



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

(21) **PI 0613240-5 A2**

(22) Data de Depósito: 06/06/2006
(43) Data da Publicação: 04/12/2012
(RPI 2187)



(51) *Int.Cl.:*
H02P 29/00
H02P 6/00

(54) **Título:** APARELHO E MÉTODO E APARARELHO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR VARIÁVEL SILENCIOSO

(30) **Prioridade Unionista:** 06/06/2005 US 60/687.828

(73) **Titular(es):** LUTRON ELECTRONICS CO., INC.

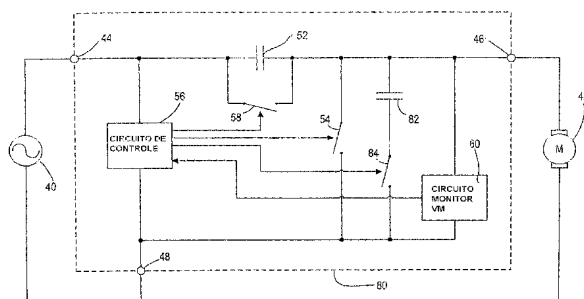
(72) **Inventor(es):** AARON DOBBINS, CHEN MING WU, JAMES P. STEINER, STUART DEJONGE

(74) **Procurador(es):** NASCIMENTO ADVOGADOS

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006021863 de 06/06/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2006/133154de 14/12/2006

(57) **Resumo:** APARELHO E MÉTODO E APARELHO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR VARIÁVEL SILENCIOSO. Aparelho para controlar a velocidade de um motor AC compreendendo um interruptor adaptado para ser acoplado em paralelo com terminais de energia para o motor AC; um condensador acoplado em série com a combinação paralela do interruptor e o motor; o condensador adaptado para prover um suprimento de voltagem AC a partir de uma fonte AC ao circuito paralelo compreendendo o motor e o interruptor; e um circuito de controle para controlar o tempo de condução do interruptor no sentido de alterar a velocidade do motor. O interruptor é preferivelmente de extensão de pulsos modulado à uma frequência em dobro da linha de frequência do suprimento de voltagem, e o interruptor é ligado quando a voltagem através do motor AC for zero volts. O aparelho é operado para prover para contínuo controle variável da velocidade do motor enquanto é minimizado o ruído acústico no motor.



RELATÓRIO**“APARELHO E MÉTODO E APARELHO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR VARIÁVEL SILENCIOSO”**

Este pedido reivindica prioridade do Pedido de Patente Provisional Norte-Americano No. 60/687.328, requerido em 06 de junho de 2005, tendo o mesmo

5 título do presente pedido de patente, a total revelação do qual é aqui incorporado por referência. A presente invenção refere-se à dispositivos de controle de carga para prover variável energia à cargas de corrente alternada (AC), por exemplo, cargas de motor, e mais particularmente, à motores de ventoinhas AC. Mais

10 particularmente, a invenção refere-se à um controle silencioso de controle de velocidade de ventoinha, que permita substancialmente a completa . Um problema com os controladores conhecidos pelo estado da técnica para motores de ventoinhas é que as técnicas que tenham sido usadas no passado tendo sérias desvantagens. Por exemplo, a maior variedade de controles de velocidade

15 da ventoinha são conhecidos. A Figura 1 mostra uma variedade de controles de velocidade de ventoinhas 10 nos quais um interruptor 12, tipicamente compreendendo um interruptor semicondutor bidirecional, como um triásido, sendo controlado por um circuito de controle 14 para alterar o ângulo da fase na qual o triásido inicia a condução, e assim provendo a alteração do controle da

20 velocidade. O controle da velocidade da ventoinha 10 é acoplado entre uma fonte de energia AC 16 e um motor de ventoinha 18. Como conhecido por um especialista no assunto, pelo controle do ângulo da fase na qual o triácido inicia a condução (ou seja, o tempo de condução do triácido de cada meio ciclo da fonte de energia AC), a quantidade de energia liberada ao motor da ventoinha e

25 à velocidade do motor da ventoinha poderá ser controlado. Apesar do controle de velocidade da ventoinha conhecido pelo estado da técnica 10 prover uma substancial variedade de controle de velocidade, um problema com este circuito existira, uma vez que quando o motor da ventoinha for controlado pela técnica do ângulo da fase, ruídos mecânicos e acústicos poderão ser gerados no motor da

30 ventoinha, que poderão ser irritantes e distrativos. A Figura 1B mostra as formas de onda da entrada AC da linha de voltagem 30C através do motor da ventoinha. Como poderá ser observado das formas de onda, a voltagem do motor de 30B tem grandes descontinuidades, o que poderá causar ruído e vibração para serem

gerados no motor da ventoinha. A Figura 1C mostra ainda formas de onda mostrando a linha de voltagem 32A e voltagens do motor 32B, 32C através do motor da ventoinha para as operações da próxima baixa velocidade e próxima alta velocidade nos graficos {a} e {b}, e a linha de voltagem 32A e as voltagens do motor 32D, 32E através do motor da ventoinha nos gráficos {c} e {d} para operações de próxima baixa velocidade e de próxima alta velocidade. As harmonias nas voltagens do motor 32D, 32E liberadas ao motor da ventoinha causam significativa quantidade de ruídos e vibração, e uma melhor solução é desejável. A Figura 1D mostra outra variação de controle de velocidade da ventoinha 20 conhecido pelo estado da técnica. Um condensador 24 é provido em série com o interruptor 22 e um condensador 25 sendo provido em série com o interruptor 23. Diferentes valores da capacitância em série com o motor da ventoinha induzem diferentes velocidades da ventoinha. Pelo controle dos interruptores 22, 23 para seletivamente inserirem e removerem os condensadores 24, 25 do circuito, uma pluralidade de discretas velocidades da ventoinha serão providas. Se o interruptor 21 da Figura 1D for condutivo, o motor da ventoinha 18 opera na plena velocidade. Se os interruptores 22, 23 ou combinações desses interruptores forem condutivos, dependendo da série das capacitâncias, o motor da ventoinha operará em determinada menor velocidade. De acordo com isso, com o circuito mostrado na Figura 1D, mais do que quatro diferentes discretas velocidades poderão ser obtidas. Entretanto, isto não permite a contínuo ou completo próximo do controle de velocidade variável. Adicionais condensadores e interruptores poderão ser providos para se obterem mais discretos níveis de velocidade, mas o circuito se torna desnecessariamente complexo, grande e oneroso e mais componentes serão adicionais. Um exemplo desse tipo de controle é descrito na Patente Norte-Americana No. 4.992.709 concedida em 12 de fevereiro de 1991, intitulada "CIRCUITO DE COMUTAÇÃO PROVENDO AJUSTE CAPACITIVO EM SÉRIE PELA QUEDA DO CIRCUITO DE VOLTAGEM COM UM FRACIONADO CAVALO-MOTOR", cuja integral revelação é incorporado à presente invenção por referência. Todavia, o sistema mostrado na Figura 1D provê um controle de velocidade da ventoinha silenciosa. A Figura 1E mostra as formas de onda da linha de voltagem 34A, a voltagem do motor 34B, e a corrente do motor 34C para o controle de velocidade da

ventoinha conhecido pelo estado da técnica 20 da Figura 1D. Como se pode observar as forma de onda são razoavelmente contínua e suave, não tendo as descontinuidades mostrados na Figura 1A. Uma vez que os interruptores 21, 22, 23 estão ligados ou desligados, e não operados de acordo com a técnica de

