásico pela atuação do dispositivo de proteção térmica do motor. Neste caso, deve-se aguardar o resfriamento do dispositivo PTC, a fim de promover nova partida do motor.

Outras soluções do estado da técnica, tal como aquela revelada pela patente norte-americana US 5808441, refere-se à soluções adicionais para o controle e proteção de motores elétricos.

A patente US 5808441 faz referência a um sistema microprocessado para o controle de motor, com a finalidade de monitorar e controlar a partida e operação normal de um motor monofásico.

Tal controle é efetuado através da diferença de fases medida entre a tensão da rede e a tensão entre os enrolamentos principal e auxiliar.

Mais particularmente, a invenção descrita no documento US 5808441 descreve um sistema de controle de motor para compressor ou aparelhos de refrigeração.

Uma desvantagem da referida técnica norte-americana refere-se ao fato de que o dito sistema está ligado diretamente à rede de alimentação, o que ocasiona, em muitos casos, um funcionamento inadequado do motor em função de interferências ou ruídos existentes na linha de alimentação.

Uma desvantagem adicional da técnica apresentada no documento US 5808441 refere-se ao uso de sensores adicionais para medir a diferença de fases acima descrita.

Com base no acima exposto, a presente invenção oferece um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico inovador frente às técnicas anteriores, capaz de prever, eficientemente, uma condição de partida da máquina, bem como avaliar uma condição de desaceleração do motor. Tais características são alcançadas a partir de um arranjo não associado diretamente à rede de alimentação, sendo o mesmo capaz de evitar

uma eventual interferência de ruídos da rede, além de não fazer uso de sensores adicionais.

#### Objetivos da Invenção

Um primeiro objetivo da presente invenção é propor um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, capaz de detectar uma condição de partida do motor a partir da observação da diferença de fases entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, bem como detectar uma eventual desaceleração da máquina com base na observação da diferença de fases existentes entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave do enrolamento de partida.

Um segundo objetivo da presente invenção é propor um método de controle e proteção para motor à indução monofásico, capaz de detectar as condições de partida e desaceleração da máquina.

#### Breve Descrição da Invenção

O primeiro objetivo da presente invenção é alcançado através da provisão de um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico compreendendo pelo menos um circuito eletrônico de controle, pelo menos uma chave principal e pelo menos uma chave auxiliar, a chave principal sendo associada eletricamente a um enrolamento principal do motor à indução monofásico, a chave auxiliar sendo associada eletricamente a um enrolamento auxiliar do motor à indução monofásico através de um ponto de conexão elétrica, o circuito eletrônico de controle sendo associado eletricamente a um terminal de disparo da chave auxiliar e a um terminal de disparo da chave principal, o circuito eletrônico de controle sendo associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica, o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico sendo associáveis eletricamente a uma fonte de tensão alternada, o circuito eletrônico de controle sendo capaz de detectar uma primeira condição de movimento do motor monofásico a partir de uma diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal e auxiliar, e capaz de detectar uma segunda condição de movimento do motor monofásico a partir de uma diferença angular de fasores medida entre a corrente que cir-

cula através do enrolamento principal e a tensão elétrica sobre a chave auxiliar.

O segundo objetivo da presente invenção é alcançado através da provisão de um método de controle e proteção de motor à indução monofásico, o motor à indução monofásico compreendendo um enrolamento principal e um enrolamento auxiliar, os enrolamentos principal e auxiliar sendo associáveis respectivamente às chaves principal e auxiliar, as chaves principal e auxiliar sendo dotadas respectivamente de terminais de disparo cada, o dito método compreendendo as seguintes etapas:

10                   - conectar eletricamente os enrolamentos principal e auxiliar do motor monofásico a uma primeira extremidade das chaves principal e auxiliar respectivamente;

                    - conectar as chaves principal e auxiliar a um circuito eletrônico de controle através dos terminais de disparo das respectivas chaves;

15                   - conectar eletricamente o circuito eletrônico de controle a um ponto de conexão elétrica existente entre uma conexão do enrolamento de partida e a chave auxiliar;

                    - conectar eletricamente o motor à indução monofásico, o circuito eletrônico de controle e uma segunda extremidade das chaves principal e auxiliar a uma fonte de tensão alternada;

20                   - se os enrolamentos principal e auxiliar forem ligados pelo circuito eletrônico de controle, através dos terminais de disparo das chaves principal e auxiliar, monitorar após o ligamento, através do circuito eletrônico, uma diferença angular de fases existente entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal e auxiliar, através das tensões existentes sobre os terminais de disparo;

                    - se a diferença angular de fases, medida pelo circuito eletrônico de controle, entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal e auxiliar, for superior a 40 graus, desligar o enrolamento auxiliar e manter o enrolamento principal ligado;

30                   - se o enrolamento auxiliar estiver ligado e o enrolamento auxiliar estiver desligado, monitorar, através do circuito eletrônico de controle, a dife-

rença angular de fases existente entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave auxiliar; e

- se a diferença angular de fases existente entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave auxiliar, para o enrolamento auxiliar desligado, for substancialmente inferior a 40 graus, a partir da medição realizada pelo circuito eletrônico de controle, desligar o enrolamento principal.

