

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

(21) BR 102014023475-6 A2



* B R 1 0 2 0 1 4 0 2 3 4 7 5 A

(22) Data do Depósito: 22/09/2014

(43) Data da Publicação: 10/05/2016

(RPI 2366)

(54) Título: MÉTODO DE DETECÇÃO DE ABERTURA INDEVIDA DE VÁLVULA DE SUCÇÃO DE COMPRESSOR ALTERNATIVO DE MÚLTIPLA SUCÇÃO

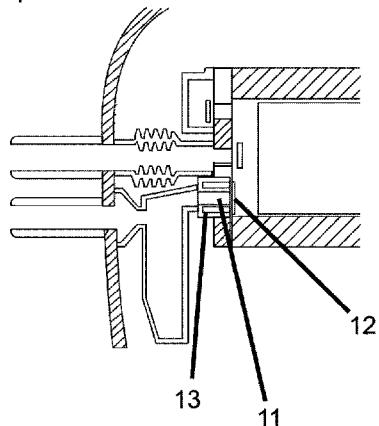
(51) Int. Cl.: F04B 49/00; H02P 29/00

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

(72) Inventor(es): ROBERTO ANDRICH,
DANIEL DE FIGUEIREDO MARIA

(74) Procurador(es): CARINA S RODRIGUES

(57) Resumo: MÉTODO DE DETECÇÃO DE ABERTURA INDEVIDA DE VÁLVULA DE SUCÇÃO DE COMPRESSOR ALTERNATIVO DE MÚLTIPLA SUCÇÃO. A presente invenção pertence ao campo tecnológico de compressores preferencialmente utilizados em sistemas de refrigeração. Problema a ser resolvido: Dificuldade em detectar a abertura indevida da válvula de sucção de alta pressão em compressor alternativo de múltipla sucção, a qual diminui a eficiência do compressor e, em casos mais graves, interrompe o funcionamento da(s) linha(s) de baixa pressão. Resolução do problema: Implementação de método que monitora pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do motor elétrico, e com base na detecção de pelo menos um pico positivo da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico, identifica e/ou detecta em tempo real a abertura indevida da válvula.



“MÉTODO DE DETECÇÃO DE ABERTURA INDEVIDA DE VÁLVULA DE SUCÇÃO DE COMPRESSOR ALTERNATIVO DE MÚLTIPLA SUCÇÃO”

Campo da Invenção

[0001] A invenção em questão refere-se a um método detecção de abertura indevida de válvula de sucção de compressor alternativo de dupla sucção e, mais particularmente, da válvula semi-comandada, tipo palheta, disposta no conjunto cabeçote de um compressor alternativo de dupla sucção.

[0002] Em linhas gerais, é o cerne da invenção em questão verificar a abertura indevida de válvula de sucção em tempo real, sem a adição de sensores ou equivalentes, por meio de parâmetros físicos e/ou elétricos observados no motor elétrico que movimenta os elementos de compressão do compressor alternativo.

Fundamentos da Invenção

[0003] Como é do conhecimento dos técnicos versados no assunto, compressores alternativos compreendem equipamentos eletromecânicos fundamentalmente compostos por um motor elétrico, um mecanismo de compressão e pelo menos uma central eletrônica, sendo todos estes elementos dispostos no interior de uma carcaça normalmente hermética. Em linhas gerais, o mecanismo de compressão é basicamente integrado por um pistão, por um cilindro e por um cabeçote.

[0004] O pistão é, de algum modo, mecanicamente vinculado ao motor elétrico, sendo que este meio de vínculo é capaz de transformar o movimento rotativo do motor elétrico em movimento linear alternativo do pistão. O cilindro compreende o ambiente onde o pistão será alternativamente deslocado. O cabeçote compreende o conjunto mecânico que controla os fluxos de fluido de trabalho.

[0005] Grosso modo, um cabeçote de compressor alternativo compreende pelo menos um orifício de descarga e pelo menos um orifício de sucção, bem como pelo menos uma válvula de descarga e uma válvula de sucção. Como se sabe, a função primordial das válvulas diz respeito ao controle do fluxo de fluido que trafega por um dos orifícios, assim, a válvula de sucção controla o fluxo de fluido que é admitido no interior do cilindro através do orifício de sucção, e a válvula de descarga

controla do fluxo de fluido que é expulso do cilindro através do orifício de descarga. Assim, é notório perceber que a eficiência de um compressor alternativo é, dentre outras características, regulada pelo correto funcionamento das válvulas do cabeçote do mecanismo de compressão.