5 corte do controle da velocidade da ventoinha 10 da Figura 1A, as formas de onda não exibindo descontinuidades. A Figura 1F mostra ainda formas de onda da linha de voltagem 36A e as correntes do motor 36B, 36C, 36E através do motor da ventoinha nos gráficos {c} e {d} para operações próximas de baixa e alta velocidades. Apesar deste sistema conhecido pelo estado da técnica prover um

10 controle de velocidade da ventoinha silencioso, ele apresenta desvantagens uma vez que as velocidades não estão habilitadas para serem continuamente controladas ou completamente alteradas ou mesmo próximas de uma completa variação. De acordo com isso, uma mais satisfatória solução, que provê as vantagem de silencioso controle de velocidade da ventoinha, bem como uma

15 próxima completa alteração do controle da velocidade, será desejável. A presente invenção provê um aparelho para controlar a velocidade de um motor AC para ser direcionado a partir de um suprimento de voltagem de uma fonte AC, compreendendo um condensador em série adaptado para ser acoplado em série entre a fonte AC e o motor AC, um interruptor derivado ou secundário

20 adaptado para ser acoplado em conexão elétrica paralela através do motor AC, e um circuito de controle para controlar o tempo de condução do interruptor. A velocidade do motor é controlada na dependência do tempo da condução do interruptor derivado. De acordo com uma preferida incorporação da presente invenção, o circuito de controle é operado para gerar um sinal de pulso de

25 extensão modulada tendo um variado ciclo devido para alterar a velocidade do motor. De acordo com outra incorporação, o aparelho compreende um interruptor secundário acoplado em conexão elétrica paralela através do interruptor secundário do condensador em série para alcançar substancial completa operação da velocidade do motor AC. A invenção ainda provê um método para

30 controlar a velocidade de um motor AC direcionado a partir de um suprimento de voltagem AC de uma fonte AC, compreendendo as etapas de acoplamento de um primeiro interruptor em conexão elétrica derivada através do motor AC, o interruptor tendo uma entrada de controle para controlar o tempo de condução

do primeiro interruptor, e controlando no tempo de condução do interruptor para alterar a velocidade do motor. A velocidade do motor é controlada na dependência do tempo da condução do interruptor derivado. De acordo com uma preferida incorporação, a etapa de controle compreende a geração de um sinal de pulso de dimensão modulada tendo um variado ciclo devido para alterar a velocidade do motor. De acordo com as etapas de acoplamento de um segundo interruptor em conexão elétrica paralela com o primeiro condensador, e fechando o segundo interruptor para derivar o primeiro condensador para alcançar substancial completa operação de controle do motor. Outras vantagens e características da presente invenção, se tornarão aparentes fazendo-se referência à descrição dos desenhos apresentados em anexo, em caráter exemplificativo e não limitativo, nos quais:

5

10

15

20

25

30

- A Figura 1A mostra um controle de velocidade da ventoinha variável conhecido pelo estado da técnica;

- A Figura 1B mostra as formas de onda para o circuito da Figura 1A;

- A Figura 1C mostra ainda as formas de onda para o circuito da Figura 1A;

- A Figura 1D mostra outro controle de velocidade da ventoinha conhecido pelo estado da técnica;

- A Figura 1E mostra as formas de onda para o circuito da Figura 1D;

- A Figura 1F mostra ainda as formas de onda para o circuito da Figura 1D;

- A Figura 2 mostra um diagrama de circuito simplificado de um circuito da presente invenção para prover um contínuo controle silencioso da velocidade da ventoinha;

- A Figura 3A é um simplificado diagrama de bloco de um circuito de controle do circuito da Figura 2;

- A Figura 3B mostra um mapa de fluxo do procedimento de um microprocessador do circuito de controle da Figura 3A;

- A Figura 4 mostra as formas de onda no circuito da Figura 2;

- A Figura 5A é um diagrama de circuito explanando a operação do circuito da Figura 2 quando o interruptor estiver desligado;

- A Figura 5B é ainda um diagrama para assistir e explicar a operação do circuito da Figura 2 quando o interruptor estiver ligado;

- A Figura 6A mostra uma forma de onda da voltagem do motor do circuito da Figura 2;

- A Figura 6A mostra uma forma de onda da voltagem do motor do circuito da Figura 2;

5 - A Figura 6B mostra um gráfico das medições de som ou ruído tomadas de um motor da ventoinha operado pelo controle de velocidade da ventoinha da presente invenção da Figura 2, o controle de velocidade da ventoinha conhecido pelo estado da técnica da Figura 1A, e o controle de velocidade da ventoinha conhecido pelo estado da técnica da Figura 1D;

10 - A Figura 6C mostra os valores numéricos das medições do nível de ruído do gráfico da Figura 6B;

- A Figura 7 mostra ainda formas de onda do circuito da Figura 2;

- A Figura 8 mostra um simplificado diagrama de circuito de uma segunda incorporação de um circuito de acordo com a presente invenção;

15 - A Figura 9 mostra um simplificado diagrama de circuito de uma terceira incorporação de um circuito de acordo com a presente invenção; e

- A Figura 10 mostra um gráfico do modo de operação do controle de velocidade da ventoinha da Figura 9, versus a desejada velocidade do motor da ventoinha.

O sumário acima descrito, bem como a seguinte detalhada descrição das preferidas incorporações, serão melhor compreendidas em conjunto com os desenhos anexos. Para a finalidade de ilustração da invenção, será mostrado nos desenhos uma incorporação preferida, na qual números iguais representam similares partes completas de várias vistas dos desenhos, entendendo-se que a invenção não está limitada aos específicos métodos e instrumentação revelada.