#### Descrição Resumida dos Desenhos

A presente invenção será descrita a seguir em maiores detalhes, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

Figura 1 - representa um gráfico destacando as principais condições de operação de um motor monofásico;

Figura 2 - representa uma vista esquemática do sistema ora proposto para o controle e proteção de um motor à indução monofásico, conforme os ensinamentos da presente invenção;

Figura 3 - representa uma vista esquemática da diferença de fases entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal e auxiliar em duas condições de operação;

Figura 4 - representa uma segunda vista esquemática da diferença de fases entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave auxiliar;

Figura 5 - representa uma vista esquemática de algumas formas de onda (tensão e corrente) presentes no sistema;

Figura 6 - representa uma segunda vista esquemática destacando o ângulo de fases entre tensões de disparo das chaves do sistema; e

Figura 7 - representa uma terceira vista esquemática destacando a diferença de fases entre a tensão nos terminais de disparo da chave principal e a tensão sobre os terminais da chave do enrolamento auxiliar.

#### Descrição Detalhada das Figuras

Como mencionado anteriormente, o objeto de invenção ora proposto oferece um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, capaz de prever, de forma eficiente, uma condição de partida da má-

quina, bem como uma condição de desaceleração do motor.

Tais características são alcançadas a partir de um arranjo eletrônico não associado diretamente à rede de alimentação, o que confere ao mesmo maior imunidade a ruídos, além de não fazer uso de sensores adicionais para detectar as condições de operação supracitadas.

Sabe-se que os motores à indução monofásicos compreendem, essencialmente, um enrolamento principal 3 e um enrolamento auxiliar, ou de partida, 4.

Normalmente, os enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 são conectados a uma fonte de tensão alternada por meio de chaves. Tais chaves comandam a operação do motor em condições de partida e regime da máquina.

A figura 1 ilustra, por meio de um gráfico, as principais condições de operação de um motor à indução monofásico 10, ou simplesmente motor monofásico 10, objeto da presente invenção.

Mais particularmente, a figura 1 mostra a curva do torque desenvolvido pelo motor, quando o enrolamento principal 3, ou os dois enrolamentos do motor, está ligado à fonte de tensão alternada 2.

Quando os enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 estão ligados à fonte de tensão alternada 2, o motor monofásico 10 desenvolve um torque mais elevado ( $T(I_p + I_a)$ ), tal como ilustrado em uma primeira condição de operação do motor 100 da figura 1, a fim de executar a sua partida. A segunda condição de operação 200 do motor monofásico 10, também ilustrada na figura 1, representa o seu funcionamento no momento em que apenas o enrolamento principal 3 está ligado.

A mesma figura mostra ainda a terceira condição de operação 300 do motor, sendo este o momento ideal para o desacoplamento do enrolamento auxiliar 4, após a sua partida. A terceira condição de operação 300 refere-se ao momento em que o motor monofásico 10 atingiu a condição de torque máximo, sendo possível neste instante, desligar o enrolamento auxiliar 4.

A figura 2 ilustra o sistema de controle e proteção do motor à

indução monofásico, conforme os ensinamentos da presente invenção.

A partir da figura 2 é possível notar que o sistema compreende, além do próprio motor monofásico 10, pelo menos um circuito eletrônico de controle 20, pelo menos uma chave principal 15 e pelo menos uma chave auxiliar 25.

Cabe informar que o circuito eletrônico de controle 20 pode ser constituído por um circuito, ou dispositivo semicondutor, microcontrolado, ou ainda microprocessado, capaz de executar um software de avaliação do status de operação do motor conforme as condições de operação ora previstas.

Adicionalmente, é previsto na presente invenção que tal circuito eletrônico de controle 20 seja provido de dispositivos periféricos, tais como elementos de memória e/ou portas de comunicação de dados, a fim de armazenar o programa do usuário, bem como disponibilizar dados para outros dispositivos.

Trata-se, na presente invenção, de um circuito eletrônico de controle 20 capaz de tomar a decisão de ligar, ou desligar, um determinado enrolamento do motor monofásico 10, conforme as condições de operação estimadas pelo mesmo.

Mais particularmente, e como já mencionado, tais condições estão relacionadas ao momento de partida do motor monofásico 10, ou ainda o momento em que o mesmo está em desaceleração.

A figura 2 mostra ainda que a chave principal 15 está associada eletricamente a um enrolamento principal 3 do motor monofásico 10, sendo a chave auxiliar 25 associada eletricamente a um enrolamento auxiliar 4 do motor monofásico 10, através de um ponto de conexão elétrica 5.

O circuito eletrônico de controle 20 está associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica 5, como mostra a figura 2. Como pode ser notado ainda pela figura 2, o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico 10 são associáveis eletricamente a uma fonte de tensão alternada 2, a fim de prover energia elétrica suficiente para a partida e operação em regime do motor 10.

O circuito eletrônico de controle 20 está associado à fonte de

tensão alternada 2 através do primeiro terminal de fonte 14, tal como ilustrado na figura 2.

Uma característica essencial e inovadora da presente invenção faz referência à detecção das condições de operação do motor monofásico 10.

Conforme os ensinamentos da presente invenção, o circuito eletrônico de controle 20 é capaz de detectar uma primeira condição de movimento do motor monofásico 10, a partir de uma diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4. A dita primeira condição de movimento é dada durante a partida e aceleração do motor monofásico 10.

A figura 3 ilustra a diferença angular de fasores, em um primeiro ângulo de fases 11 e em um segundo ângulo de fases 21, entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4.