[0006] Diferentes sistemas e/ou métodos de verificação de posicionamento ou abertura indevida de válvulas de compressor alternativo são conhecidos pelos técnicos versados no assunto. Em linhas gerais, tais sistemas e/ou métodos têm por objetivo verificar se as válvulas estão atuando de forma esperada, ou seja, se as válvulas vedam seus orifícios nos momentos em que esta vedação se faz necessária, ou se as válvulas desobstruem seus orifícios nos momentos em que o fluxo de fluido se faz necessário.

[0007] Evidentemente, as características específicas dos já conhecidos sistemas e/ou métodos de verificação de integridade de válvula de compressor alternativo são relacionadas à construtividade das válvulas cuja integridade deseja ser verificada.

[0008] No caso de válvulas tipo palheta (lâminas metálicas dispostas sobre ou sob um orifício, de modo a vedar ou desobstruí-lo de acordo com o sentido do fluxo de fluido), por exemplo, e conforme descrito no documento BR1020130035599, depositado em 15/02/2013 pela Titular, é previsto um sistema e método de verificação de estado operacional de válvula de compressor alternativo. O sistema e método descritos no citado documento BR1020130035599 necessitam utilizar pelo menos um componente indutivo, pelo menos um sensor, e pelo menos um núcleo de processamento de dados. Assim, o componente indutivo, este sendo é hábil de induzir um campo eletromagnético cuja intensidade varia de acordo com a proximidade relativa da válvula metálica, é capaz de estimular, de forma proporcional e escalonada, o sensor, sendo o sinal captado pelo sensor diretamente proporcional à abertura ou fechamento da válvula. Muito embora o sistema e método descritos no citado documento BR1020130035599 sejam funcionais, nota-se que se faz necessário utilizar elementos adicionais específicos, o que pode aumentar o custo de produção do compressor alternativo.

[0009] Por outro lado, o documento JP04123893, depositado em 15/10/2002, descreve um compressor tipo *screw* que prevê a interrupção automatizada da corrente elétrica de seu motor elétrico a partir da verificação de determinada movimentação de uma de suas válvulas, sendo que a informação de movimentação (ou posicionamento instantâneo) da referida válvula é captada por meio da variação da corrente elétrica do próprio motor. Em linhas gerais, o sistema descrito neste documento tem por função desligar o motor do compressor em modos de falha gerados pela válvula.

[0010] No mais, o documento JP04175912, depositado em 17/02/2003, um método de controle de compressor de sistema de ar-condicionado veicular capaz de verificar possíveis anomalias nos ciclos de descarga através da amplitude da força contra eletromotriz verificada no motor do compressor. Em especial, a variação da força contra eletromotriz é verificada por meio do monitoramento dos terminais de tensão do circuito responsável pela alimentação elétrica do motor (inversor de frequência) durante o desligamento do motor, sendo a citada força contra eletromotriz gerada por anomalias na válvula de descarga do compressor.

[0011] É com base neste cenário que surge a invenção em questão.

Objetivos da invenção

[0012] Assim, é o objetivo fundamental da invenção em questão revelar um método simples e funcional hábil de detectar, em tempo real, a abertura indevida de uma válvula de alta pressão durante um ciclo de sucção de baixa pressão em um compressor alternativo de dupla ou múltipla sucção, conforme exemplificado no documento BRPI10013598, depositado em 26/04/2010, e no documento BR1020140072594, depositado em 26/03/2014.

[0013] Neste sentido, é um dos objetivos da invenção em questão utilizar dados relacionados a parâmetros vinculados ao torque do motor elétrico do compressor como informação primordial para detecção de eventual abertura indevida da válvula de sucção.

[0014] Consequentemente, é um objetivo adicional da invenção em questão não utilizar componentes adicionais para que o método detecção de abertura

indevida de válvula possa ser executado.

Sumário da Invenção

[0015] Os objetivos anteriormente citados são integralmente alcançados por meio do método de detecção de abertura indevida de válvula de sucção de compressor alternativo de múltipla sucção.