20 Voltando à Figura 2, ela mostra um simplificado diagrama de bloco de um contínuo controle de velocidade da ventoinha variável 50 de acordo com a presente invenção. O controle de velocidade da ventoinha 50 tem um terminal quente 44, que é acoplado à uma fonte de energia AC 40, e um terminal de carga 46, que é conectado a um motor da ventoinha 42. O motor da ventoinha 42

30 poderá ser um motor com escova ou um motor sem escova, apesar de tipicamente, deverá ser um motor síncrono sem escova ou um motor de indução. O controle de velocidade da ventoinha 50 ainda inclui um terminal neutro 48 que é conectado tanto na fonte de energia AC como no motor da ventoinha 42. A

fonte de energia 40 provê energia através de um condensador em série 52 ao motor da ventoinha 42. O condensador em série 52, preferivelmente tem uma capacitância de 18 μ F. Combinado através do motor da ventoinha 42 está um interruptor secundário 54 que poderá ser um dispositivo semicondutor apropriado, por exemplo, dois transistores anti-séries com efeito de campo conectados, por exemplo, dois transistores anti-séries com efeito de campo conectados (FETs), funcionando como um interruptor bidirecional, ou um único FET em uma ponte retificadora, também funcionando como um interruptor bidirecional. Um circuito de controle 56 controla o tempo de condução do interruptor 54 pelo provimento de um sinal pulsado à porta do interruptor 54. Em particular, o interruptor 54 é direcionado por um sinal de pulso de dimensão modulada (PWM) para controlar o tempo de condução. Quando o interruptor 54 for condutivo, o motor da ventoinha 42 é essencialmente encurtado, de modo que não haja substancialmente nenhuma voltagem através do motor da ventoinha. Quando o interruptor for não condutivo, uma parte do suprimento de voltagem é provido ao motor da ventoinha 42 através do condensador 52. O efeito é para alterar a energia provida ao motor da ventoinha 43 dependendo do tempo de condução do interruptor 54. Quando o interruptor 54 estiver em continuidade, nenhuma energia será liberada para o motor da ventoinha 43 e a velocidade será diminuída ou o motor da ventoinha permanecerá paralisado. Quando o tempo de condução do interruptor 54 for diminuído a velocidade da ventoinha será diminuída. Quando o interruptor 54 estiver não condutivo todas as vezes, isto é, durante o inteiro ciclo da linha AC, o motor da ventoinha alcança sua máxima velocidade quanto permitida através do condensador conectado em série 52. No sentido de alcançar a completa operação de velocidade, um interruptor derivado 58 é opcionalmente provido em paralelo com o condensador 52 para derivar o condensador e assim aplicar o completo fornecimento de voltagem ao motor da ventoinha 42. O interruptor derivado opcional 58 é também controlado pelo circuito de controle 56. Além disso, como abaixo explanado, em função da comutação ocorrer quando a voltagem do motor for zero e as descontinuidades na corrente do motor forem reduzidas, a invenção provê um controle silencioso da velocidade da ventoinha. A invenção não tem nenhuma desvantagem com relação dos circuitos de velocidade conhecidos pelo estado

da técnica estabelecidos no circuito conhecido pelo estado da técnica da Figura 1D. No sentido de reduzir o ruído acústico, foi determinado ser preferível fechar o interruptor 54 quando a voltagem do motor V_M através do motor da ventoinha for substancialmente zero. A voltagem V_M através do motor da ventoinha é

5 monitorado por um circuito monitor V_M 60. O circuito monitor V_M 60 é preferencialmente implementado como um circuito de detecção do cruzamento-zero de zero que identifica se os cruzamentos zero da voltagem do motor V_M . Um cruzamento zero é definido como o tempo quando as transições da voltagem do motor através de zero, isto é, quando a voltagem do motor muda de um valor

10 positivo para zero ou de um valor negativo para zero, por exemplo, cruzamento zero 61A na Figura 4. O circuito monitor V_M 60 provê um sinal representativo dos cruzamentos zero da voltagem do motor V_M ao circuito de controle 56. O estado ocioso do sinal de saída do circuito monitor V_M é um nível alto lógico. Quando um cruzamento zero ocorrer, o circuito monitor V_M brevemente pulsará o sinal de

15 saída à um nível baixo lógico. Quando a voltagem do motor V_M for zero (ou seja, um cruzamento zero tenha sido detectado), o interruptor secundário 54 é fechado. Isto é feito para ter o efeito de redução das forças Lorentz que agem para que o motor da ventoinha venha a vibrar e causar ruído acústico. Além disso, o fechamento do interruptor secundário 54 provê um caminho para a

20 corrente do motor circular, e assim reduzindo quaisquer descontinuidades na corrente do motor e ajudando a minimizar as forças magnéticas que contribuem para a operação de ruído e vibração. Foi também determinado que uma adequada frequência para o sinal de pulso de dimensão modulada é o dobro da linha de frequência da fonte de voltagem AC. De acordo com isto, para uma

25 frequência principal AC hertz 60, a frequência do sinal de pulso de dimensão modulada é preferencialmente 120 Hz. A Figura 3A é um simplificado diagrama de bloco do circuito de controle 56 do circuito da Figura 2. O circuito de controle inclui um fecho 56A tendo duas ativas baixas entradas (isto é, uma entrada SET e uma entrada RESET) e uma saída. A saída do fecho 56A provê o sinal de

30 controle para o interruptor secundário 54. A entrada SET do fecho 56A é recebida a partir de um circuito monitor V_M 60 e controla o acionamento do interruptor secundário 54. Um microprocessador 56B recebe a saída do fecho 56A e provê um sinal de controle para a entrada RESET do fecho 56 A no

sentido de controlar o desligamento do interruptor secundário 54. O microprocessador 56B também inclui uma saída para o controle do interruptor derivado 58. O microprocessador 56B poderá ser qualquer dispositivo apropriado, como um dispositivo lógico programável (PLD), um micro-

5 controlador, um circuito integrado de específica aplicação (ASIC). Além disso, o microprocessador 56B recebe uma desejada velocidade de entrada da ventoinha 56C, que o microprocessador usa para determinar o comprimento do interruptor secundário em tempo 54. A desejada entrada da velocidade da ventoinha 56C poderá ser recebida a partir da interface do usuário do controle de velocidade da

10 ventoinha compreendendo um ou mais acionadores para permitir ao usuário ajustar a velocidade da ventoinha. A desejada entrada da velocidade da ventoinha 56C poderá também ser recebida a partir de um circuito de comunicação que permita ao controle de velocidade da ventoinha 50 receber sinal representativo de uma desejada velocidade da ventoinha a partir de outros