Nota-se, a partir da figura 3, que no primeiro ângulo de fases 11 a diferença angular de fasores, ou de fases, é muito reduzida, sendo este o momento de partida do motor monofásico 10. Neste instante os dois enrolamentos do motor, principal 3 e auxiliar 4, estão ligados à fonte de tensão alternada 2, através das suas respectivas chaves. Trata-se, neste caso, da primeira condição de operação 100 do motor monofásico 10, tal como ilustrada na figura 1.

Cumprе ressaltar que, no momento da partida do motor monofásico 10, a corrente  $I_{a1}$  que circula através do seu enrolamento auxiliar 4 está adiantada em relação à corrente  $I_{p1}$  que circula através do seu enrolamento principal 3.

Na medida em que o motor monofásico 10 acelera, e se aproxima da sua condição de rotação de funcionamento, ou regime, a diferença angular de fasores aumenta conforme indicada na figura 3, para o segundo ângulo de fases 21. Neste momento, o segundo ângulo de fases 21 está em torno de 50 graus, e a corrente  $I_{a1}$  que circula através do enrolamento auxiliar 4 está atrasada em relação à corrente  $I_{p1}$  que circula através do enrolamento principal 3.

A dita condição de rotação de funcionamento, ou regime, está ilustrada na figura 1, e é aqui denominada de segunda condição de operação 200 do motor monofásico 10.

5 Uma vantagem do presente sistema, frente às técnicas anteriores, refere-se ao fato de que a diferença angular de fasores acima descrita é uma característica comum nos motores à indução monofásicos 10, não sendo necessário portanto, conhecer os requisitos de projeto de diferentes motores para avaliar a sua condição de partida e aceleração.

10 Neste sentido, o uso da referida diferença angular de fasores, ou fases, entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4, permite que o circuito eletrônico de controle 20 avalie o melhor momento para o desligamento, ou desacoplamento, através da chave auxiliar 25, do enrolamento auxiliar 4, caso o motor monofásico 10 tenha alcançado a terceira condição de operação 300.

15 Nesta condição, a diferença angular de fasores é maior ou igual a 40 graus, sendo portanto, facilmente detectada pelo circuito eletrônico de controle 20.

O referido circuito eletrônico de controle 20 é capaz ainda de detectar uma segunda condição de movimento do motor monofásico 10, a partir de uma diferença angular de fasores medida entre a corrente  $I_{p1}$  que circula através do enrolamento principal 3 e a tensão elétrica  $V_{sa}$  sobre a chave auxiliar 25.

25 A dita segunda condição de movimento refere-se a uma operação em velocidade reduzida do motor monofásico 10, substancialmente abaixo da sua velocidade nominal. A segunda condição de movimento pode ser ainda avaliada em uma situação de parada, ou bloqueio, do eixo do motor 10.

30 A figura 4 ilustra os terceiro 31 e quarto 41 ângulos de fase relativos à segunda condição de movimento do motor monofásico 10, objeto da presente invenção.

Nesta segunda condição de movimento, nota-se que a diferença angular de fasores medida entre a corrente  $I_{p1}$  que circula através do enro-

lamento principal 3 e a tensão elétrica  $V_{sa}$  sobre a chave auxiliar 25 é reduzida no terceiro ângulo de fases 31, quando comparada ao quarto ângulo de fases 41.

5 O momento identificado pelo terceiro ângulo de fases 31 reflete a operação do motor monofásico 10 próxima à condição de parada do eixo, enquanto o quarto ângulo de fases 41 indica a operação do motor monofásico 10 próximo da segunda condição de operação 200.

10 Com base nesta informação, o circuito eletrônico de controle 20 é capaz de detectar uma condição de parada do eixo do motor monofásico 10, pela observação da diferença de fases entre a corrente  $I_{p1}$  que circula pelo enrolamento principal 3 e a tensão  $V_{sa}$  existente sobre a chave auxiliar 25.

15 Neste tipo de operação, o presente sistema de proteção e controle é capaz de evitar um aquecimento indesejado do motor monofásico 10, desligando a máquina, e permitindo ainda que o mesmo desenvolva uma nova partida.

As chaves principal 15 e auxiliar 25 são preferencialmente formadas por tiristores do tipo TRIAC, ou equivalentes, tais como reveladas pela figura 2 do presente pedido.

20 Conforme a matéria ora reivindicada, o circuito eletrônico de controle 20 está associado eletricamente a um terminal de disparo 8 da chave auxiliar 25, enquanto o mesmo circuito eletrônico 20 está associado eletricamente a um terminal de disparo 7 da chave principal 15. O terminal de disparo, ou *gate*, de um TRIAC é a conexão responsável por receber uma  
25 tensão de comando para conduzir ou não o seu respectivo tiristor.

Normalmente é necessária a aplicação de pulsos de curta duração para disparar o TRIAC e colocá-lo em condução, devendo-se repetir tal pulso a cada início de semiciclo da tensão da rede, a fim de manter o tiristor em condução durante todo o ciclo de tensão. A figura 5 ilustra instantes nos  
30 quais as correntes de disparo são aplicadas nos seus respectivos TRIAC's.

Na presente invenção, o circuito eletrônico de controle 20 é responsável por gerar a corrente de disparo principal IGP na chave principal 15

e a corrente de disparo auxiliar IGA na chave auxiliar 25.