[0016] De acordo com a invenção em questão, o referido compressor (ao qual o método é aplicado) compreende pelo menos um mecanismo de compressão compreendendo pelo menos um cilindro de compressão, pelo menos um pistão hábil de desempenhar movimentação linear alternativa no interior do cilindro, e pelo menos um conjunto “válvula-orifício” fluidamente associado ao cilindro de compressão integrado por pelo menos um orifício de sucção, pelo menos uma válvula de sucção de atuação cooperante ao seu respectivo orifício de sucção e pelo menos um elemento gerador de campo eletromagnético hábil de interagir seletivamente com a válvula de sucção. Adicionalmente, é ainda previsto, obviamente, pelo menos um motor elétrico cooperante ao referido pistão, pelo menos uma central eletrônica de processamento e pelo menos um sensor hábil de mensurar pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico.

[0017] O método de detecção de abertura indevida de válvula de sucção, por si só, destaca-se pelo fato de que a central eletrônica de processamento realiza o monitoramento de pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico por meio do sensor hábil de mensurar pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico, sendo a detecção de abertura indevida de válvula de sucção realizada a partir da detecção de pelo menos um pico da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico durante a energização do elemento gerador de campo eletromagnético.

Descrição Resumida dos Desenhos

[0018] As figuras 1A e 1B ilustram meros exemplos conceituais de parte de mecanismos de compressão de compressores alternativos de dupla ou múltipla sucção; e

[0019] A figura 2 ilustra um gráfico relacional entre o estado da válvula de sucção de alta pressão e a corrente elétrica do motor do compressor alternativo de dupla ou múltipla sucção.

Descrição Detalhada da Invenção

[0020] Conforme ilustrado na figura 1A, retirada do documento BRPI1001359, o atual estado da técnica compreende compressores de dupla ou múltipla sucção, o qual compreende um único mecanismo de compressão hábil de operar, de forma exclusiva, com uma dentre pelo menos duas linhas de sucção de diferentes pressões.

[0021] Assim, tal mecanismo de compressão compreende pelo menos dois conjuntos de sucção e integrados, cada um, por uma válvula de sucção de atuação cooperante ao seu respectivo orifício de sucção e pelo menos um conjunto de descarga.

[0022] No caso do documento BRPI1001359, ambos os conjuntos de sucção encontram-se dispostos em uma única placa-válvula pertencente ao mecanismo de compressão. No caso do documento BR1020140072594, ambos os conjuntos de sucção encontram-se dispostos em componentes distintos do mecanismo de compressão, conforme exemplificado na figura 1B, onde um dos conjuntos de sucção encontra-se disposto no cilindro de compressão do compressor alternativo, enquanto que o outro conjunto de sucção encontra-se disposto na placa-válvula do compressor alternativo.

[0023] Independentemente da localização física dos (assim chamados) conjuntos de sucção, nota-se que um destes é ainda integrado por um elemento gerador de campo eletromagnético hábil de auxiliar e/ou impedir a comutação do estado operacional da válvula de sucção, permitindo que a referida válvula de sucção possa ser eletronicamente acionada (pelo elemento gerador de campo eletromagnético) e/ou automaticamente acionada (pelo diferencial de pressão da câmara de compressão).

[0024] A válvula cujo conjunto de sucção é isento de qualquer tipo de elemento gerador de campo eletromagnético é normalmente denominada válvula automática

(ou “válvula de baixa” pressão), afinal, esta tem seu estado operacional alterado apenas em função do diferencial de pressão da câmara de compressão. A válvula cujo conjunto de sucção é integrado pelo elemento gerador de campo eletromagnético (bobina elétrica) é normalmente denominada válvula semi-comandada (ou “válvula de alta” pressão), afinal, esta tem seu estado operacional alterado de forma automática e/ou comandada.

[0025] Do ponto de vista funcional, e conforme detalhadamente descrito nos documentos BRPI1001359 e BR1020140072594, nota-se que a “válvula de baixa” e a “válvula de alta” operam de forma exclusiva, isto é, não operam simultaneamente.

[0026] Portanto, quando se deseja selecionar (trabalhar com) com a “válvula de alta”, basta não acionar o elemento gerador de campo eletromagnético. Nesta circunstância, a própria pressão da linha de sucção (alta pressão) mantém a “válvula de alta” e a aberta e, adicionalmente, a “válvula de baixa” fechada.

[0027] Por outro lado, quando se deseja selecionar (trabalhar com) a “válvula de baixa”, basta acionar o elemento gerador de campo eletromagnético. Nesta circunstância, o campo magnético gerado por este elemento faz com que a “válvula de alta” seja atraída de modo a obstruir seu orifício de sucção, bloqueando sua linha de sucção (alta pressão) e permitindo que a outra linha de sucção (baixa pressão) mantenha a “válvula de baixa” aberta em relação ao seu orifício de sucção.