15 dispositivos em um sistema de controle. O circuito de comunicação poderá ser acoplado a um link de comunicação, como um link de comunicação conectado, um link de comunicação condutor de linha de energia (PLC), ou um link de comunicação sem fio, como uma infra-vermelho (IF) ou um link de comunicação de frequência de rádio (RF). UM exemplo do referido sistema de controle será

20 descrito com maiores detalhes no Pedido de Patente Norte-Americano requerido no mesmo dia do presente pedido, objeto da prioridade reivindicada intitulado SISTEMA PARA O CONTROLE DE LUZES E MOTORES, cuja integral revelação é incorporada ao presente pedido por referência. O circuito de controle 56 ainda compreende uma fonte de energia 56D para gerar uma

25 voltagem para energizar o fecho 56A, o microprocessador m56B, e um outro circuito de baixa voltagem do controle de velocidade da ventoinha 50. A fonte de energia 56D é acopiada entre o terminal quente 44 e o terminal neutro 48 do controle de velocidade da ventoinha 50. Para produzir o sinal PWM para controlar o interruptor secundário 54, o fecho 56A recebe as entradas do circuito do monitor V_M 60 e do microprocessador 56B. Preferivelmente, o circuito de

30 controle 56 direciona o interruptor secundário 54 na condução nos cruzamentos zero da voltagem do motor V_M . Especificamente, quando o fecho 56A recebe um baixo pulso (ou seja, aproximadamente zero volts) no sinal do circuito do monitor

V_M 60 na entrada SET, o fecho pressionará a saída até o alto nível lógico (ou seja, V_{CC}) , e assim, direcionando o interruptor secundário na condução. Dependendo da desejada entrada de velocidade da ventoinha 56C, o microprocessador reterá a saída para a entrada RESET do alto fecho 56A (ou seja na V_{CC}O) por um período de tempo antes do direcionamento da baixa entrada RESET (isto é, aproximadamente zero volts). Assim, o fecho 56A direcionará da saída do interruptor secundário 54 baixo causando ao interruptor secundário paralisar a condução. A Figura 3B é um mapa de fluxo do procedimento de controle 300 do microprocessador 56A para controlar a velocidade da ventoinha. A desejada entrada da velocidade da ventoinha 56C é provida ao procedimento de controle 300 na entrada 302. Na etapa 304, se a desejada entrada da velocidade 302 for a plena velocidade, o interruptor derivado 58 é fechado na etapa 306 e o procedimento será processado até as desejadas mudanças da velocidade. Se a desejada entrada da velocidade da ventoinha 302 não for a velocidade plena na etapa 304, o interruptor derivado será determinado baseado na desejada entrada da velocidade da ventoinha 302. A determinação da etapa t_{ON} em tempo 310 poderá simplesmente ser computada por uma função linear, por exemplo, t_{ON} = (1-DFS)/f_{PWM}, onde DFS é a velocidade da ventoinha desejada como um percentual entre 0% e 100% e f_{PWM} é a frequência do sinal PWM (ou seja, 120Hz). Na etapa 312, o microprocessador 56A aguarda até a saída da transições do fecho 56A à partir de um nível lógico baixo para um nível lógico alto. Quando a saída do fecho 56A na entrada 314 for alta, o interruptor secundário 54 é fechado. Na etapa 316, o microprocessador 56B aguarda para o comprimento da t_{ON} em tempo determinado na etapa 310. Então, o fecho 56A é reativado pelo direcionamento da entrada RESET do fecho 56A na etapa 318. De acordo com isso, a saída do fecho 56A transitará à um nível baixo lógico, abrindo o interruptor secundário 54. Finalmente, o procedimento é processado em torno para ver se a desejada velocidade da ventoinha foi alterada na etapa 302. Enquanto o circuito de controle 56 inclui o fecho 56A como um dispositivo hardware (ferramental)(como mostrado na Figura 3A), a funcionalidade do fecho 56A poderá alternativamente ser implementada completamente pelo software do microprocessador 56B. Por exemplo, o microprocessador 56B poderá receber o sinal a partir do circuito do

motor V_M 60 r diretamente controlar o interruptor 54 em resposta ao sinal a partir do circuito do monitor V_M 60. A Figura 4 é um diagrama das formas de onda do circuito da Figura 2, mostrando a linha de voltagem 62A, a voltagem do motor 62B e a corrente do motor 62C são não-sinusoidal, o interruptor 54 se conecta

5 quando a voltagem do motor for zero e a corrente do motor é substancialmente continua. Como mostrado na Figura 4, o interruptor 54 é operado na dobro da frequência da linha de voltagem 62A. A Figura 6A mostra ainda detalhes da voltagem do motor 62B no circuito da Figura 2. O tempo ΔT durante o qual o interruptor 54 sendo conduzido é mostrado. Quando o interruptor é não

10 condutivo, a voltagem é aplicada ao motor da ventoinha 42. O raio do período de tempo ΔT ao período da voltagem do motor representa o ciclo devido do sinal PWM. Na Figura 6A, é algo inferior à 50%. O ciclo devido é alterado entre 0% e 100% no sentido de controlar a velocidade da ventoinha. Em 0% o motor da ventoinha está na plena velocidade como determinado pela capacitância em

15 série 52. Em 100% o motor da voltagem está paralisada. A Figura 5A mostra um diagrama de circuito equivalente quando o interruptor estiver desligado mostrando que uma corrente 64 flui através da fonte de voltagem AC 40 através do condensador 52 e através do motor da ventoinha indutivo 42. O motor da ventoinha 42 é mostrado modelado com um indutor L_M em série com um resistor

20 R_M . A Figura 5B mostra o circuito equivalente quando o interruptor 54 é acionado. Uma corrente 66 através do condensador circula no procedimento compreendendo o condensador 52, o interruptor 54, e a fonte de voltagem AC 40. Uma corrente indutiva 68 continua a circular através do motor da ventoinha que flui fechando o interruptor como mostrado na Figura 5B. Como mostrado na

25 Figura 4, quando o interruptor 54 é acionado, a corrente indutiva 68 no motor da ventoinha 42 começa a diminuir e então inverte a polaridade e começa a aumentar a uma taxa decrescente até o interruptor ser novamente desligado. Como mostrado na Figura 4, o interruptor 54 pe acionado quando a voltagem do motor através do motor da ventoinha for zero volts, ou seja, na voltagem