Na figura 5 é possível observar ainda a existência de uma tensão principal VGP sobre o terminal de disparo 7 da chave principal 15, e um tensão auxiliar VGA sobre o terminal de disparo 8 da chave auxiliar 25, no momento em que as mesmas estão em condução, bem como as correntes que circulam através de cada chave. Trata-se, neste caso, de um valor de tensão elétrico oriundo dos terminais de disparo das chaves principal 15 e auxiliar 25.

Conforme os ensinamentos da presente invenção, a diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4, tal como já descrita, é obtida a partir do referido valor de tensão elétrico oriundo dos terminais de disparo das chaves principal 15 e auxiliar 25.

Mais particularmente, o valor de tensão elétrico oriundo dos terminais de disparo é capaz de detectar ainda o sentido das correntes que circulam pelos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4, bem como o instante em que as mesmas cruzam por zero.

Cabe frisar que o valor de tensão elétrico oriundo dos terminais de disparo, especialmente as tensões principal VGP e auxiliar VGA, está em torno de 1V quando o seu respectivo tiristor está em condução.

Ademais, a polaridade das ditas tensões varia, permitindo assim, inferir pelo sentido das correntes que circulam por cada TRIAC.

A figura 6 ilustra as tensões principal VGP e auxiliar VGA, observadas nos terminais de disparo das chaves principal 15 e auxiliar 25, bem como o ângulo  $\alpha$  formado entre as ditas tensões, sendo possível na sequência inferir pelo ângulo entre as correntes que circulam por ambas as chaves. Tal valor é estimado pelo circuito eletrônico de controle 20, conforme os ensinamentos da presente invenção.

Como já descrito anteriormente, tal ângulo  $\alpha$  é empregado pelo circuito eletrônico de controle 20 para determinar o momento no qual o enrolamento auxiliar 4 será desligado, permanecendo neste caso apenas o enrolamento principal 3 ligado.

Caso o circuito eletrônico de controle 20 entenda, com base na diferença fasorial das correntes dos enrolamentos do motor 10, que o ângulo entre as mesmas está abaixo de um valor de referência, o dito circuito 20 deve manter ambos enrolamentos ligados, a fim de prover o torque de parti-  
5 da necessário para o motor monofásico 10. Preferencialmente, tal ângulo de referência está em torno de 30 graus.

Em aplicações alternativas, é possível programar o circuito eletrônico de controle 20, via software, para que o mesmo desenvolva nova partida no motor monofásico 10, caso o mesmo não alcance a rotação desejada  
10 em um período de tempo pré-ajustado.

Uma concretização alternativa, conforme o objeto da presente invenção, refere-se à observação de um ângulo de tensões AIV, tal como ilustrado na figura 7, entre a fase da tensão sobre a chave auxiliar 25, quando a mesma está aberta, e a fase da tensão principal VGP presente no terminal de disparo 7 do enrolamento principal.  
15

Tal ângulo de tensões AIV, quando implementado via software no circuito eletrônico de controle 20, permite avaliar o estado de operação do motor monofásico 10, e mais particularmente se este está trabalhando em funcionamento, ou regime, ou ainda em baixa rotação ou parado.

De maneira análoga às formas já descritas para o presente sistema, quando o motor monofásico 10 está operando em regime, o dito ângulo de tensões AIV é substancialmente elevado face ao ângulo de tensão AIV obtido para o motor 10 em velocidade reduzida, oferecendo ao circuito eletrônico de controle 20 um mecanismo de detecção eficiente do  
20 estado de operação do motor.  
25

É previsto ainda na presente invenção o uso de um método de controle e proteção de motor à indução monofásico. Para implementar tal método, o motor à indução monofásico 10 compreende um enrolamento principal 3 e um enrolamento auxiliar 4, sendo os enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 associáveis respectivamente à chaves principal 15 e auxiliar 25.  
30

As chaves principal 15 e auxiliar 25 são dotadas respectivamente

te de terminais de disparo cada, conforme já mencionado anteriormente. O método ora proposto compreende, essencialmente, as seguintes etapas:

- 5                   - conectar eletricamente os enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 do motor monofásico 10 a uma primeira extremidade das chaves principal 15 e auxiliar 25 respectivamente;
- conectar as chaves principal 15 e auxiliar 25 a um circuito eletrônico de controle 20 através dos terminais de disparo das respectivas chaves;
- 10               - conectar eletricamente o circuito eletrônico de controle 20 a um ponto de conexão elétrica 5 existente entre uma conexão do enrolamento de partida 4 e a chave auxiliar 25;
- conectar eletricamente o motor à indução monofásico 10, o circuito eletrônico de controle 20 e uma segunda extremidade das chaves principal 15 e auxiliar 25 a uma fonte de tensão alternada 2;
- 15               - se os enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 forem ligados pelo circuito eletrônico de controle 20, através dos terminais de disparo das chaves principal 15 e auxiliar 25, monitorar após o ligamento, através do circuito eletrônico 20, uma diferença angular de fases existente entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4, através das tensões
- 20               existentes sobre os terminais de disparo;
- se a diferença angular de fases, medida pelo circuito eletrônico de controle 20, entre as correntes  $I_{p1}/I_{a1}$  que circulam pelos enrolamentos principal 3 e auxiliar 4 for superior a 40 graus, desligar o enrolamento auxiliar 4 e manter o enrolamento principal 3 ligado;
- 25               - se o enrolamento auxiliar 3 estiver ligado e o enrolamento auxiliar 4 estiver desligado, monitorar, através do circuito eletrônico de controle 20, a diferença angular de fases existente entre a corrente  $I_{p1}$  que circula pelo enrolamento principal 3 e a tensão  $V_{sa}$  sobre a chave auxiliar 25;
- se a diferença angular de fases existente entre a corrente  $I_{p1}$
- 30               que circula pelo enrolamento principal 3 e a tensão  $V_{sa}$  sobre a chave auxiliar 25, para o enrolamento auxiliar 4 desligado, for substancialmente inferior a 40 graus, a partir da medição realizada pelo circuito eletrônico de controle

20, desligar o enrolamento principal 3.