[0028] No entanto, é possível que a pressão da linha de sucção (alta pressão) da “válvula de alta” seja maior do que a força de atração produzida pelo elemento gerador de campo eletromagnético. Neste caso, existe a possibilidade da “válvula de alta” abrir durante um ciclo de sucção de baixa pressão (quando se deseja trabalhar apenas com a “válvula de baixa”).

[0029] Este problema ou mau funcionamento – causado pela abertura indevida da “válvula de alta” – é extremamente nocivo à eficiência do compressor, além de prejudicar o conceito de dupla ou múltipla sucção, afinal, a abertura indevida da “válvula de alta” acaba por interromper indevidamente o funcionamento da “válvula de baixa”.

[0030] Assim, e tendo em vista a importância de verificar a abertura indevida

da “válvula de alta”, é apresentado o método objeto da invenção em questão, o qual tem por objetivo detectar a abertura indevida de válvula de sucção de compressor alternativo de múltipla sucção.

[0031] Preliminarmente, resta esclarecer que o método em questão é especialmente dedicado a compressões alternativas integrados por um mecanismo de compressão fundamentalmente composto por um cilindro de compressão, um pistão hábil de desempenhar movimentação linear alternativa no interior do cilindro, e pelo menos um conjunto “válvula-orifício” que, fluidamente associado ao cilindro de compressão, é integrado por pelo menos um orifício de sucção **11**, pelo menos uma válvula de sucção **12** de atuação cooperante ao seu respectivo orifício de sucção **11**, e um elemento gerador de campo eletromagnético **13** hábil de interagir seletivamente com a válvula de sucção **12**. Possíveis concretizações deste mecanismo de compressão são ilustradas nas figuras 1A e 2B.

[0032] Evidentemente, o referido compressor alternativo é ainda integrado por motor elétrico (não ilustrado) cooperante ao referido pistão e pelo menos uma central eletrônica de processamento (não ilustrada). Conforme anteriormente citado, o compressor alternativo hábil de “receber” o método ora revelado compreende um compressor já conhecido pelos técnicos versados no assunto.

[0033] Neste cenário, destaca-se a invenção em questão pelo fato de propor um método no qual é realizado o monitoramento de pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico por meio de pelo menos um sensor eletricamente conectado à central eletrônica de processamento, sendo que a detecção de abertura indevida de válvula de sucção **12** realizada a partir da detecção de pelo menos um pico da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico durante a energização do elemento gerador de campo eletromagnético **13**.

[0034] Neste sentido, vale enfatizar que o referido sensor hábil de mensurar pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico pode compreender, por exemplo, o próprio motor, um resistor shunt, um divisor resistivo de tensão, dentre outros sensores já conhecidos e, eventualmente, denominados “*sensorless*”.

[0035] De acordo com a invenção em questão, a grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico compreende a corrente elétrica que circula por pelo menos um dos enrolamentos do motor elétrico. Especificamente, a grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico compreende a potência elétrica do motor elétrico.

[0036] O método ora proposto é melhor verificado com base na figura 2.

[0037] Nesta figura observa-se que durante as voltas mecânicas da sucção de baixa pressão, formadas pelos ciclos de sucção e descarga **S1D1**, **S2D2**, **S3D3** a corrente do motor apresenta um determinado nível. Nessa condição a válvula está devidamente fechada. Ao ocorrer uma abertura indevida, indicada pelo distúrbio **d_ivs3** na corrente da bobina durante o ciclo de sucção **S3**, o gás da pressão de alta invade o cilindro e causa um aumento significativo na corrente do motor durante o ciclo de compressão **D3** indicado por **I_md3**.

[0038] A corrente durante esse ciclo de compressão é nitidamente superior a corrente dos ciclos de compressão anteriores **D1**, **D2** nos quais a válvula estava fechada. Esse aumento repentino da corrente durante o funcionamento da pressão de baixa pode ser usado como indicação de abertura indevida da válvula.

[0039] Ainda na figura, outras aberturas indevidas **d_ivs4**, **d_ivs5** ocorrem nos ciclos de sucção **S4**, **S5** e causam o aumento das correntes **I_md4**, **I_md5** durante os ciclos de descarga seguintes **D4**, **D5**.

[0040] Assim, verifica-se que o pico da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico ocorre no ciclo de compressão imediatamente após o ciclo de sucção em que ocorreu a abertura indevida da válvula.