30 negativa indo no cruzamento zero 61A e na positiva indo no cruzamento zero 61B. O valor do interruptor em tempo ΔT , como mostrado na Figura 6A, controla a velocidade da ventoinha. O maior ΔT em tempo é a inferior velocidade. Como mostrado na Figura 5B, quando o interruptor estiver fechado, a corrente 68

circula através do motor da ventoinha. Assim, o controle da velocidade da ventoinha 50 provê contínua variação, silencioso controle do motor da ventoinha 42. A Figura 6B mostra um gráfico da mediação do som tomada em proximidade de um motor da ventoinha usando o controle da velocidade da ventoinha 20 da

5 Figura 2D. O motor da ventoinha foi operado em diferentes níveis RPM (rotações por minuto) para cada controle da velocidade da ventoinha e as medições de som foram gravadas. Todos os testes foram realizados usando o mesmo motor da ventoinha com um nível de ruído ambiente de 17dBA. Os valores numéricos das medições de som da Figura 6B são mostrados na Figura 6C. Como

10 mostrado no gráfico da Figura 6B, o controle de velocidade da ventoinha 50 oferece uma silenciosa operação que é que é muito similar ao nível de ruído produzido pelo controle de velocidade da ventoinha conhecido pelo estado da técnica 20. Ao contrário, o controle de velocidade da ventoinha 50 provê contínua variação do controle de velocidade da ventoinha, enquanto o controle

15 de velocidade da ventoinha 20 conhecido pelo estado da técnica 20 não provê contínua variação da operação do motor da ventoinha. Além disso, a contínua variação do controle de velocidade da ventoinha 50 provê aperfeiçoada operação com relação ao nível de ruído produzido em comparação ao controle de velocidade conhecido pelo estado da técnica 10. A Figura 7 mostra adicionais

20 formas de onda do circuito da Figura 2. Em particular, a linha de voltagem 70A e a corrente do motor 70B através do motor da ventoinha para a próxima baixa operação de velocidade é mostrada no gráfico {a}. A linha de voltagem 70A e a corrente do motor 70C através do motor da ventoinha próximo da alta velocidade é mostrada no gráfico {b}. A linha de voltagem 70A e a voltagem do motor 70D

25 através da voltagem do motor 70E através do motor da ventoinha para a próxima operação de alta velocidade no gráfico {d}. Com relação à Figura 2, o interruptor secundário 54, o interruptor derivado, e o condensador 52, bem como o circuito de controle 56, poderão ser contidos dentro de controle montado em uma parede localizada em uma caixa de junção. Uma vez que a linha neutra está presente, a

30 fonte de energia para o circuito de controle 56 operando o interruptor secundário 54 e o interruptor derivado 58 que poderão ser operados com energia desenvolvida a partir do potencial através das linhas neutras e quentes. Frequentemente, um motor da ventoinha tem problema quando é acionado o

motor da ventoinha é ligado em uma muito baixa velocidade. Para superar este problema quando se aciona o motor da ventoinha 42 e quando a desejada velocidade for baixa, o circuito de controle 56 inicialmente “a partida repentina”, o motor da ventoinha 42 sendo direcionado pelo motor da ventoinha 42 na máxima velocidade pela abertura do interruptor secundário 52 para um predeterminado período de tempo. Após este período de tempo, o motor da ventoinha 42 é operado à uma aceitável velocidade e o circuito de controle 56 e então operando o interruptor secundário 52 com o sinal PWM e direcionando o motor da ventoinha na desejada inferior velocidade. Alternativamente, o circuito de controle 56 poderá fechar o interruptor derivado 58 para prover o completo suprimento de voltagem ao motor da ventoinha por predeterminado período de tempo, abrindo o interruptor derivado 58 e direcionando o motor da ventoinha para a desejada inferior velocidade. A Figura 8 mostra um simplificado diagrama de circuito de um controle de velocidade da ventoinha 80 de acordo com uma segunda incorporação da presente invenção. O controle de velocidade da ventoinha 180 inclui um condensador 82 em paralelo com o interruptor secundário 54. Um interruptor derivado 84 é conectado em série com o condensador 82 e sendo controlado por um circuito de controle 86 para seletivamente remover o condensador 82 do circuito do controle da velocidade 80. O condensador 82 preferivelmente tem uma capacitância de $4.7\mu\text{F}$. Quando o interruptor 84 estiver aberto, o controle da velocidade da ventoinha 80 opera da mesma maneira que o controle da velocidade da ventoinha 50 da Figura 2. Entretanto, quando o interruptor 84 estiver fechado, o condensador é conectado em paralelo com o motor da ventoinha 42 provendo um caminho parra a corrente de alta frequência fluir para a neutra. O condensador 82 age como um filtro pela eliminação dos componentes da alta frequência na voltagem do motor através do motor da ventoinha 42, que ainda reduz o ruído audível criado pelo motor da ventoinha. Se a plena velocidade do motor da ventoinha 42 for a desejada, o interruptor 58 é fechado para derivar o condensador 52, e o interruptor 84 será aberto para remover o condensador do circuito do controle da velocidade da ventoinha 80. Uma vez que alguma corrente fluirá através do condensador 82 quando o interruptor 84 tiver fechado, o motor da ventoinha 42 não poderá correr na máxima velocidade possível. Assim, o interruptor 84 é aberto quando a

máxima velocidade da ventoinha é a desejada. A Figura 9 mostra um simplificado diagrama de circuito de um controle da velocidade da ventoinha 90 de acordo com uma terceira incorporação da presente invenção. O controle da velocidade da ventoinha 90 inclui um condensador conectado à rede 91 em série com os terminais 44, 46. A rede do condensador do interruptor 91 compreende uma pluralidade de interruptores 92, 93, 94, 95, cada um separadamente controlado por um circuito de controle 99. Três dos interruptores 93, 94, 95 são cada um conectados em série com um dos três condensadores 96, 97, 98 respectivamente. O controle de velocidade da ventoinha 90 oferece três diferentes modos de operação para direcionar o motor da ventoinha 42. O primeiro modo de operação (referido doravante como modo "120Hz AC macho") funções de maneira similar do controle de velocidade da ventoinha 80 da Figura 8. Neste modo, um dos interruptores da rede do condensador conectado 91 (por exemplo, o interruptor 93) é constantemente fechado de modo que um condensador em série (por exemplo, o condensador 96) esteja em série com os terminais 44, 46. Enquanto o circuito de controle 99 mantém o interruptor 84 fechado, o circuito de controle 99 mantém o interruptor 84 fechado, o circuito de controle 99 provê um sinal de pulso de dimensão modulada, preferivelmente na frequência de aproximadamente 120Hz, para controlar o interruptor secundário 54 e a velocidade do motor da ventoinha 42. Para prover a plena voltagem AC ao motor da ventoinha 42, o circuito de controle 99 causa o fechamento do interruptor 82 e a abertura do interruptor 84. O segundo modo de operação (referido doravante como modo de "comutação do condensador estatístico") funciona de maneira similar ao controle de velocidade da ventoinha 20 da Figura 1D conhecido pelo estado da técnica. Neste modo, o interruptor secundário 54 e o interruptor 84 permanece aberto os interruptores 93, 94, 95 são seletivamente abertos ou fechados para prover etapas discretas na velocidade do motor da ventoinha 42. Além disso, o controle de velocidade da ventoinha 90 é operado para cursar em um terceiro modo de operação. Neste modo, o interruptores 84, 93, 94, 95 são mantidos no estado aberto e os interruptores 54 e 92 são ativamente controlados pelos dois sinais PWM. Os interruptores são alterados entre os estados não condutivo e condutivo de maneira complementar de modo que quando o interruptor estiver ligado, o interruptor 92 estará desligado, e vice