5 Deve-se ressaltar que o presente sistema apresenta maior imunidade a eventuais ruídos da rede de alimentação, quando comparados às técnicas anteriores, uma vez que o circuito eletrônico de controle 20 não faz uso de parâmetros da rede para avaliar o estado de operação do motor monofásico 10.

Finalmente, o objeto de invenção ora proposto não necessita de sensores adicionais para avaliar o estado de operação do motor monofásico 10.

10 Tendo sido descrito exemplos de concretizações preferidos, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações apenas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico compreendendo:

- 5                   - pelo menos um circuito eletrônico de controle (20),
- pelo menos uma chave principal (15); e
- pelo menos uma chave auxiliar (25),
- a chave principal (15) sendo associada eletricamente a um enrolamento principal (3) do motor à indução monofásico (10),
- a chave auxiliar (25) sendo associada eletricamente a um enrolamento auxiliar (4) do motor à indução monofásico (10) através de um ponto de conexão elétrica (5),
- o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente a um terminal de disparo (8) da chave auxiliar (25) e a um terminal de disparo (7) da chave principal (15),
- 15               o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica (5),
- o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao primeiro terminal de fonte (14),
- o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico (10) sendo associáveis eletricamente a uma fonte de tensão alternada (2),
- 20               caracterizado pelo fato de que o circuito eletrônico de controle (20) é capaz de detectar uma primeira condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4),
- 25               e capaz de detectar uma segunda condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre a corrente que circula através do enrolamento principal (3) e a tensão elétrica sobre a chave auxiliar (25).
- 30               2. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira condição de movimento do motor monofásico (10) é dada durante a sua

partida e aceleração.

3. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a segunda condição de movimento do motor monofásico (10) é dada durante  
5 uma operação de velocidade reduzida do motor monofásico (10) substancialmente abaixo de uma velocidade nominal do motor monofásico (10).

4. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a segunda condição de movimento do motor monofásico (10) é dada durante  
10 uma condição de parada de eixo do motor monofásico (10).

5. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) é obtida a partir de um valor de  
15 tensão elétrica oriundo dos terminais de disparo (7,8) das chaves principal e auxiliar (15,25).

6. Sistema de proteção e controle de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o valor de tensão elétrica oriundo dos terminais de disparo (7,8) é capaz de detectar  
20 o sentido das correntes que circulam pelos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) e o instante em que as mesmas cruzam por zero.

7. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o enrolamento de partida é desligado através da chave auxiliar (25) em uma  
25 condição na qual a diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) é maior ou igual a 40 graus.

8. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico compreendendo:

- 30
- pelo menos um circuito eletrônico de controle (20),
  - pelo menos uma chave principal (15); e
  - pelo menos uma chave auxiliar (25),

a chave principal (15) sendo associada eletricamente a um enrolamento principal (3) do motor à indução monofásico (10),

a chave auxiliar (25) sendo associada eletricamente a um enrolamento auxiliar (4) do motor à indução monofásico (10) através de um ponto de conexão elétrica (5),

o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente a um terminal de disparo da chave auxiliar (25) e a um terminal de disparo da chave principal (15),

o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica (5),

o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao primeiro terminal de fonte (14),

o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico (10) sendo associados eletricamente a uma fonte de tensão alternada (2),

caracterizado pelo fato de que o circuito eletrônico de controle (20) é capaz de detectar uma condição de partida ou aceleração do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fases medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4), e capaz de detectar uma condição de velocidade reduzida ou desaceleração do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fases medida entre a corrente que circula através do enrolamento principal (3) e a tensão elétrica sobre a chave auxiliar (25).

9. Sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a diferença angular de fases medida para detectar a condição de partida e aceleração do motor monofásico 10 é obtida a partir de um valor de tensão elétrico oriundo dos terminais de disparo (7,8) das chaves principal e auxiliar (15,25).

10. Método de controle e proteção de motor à indução monofásico, o motor à indução monofásico compreendendo um enrolamento principal (3) e um enrolamento auxiliar (4), os enrolamentos principal (3) e auxiliar (4)

sendo associáveis respectivamente à chaves principal (15) e auxiliar (25), as chaves principal (15) e auxiliar (25) sendo dotadas respectivamente de terminais de disparo cada (7,8),

caracterizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- 5                   - conectar eletricamente os enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) do motor monofásico (10) a uma primeira extremidade das chaves principal (15) e auxiliar (25) respectivamente;
- conectar as chaves principal (15) e auxiliar (25) a um circuito eletrônico de controle (20) através dos terminais de disparo (7,8) das respectivas chaves (15,25);
- 10                   - conectar eletricamente o circuito eletrônico de controle (20) a um ponto de conexão elétrica (5) existente entre uma conexão do enrolamento de partida (4) e a chave auxiliar (25);
- conectar eletricamente o motor à indução monofásico (10), o
- 15                   circuito eletrônico de controle (20) e uma segunda extremidade das chaves principal (15) e auxiliar (25) a uma fonte de tensão alternada (2);
- se os enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) forem ligados pelo circuito eletrônico de controle (20), através dos terminais de disparo (7,8) das chaves principal (15) e auxiliar (25), monitorar após o ligamento, através
- 20                   do circuito eletrônico (20), uma diferença angular de fases existente entre as correntes que circulam pelos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4), através das tensões existentes sobre os terminais de disparo (7,8);
- se a diferença angular de fases, medida pelo circuito eletrônico de controle (20), entre as correntes ( $I_{p1}$ ,  $I_{a1}$ ) que circulam pelos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4) for superior a 40 graus, desligar o enrolamento
- 25                   auxiliar (4) e manter o enrolamento principal (3) ligado;
- se o enrolamento auxiliar (3) estiver ligado e o enrolamento auxiliar (4) estiver desligado, monitorar, através do circuito eletrônico de controle (20), a diferença angular de fases existente entre a corrente ( $I_{p1}$ ) que
- 30                   circula pelo enrolamento principal (3) e a tensão ( $V_{sa}$ ) sobre a chave auxiliar (25);
- se a diferença angular de fases existente entre a corrente ( $I_{p1}$ )

que circula pelo enrolamento principal (3) e a tensão ( $V_{sa}$ ) sobre a chave auxiliar (25), para o enrolamento auxiliar (4) desligado, for substancialmente inferior a 40 graus, a partir da medição realizada pelo circuito eletrônico de controle (20), desligar o enrolamento principal (3).