[0041] A grandeza do motor elétrico monitorada compreende a velocidade quando ocorre a abertura indevida da válvula de sucção a velocidade do motor apresentará um pico (negativo).

[0042] A vantagem do método proposto em relação às técnicas já conhecidas – capazes de alcançar o mesmo resultado – é o fato de não necessitar de sensor adicional de corrente da bobina da válvula, visto que utiliza a corrente do motor para a mesma função.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de detecção de abertura indevida de válvula de sucção de compressor alternativo de múltipla sucção, o compressor alternativo compreendendo:

pelo menos um mecanismo de compressão compreendendo pelo menos um cilindro de compressão, pelo menos um pistão hábil de desempenhar movimentação linear alternativa no interior do cilindro, e pelo menos um conjunto “válvula-orifício” fluidamente associado ao cilindro de compressão integrado por pelo menos um orifício de sucção (11), pelo menos uma válvula de sucção (12) de atuação cooperante ao seu respectivo orifício de sucção (11), e pelo menos um elemento gerador de campo eletromagnético (13) hábil de interagir seletivamente com a válvula de sucção (12);

pelo menos um motor elétrico cooperante ao referido pistão;

pelo menos uma central eletrônica de processamento;

pelo menos um sensor hábil de mensurar pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico;

o método sendo especialmente **caracterizado** pelo fato de que:

a central eletrônica de processamento realizando o monitoramento de pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico por meio do sensor hábil de mensurar pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico;

a detecção de abertura indevida de válvula de sucção (12) sendo realizada a partir da detecção de pelo menos um pico da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico durante a energização do elemento gerador de campo eletromagnético (13).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico compreende a corrente elétrica que circula por pelo menos um dos enrolamentos do motor elétrico.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico compreende a

potência elétrica do motor elétrico.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a grandeza do motor elétrico monitorada compreende a velocidade quando ocorre a abertura indevida da válvula de sucção.

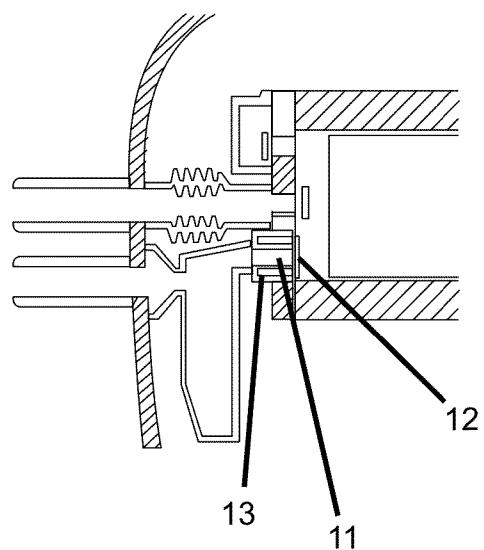


FIG. 1A

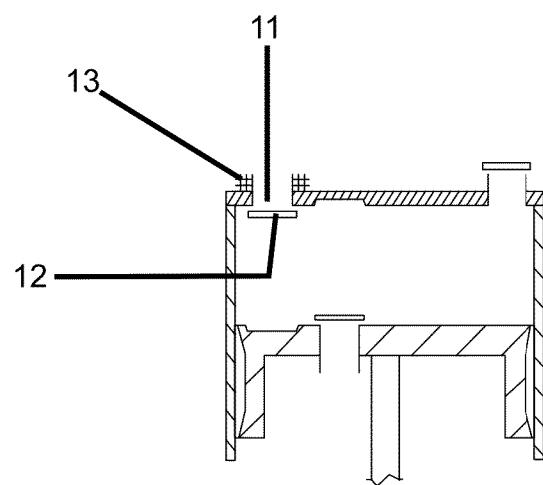
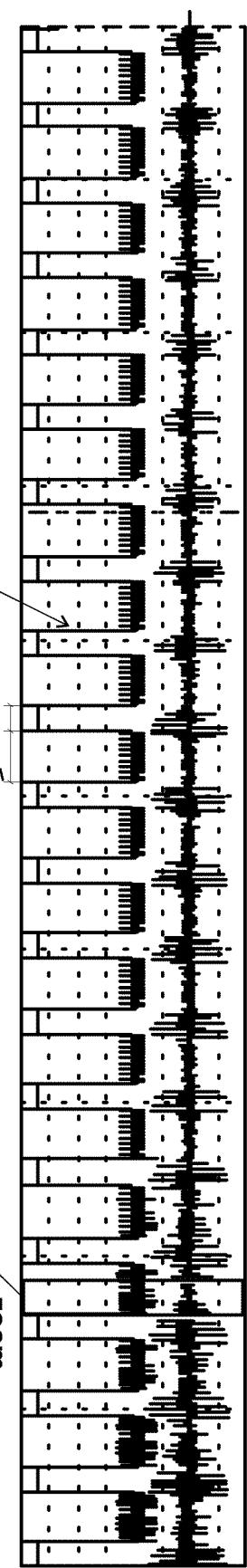