versa. Deste modo, o motor da ventoinha 42 é conectado à fonte de voltagem AC 40 ou é encurtado permitindo a corrente através do motor da ventoinha 42 para fluir através do interruptor. Este modo de operação em maiores detalhes na Patente Norte-Americana No. 6.909.258 concedida em 21 de junho de 2005,

5 intitulada DISPOSITIVO CIRCUITO PARA DIRECIONAR UMA CARGA ELÉTRICA AC, cuja integral revelação é à presente por referência. Em uma preferida incorporação da presente invenção, o controle de velocidade da ventoinha 90 é operado para alternativamente se conectar entre os modos de operação para prover contínua variação, operação silenciosa da velocidade da

10 ventoinha. O primeiro modo de operação (isto é, modo macho 120Hz AC) oferece uma contínua variedade da velocidade do motor da ventoinha. Entretanto, alguns motores de ventoinha comercialmente viáveis não são tão silenciosos como desejado quando usar o primeiro modo de operação nas mais altas velocidades. O segundo modo de operação (ou seja, o modo de comutação

15 do condensador estatístico) permite uma muito silenciosa operação nas mais altas velocidades, mas está limitado em função do controle não ser continuamente alterado. Entretanto, uma pessoa não verá tipicamente a diferença entre as etapas discretas nas velocidades de um motor da ventoinha quando o motor da ventoinha for operado nas mais altas velocidades. O contínuo

20 controle variável é mais desejado como uma característica do controle de velocidade da ventoinha 90 quando o motor da ventoinha estiver operando nas baixas velocidades e as mudanças são tipicamente mais perceptíveis pelo olho humano. Assim, um preferido método de operação do controle de velocidade da ventoinha 90 é para usar o primeiro modo de operação (ou seja, um modo

25 macho 120Hz AC) quando o motor da ventoinha estiver operando em baixas velocidades (aproximadamente abaixo de 40% da máxima velocidade da ventoinha), e o segundo modo de operação (ou seja, o modo de comutação do condensador estatístico) quando o motor da ventoinha estiver operando em altas velocidades (acima de aproximadamente 40% da máxima velocidade da

30 ventoinha) como mostrado na Figura 10. O circuito de controle 99 é operado para determinar a desejada velocidade da ventoinha causando o controle da velocidade da ventoinha 90 para se conectar entre os modos de operação. Na Figura 10, o valor limiar para as mudanças dos modos de operação é de

aproximadamente 40% da máxima velocidade da ventoinha, e alguma histerese é provida. Face à ampla variação nas características dos motores da ventoinha, o valor linear para as mudanças de operação sendo preferivelmente operado para ser alterado por um interface do usuário do controle de velocidade da ventoinha 90 para determinar a velocidade linear ideal para a específica aplicação. Enquanto a presente invenção foi descrita para controlar um motor da ventoinha, o dispositivo de controle da carga de presente invenção poderá ser usado para controlar qualquer tipo de motor ou outro tipo de carga, como uma lâmpada incandescente. Apesar da presente invenção ter sido descrito em relação a particulares incorporações da mesma, muitas outras variações e modificações e outros usos se tornarão aparentes para um especialista no assunto. Assim sendo, a presente invenção não deverá ser limitada às revelações aqui trazidas, mas somente pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. **“APARELHO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR AC À PARTIR DE UMA VOLTAGEM AC DE UMA FONTE AC”**, caracterizado por compreender:

- 5 - um condensador em série adaptado para ser acoplado em série por conexão elétrica entre a fonte AC e o motor;
- um interruptor derivado para ser acoplado em uma conexão elétrica derivada através do motor AC, o interruptor tendo uma entrada de controle; e
- um circuito de controle acoplado à entrada de controle para controlar a
- 10 condução do tempo do interruptor derivado; pelo qual a velocidade do motor é controlada na dependência na condução do tempo do interruptor derivado, onde o interruptor derivado é fechado quando a voltagem através do motor AC estiver em uma interseção zero.
- 2. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o
- 15 circuito de controle ser operado para gerar um sinal modulado de largura impulsionada para controlar a condução do tempo do interruptor derivado, o sinal modulado de largura impulsionada tendo um ciclo devido variável para regular a velocidade do motor.
- 3. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o ciclo
- 20 devido variável ser continuamente variável.
- 4. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o ciclo devido variável ser discretamente variável.
- 5. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o
- 25 circuito de controle ser operado quando acionar o motor para abrir o interruptor derivado para um determinado período de tempo antes de controlar o interruptor derivado com o sinal modulado de largura impulsionada.
- 6. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por ainda
- 30 compreender um interruptor derivado acoplado em conexão elétrica paralela através do condensador em série para derivar o condensador em série de modo a atingir substancial completa velocidade de operação do motor, no qual o circuito de controle é operado quando se acionar o motor para fechar o interruptor derivado por um determinado período de tempo antes da abertura

do interruptor derivado e controlando o interruptor derivado com o sinal modulado da largura impulsionada.

7. “**APARELHO**”, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por ainda compreender:

- 5 - uma primeira série de interruptores acoplados em série por conexão elétrica com o condensador em série, a primeira série de interruptores tendo uma entrada de controle;
- uma segunda série de interruptores adaptados para serem acoplados em série por conexão elétrica entre a fonte AC e o motor AC; e
- 10 - uma segunda série de interruptores acoplados em série por conexão elétrica com o segundo conversor em série, a segunda série de interruptores tendo uma entrada de controle, no qual o circuito de controle é operado para manter o interruptor derivado não condutivo enquanto discretamente controlar a primeira série de interruptores e a segunda série de interruptores, de modo que a
- 15 velocidade do motor seja discretamente controlada na dependência nos estados de condução da primeira série de interruptores e a segunda série de interruptores.