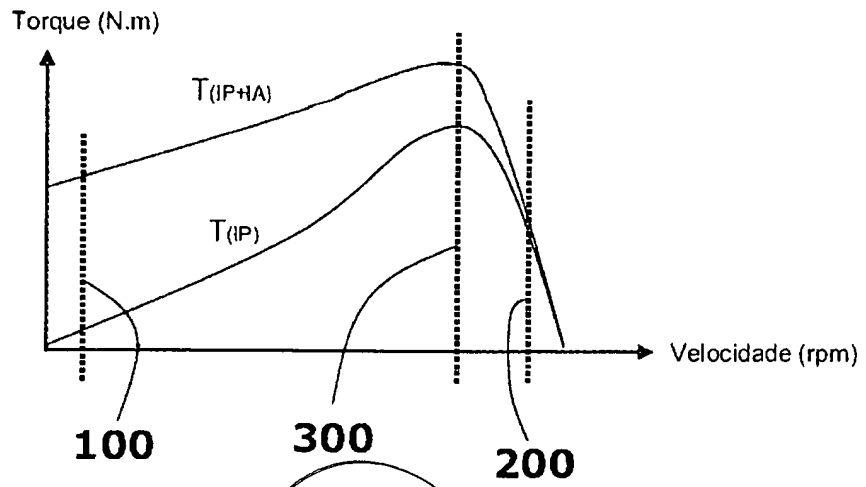


Fig. 1

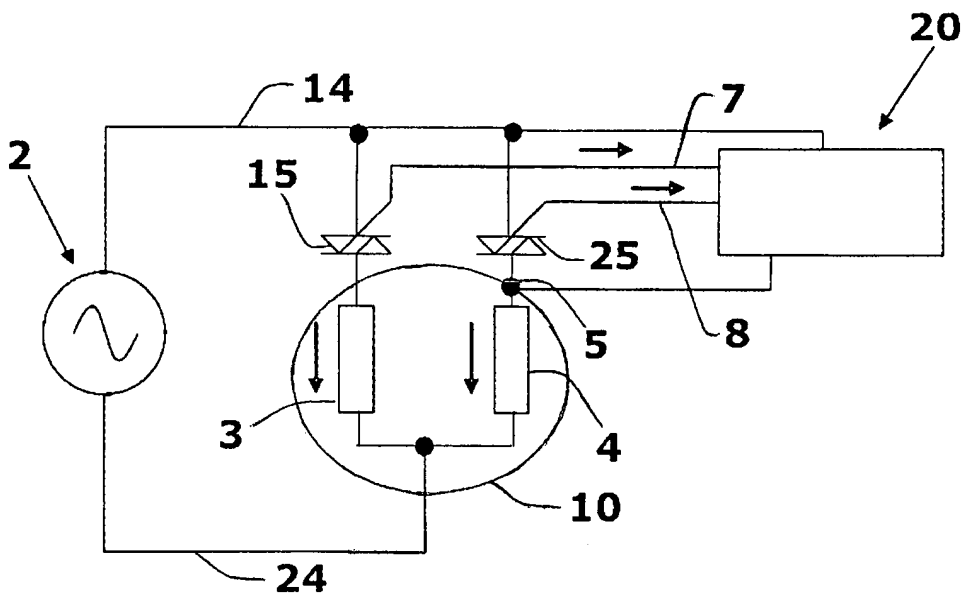
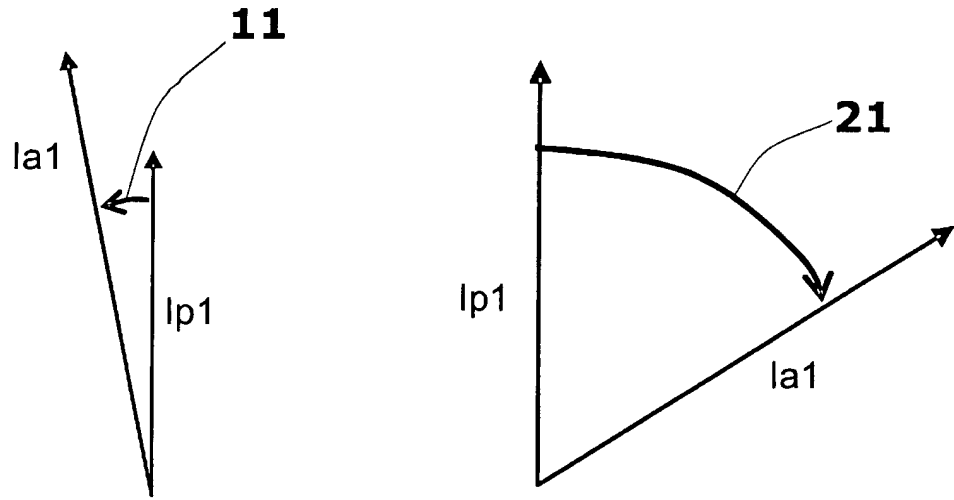
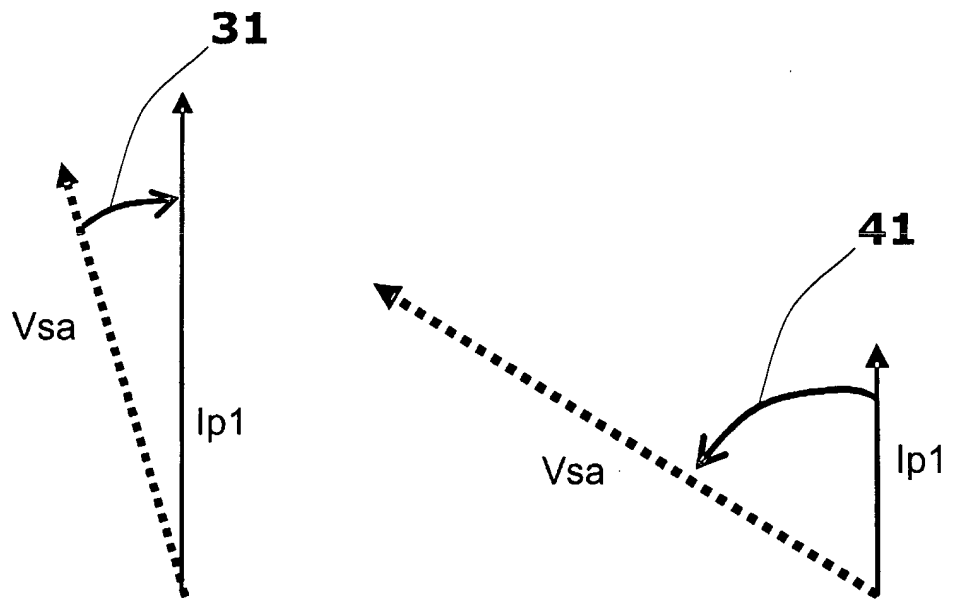