FIG. 1B

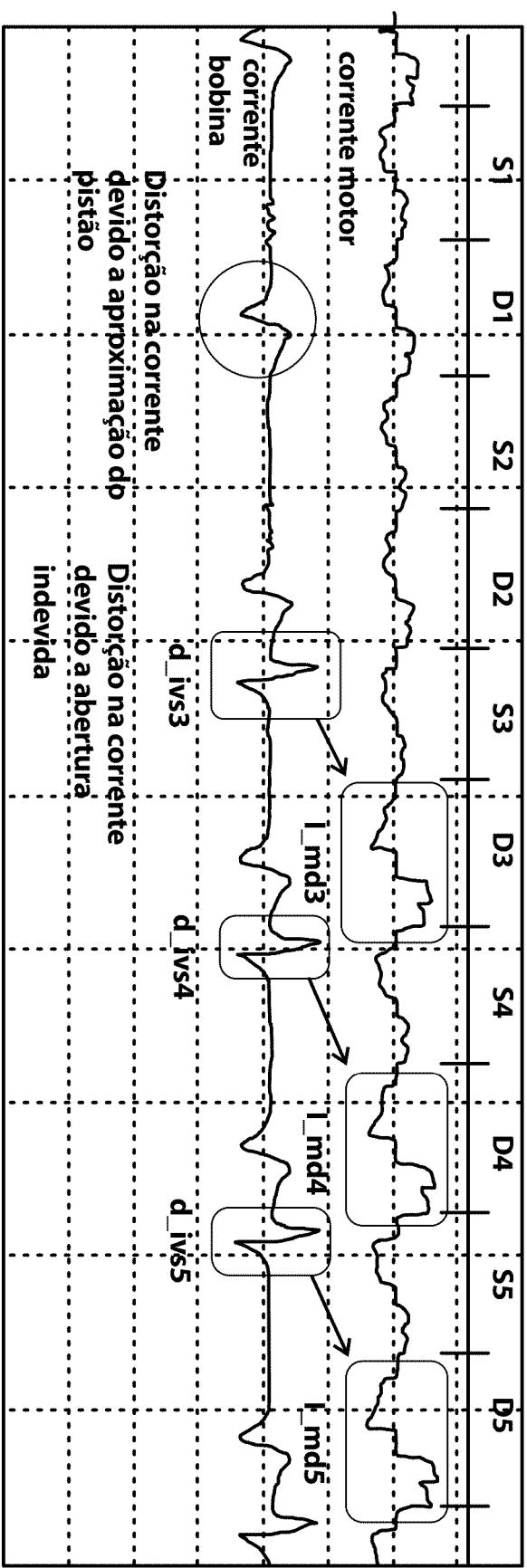


corrente na válvula
palheta

$Psuc_alta$

$Psuc_baixa$

zoom



RESUMO

Patente de Invenção: “**MÉTODO DE DETECCÃO DE ABERTURA INDEVIDA DE VÁLVULA DE SUCÇÃO DE COMPRESSOR ALTERNATIVO DE MÚLTIPLA SUCÇÃO**”

A presente invenção pertence ao campo tecnológico de compressores preferencialmente utilizados em sistemas de refrigeração.

Problema a ser resolvido: Dificuldade em detectar a abertura indevida da válvula de sucção de alta pressão em compressor alternativo de múltipla sucção, a qual diminui a eficiência do compressor e, em casos mais graves, interrompe o funcionamento da(s) linha(s) de baixa pressão.

Resolução do problema: Implementação de método que monitora pelo menos uma grandeza proporcional ao torque do motor elétrico, e com base na detecção de pelo menos um pico positivo da referida grandeza proporcional ao torque do referido motor elétrico, identifica e/ou detecta – em tempo real – a abertura indevida da válvula.