8. “**APARELHO**”, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por o

20 circuito de controle ser operado para controlar o interruptor derivado com o sinal modulado de largura impulsionada quando uma desejada velocidade do motor estiver acima de um determinado tempo limiar e para discretamente controlar a primeira série de interruptores e a segunda série de interruptores quando a velocidade do motor estiver abaixo do determinado tempo limiar.

9. “**APARELHO**”, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o

25 circuito de controle controlar a condução do tempo do interruptor derivado em uma frequência dependente na linha de frequência da fonte de voltagem AC.

10. “**APARELHO**”, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por o

30 circuito de controle controlar a condução do tempo do interruptor derivado em uma frequência que é o dobro da linha de frequência da fonte de voltagem AC.

11. “**APARELHO**”, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender um circuito de monitoramento da voltagem do motor adaptado para ser acoplado ao motor para monitorar a voltagem através do motor; o circuito de

monitoramento da voltagem do motor tendo uma saída acoplada ao circuito de controle.

12. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por o circuito de controle induzir o interruptor derivado para ser tornar condutivo quando a voltagem através do motor for de aproximadamente zero volts.

13. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o interruptor derivado compreender um dispositivo semiconductor.

14. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o dispositivo semiconductor compreender dois transistores com efeito de campo em conexão anti-serial.

15. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o dispositivo semiconductor compreender um transistor com efeito de campo em uma ponte retificadora.

16. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender um interruptor derivado acoplado em conexão elétrica paralela através do conversor em série para derivar o conversor em série para atingir suficientemente a completa operação do motor.

17. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por o interruptor derivado compreender um dispositivo semiconductor.

18. **"APARELHO"**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ainda compreender um conversor derivado adaptado para ser acoplado em conexão elétrica derivada através do motor AC.

19. **"MÉTODO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR AC À PARTIR DE UMA VOLTAGEM AC"**, caracterizado por compreender as etapas de:

- acoplamento de um primeiro conversor em série por conexão elétrica entre a fonte AC e o motor AC;

- acoplamento de um primeiro interruptor na conexão elétrica derivada através do motor AC, o primeiro interruptor tendo uma entrada de controle para a condução do tempo do primeiro interruptor; e

- controle da condução do tempo do primeiro interruptor para variar a velocidade do motor, no qual a velocidade do motor é controlada na dependência na

condução do tempo do primeiro interruptor, onde o primeiro interruptor é fechado quando a voltagem através do motor AC estiver em uma interseção zero.

20. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por a etapa de controle compreender a geração de um sinal modulado de largura impulsão para controlar a condução do tempo do primeiro interruptor, o sinal modulado de largura impulsão tendo um ciclo devido variável para a regulação da velocidade do motor.
21. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por o ciclo devido variável ser continuamente variável.
22. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por o ciclo devido variável ser discretamente variável.
23. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por ainda compreender as etapas de:
 - controle do primeiro interruptor para uma predeterminada quantidade de tempo quando for acionado o motor para atingir a máxima velocidade de operação do motor; e
 - controle do primeiro interruptor com o sinal modulado de largura impulsão após a predeterminada quantidade de tempo ter sido decorrida.
24. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por ainda compreender as etapas de:
 - acoplamento de um segundo interruptor na conexão elétrica paralela com o primeiro conversor;
 - fechamento do segundo interruptor para uma predeterminada quantidade de tempo quando for acionado o motor para derivar o primeiro conversor para atingir substancialmente a completa velocidade de operação do motor;
 - abertura do segundo interruptor após a predeterminada quantidade de tempo ter expirado; e
 - controle do primeiro interruptor com o sinal modulado de largura impulsão após a predeterminada quantidade de tempo ter sido decorrida.
25. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por ainda compreender as etapas de:
 - acoplamento de um segundo interruptor em série por conexão elétrica com o primeiro conversor, o segundo interruptor tendo uma entrada de controle;

- acoplamento de um segundo conversor em série por conexão elétrica entre a fonte AC e o motor AC; e
- acoplamento de um terceiro interruptor em série por conexão elétrica com o segundo conversor, o terceiro interruptor tendo uma entrada de controle; e

5 - discreto controle do segundo interruptor e do terceiro interruptor enquanto mantendo-se o primeiro interruptor não condutivo; no qual a velocidade do motor é discretamente controlada na dependência nos estados de condução do segundo interruptor e do terceiro interruptor.

10 26. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por ainda compreender as etapas de :

- controle do primeiro interruptor com um sinal modulado de largura impulsionada quando uma desejada velocidade do motor for superior àquela determinada velocidade limiar; e

15 - discreto controle do segundo interruptor e do terceiro interruptor quando a desejada velocidade do motor for inferior à determinada velocidade limiar.

20 27. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a etapa de controle compreender o controle da condução do tempo do primeiro interruptor em uma frequência dependente da linha de frequência da fonte de tensão AC.

28. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado por a etapa de controle compreender o controle da condução do tempo do primeiro interruptor em uma frequência que seja o dobro da linha de frequência da fonte de tensão AC.

25 29. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a etapa de controle compreender o monitoramento de uma tensão através do motor.

30 30. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado por a etapa de controle ainda compreender a indução do primeiro interruptor para se tornar condutivo quando a tensão através do motor for de aproximadamente zero volts.

31. “**MÉTODO**”, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por o primeiro interruptor compreender um dispositivo semicondutor.

32. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado por o dispositivo semicondutor compreender dois transistores com efeito de campo em conexão anti-serial.
- 5 33. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado por o dispositivo semicondutor compreender um transistor em uma ponte retificadora.
34. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por ainda compreender as etapas de:
- acoplamento de um segundo interruptor em conexão elétrica paralela com o primeiro condensador; e
- 10 - fechamento do segundo interruptor para derivar o primeiro conversor para atingir substancialmente a completa operação do motor.
35. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado por o interruptor derivado compreender um dispositivo semicondutor.
36. **"MÉTODO"**, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por ainda
- 15 compreender as etapas de acoplamento de um segundo conversor em conexão elétrica derivada através do motor AC.