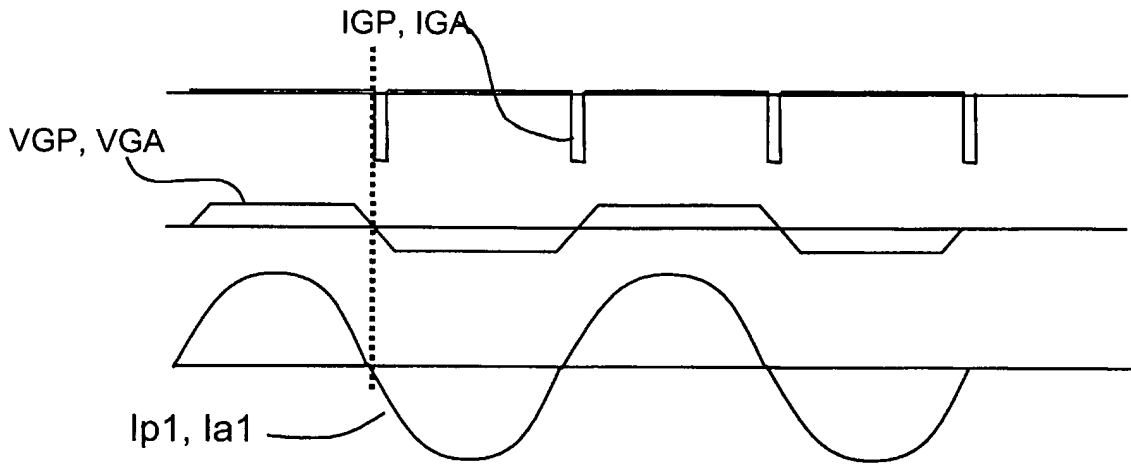
Fig. 2



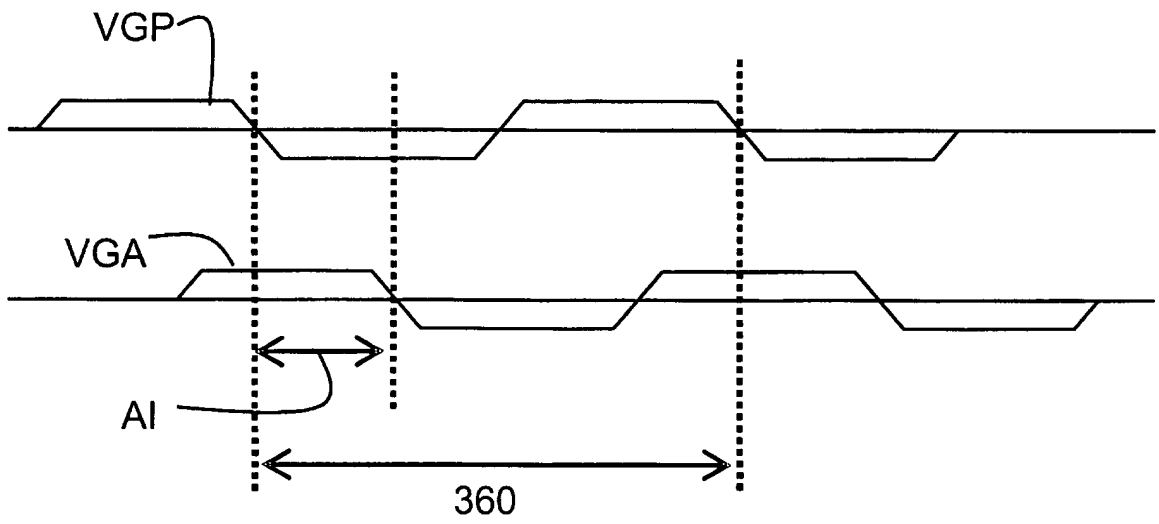
**Fig. 3**



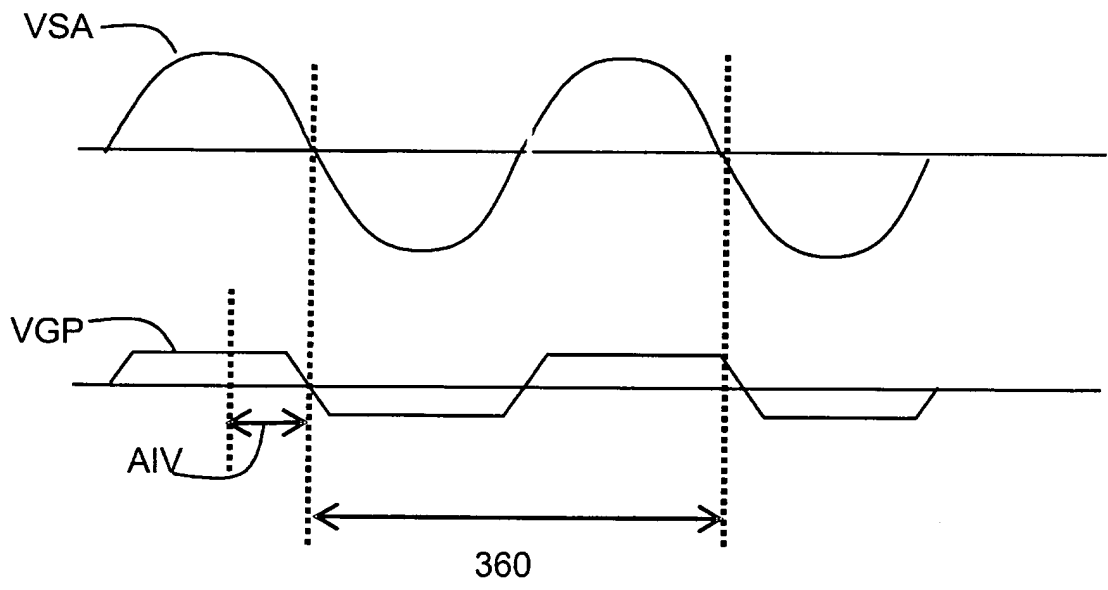
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**

P10900624-9

## RESUMO

Patente de Invenção: "**SISTEMA DE CONTROLE E PROTEÇÃO DE MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO E MÉTODO DE CONTROLE E PROTEÇÃO PARA MOTOR À INDUÇÃO MONOFÁSICO**".

5 A presente invenção refere-se a um sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico capaz de detectar uma condição de partida do motor a partir da observação da diferença de fases entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, bem como detectar uma eventual desaceleração da máquina com base na observação da diferença de fases existentes entre a corrente que circula pelo enrolamento principal e a tensão sobre a chave do enrolamento de partida.

Tal sistema compreende pelo menos um circuito eletrônico de controle (20), pelo menos uma chave principal (15) e pelo menos uma chave auxiliar (25), a chave principal (15) sendo associada eletricamente a um enrolamento principal (3) do motor à indução monofásico (10), a chave auxiliar (25) sendo associada eletricamente a um enrolamento auxiliar (4) do motor à indução monofásico (10) através de um ponto de conexão elétrica (5), o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente a um terminal de disparo da chave auxiliar (25) e a um terminal de disparo da chave principal (15), o circuito eletrônico de controle (20) sendo associado eletricamente ao ponto de conexão elétrica (5), o sistema de controle e proteção de motor à indução monofásico e o motor monofásico (10) sendo associáveis eletricamente a uma fonte de tensão alternada (2), o circuito eletrônico de controle (20) sendo capaz de detectar uma primeira condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre as correntes que circulam através dos enrolamentos principal (3) e auxiliar (4), e capaz de detectar uma segunda condição de movimento do motor monofásico (10) a partir de uma diferença angular de fasores medida entre a corrente que circula através do enrolamento principal (3) e a tensão elétrica sobre a chave auxiliar (25).