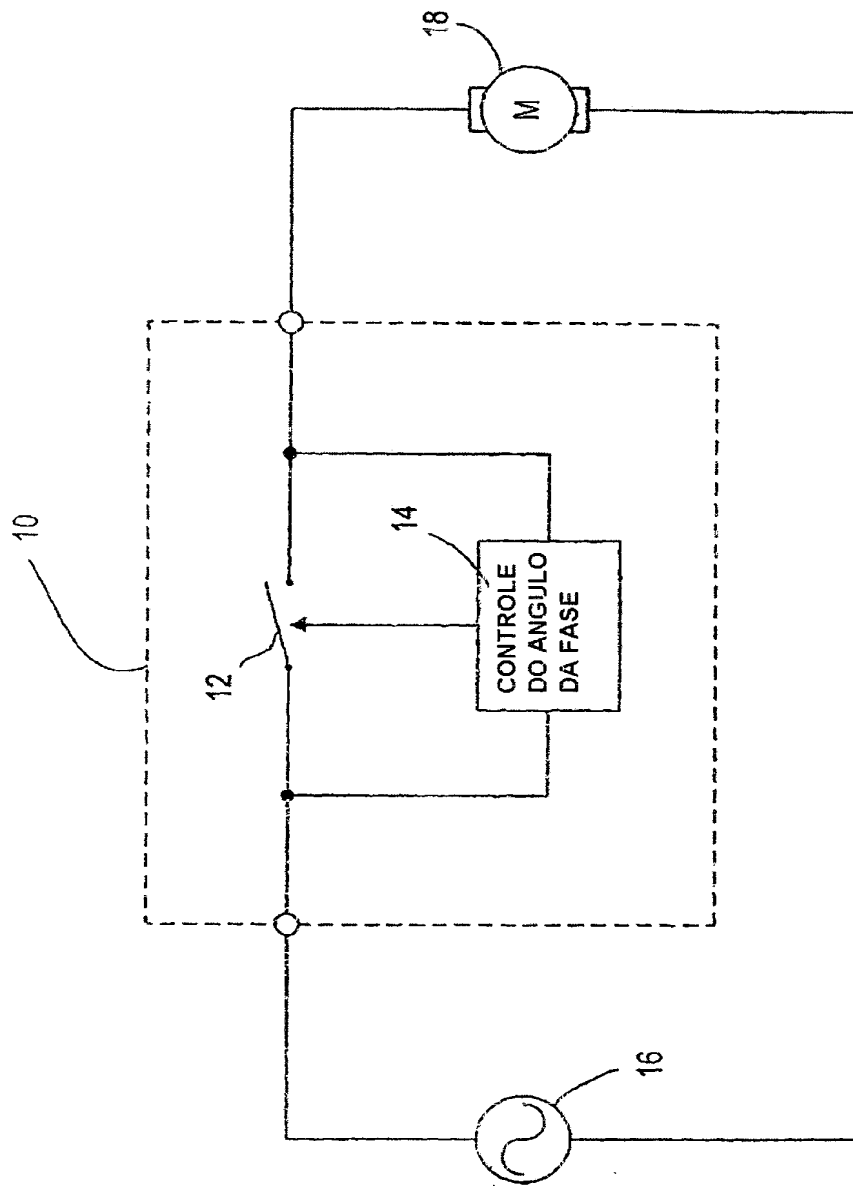


Fig. 1A
ANTERIORIDADE

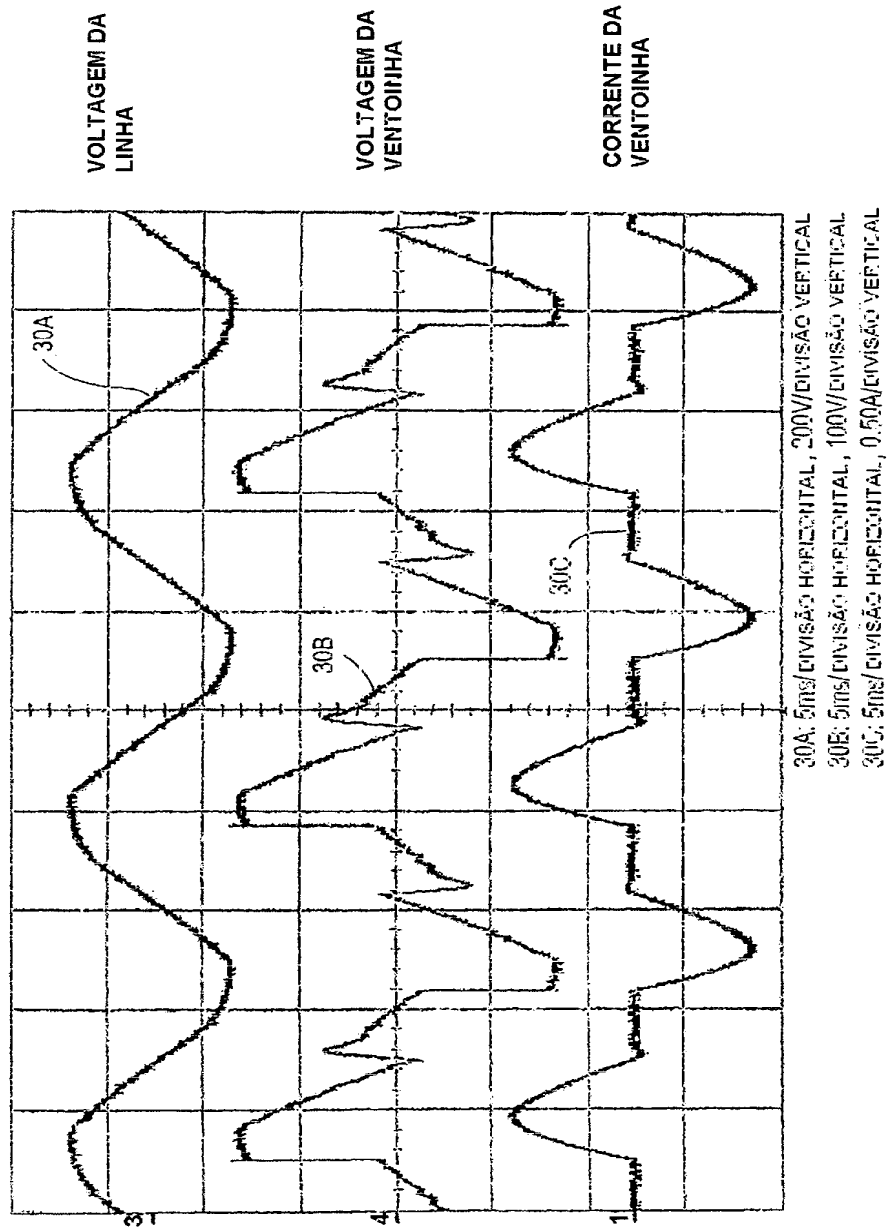


Fig. 1B
ANTERIORIDADE

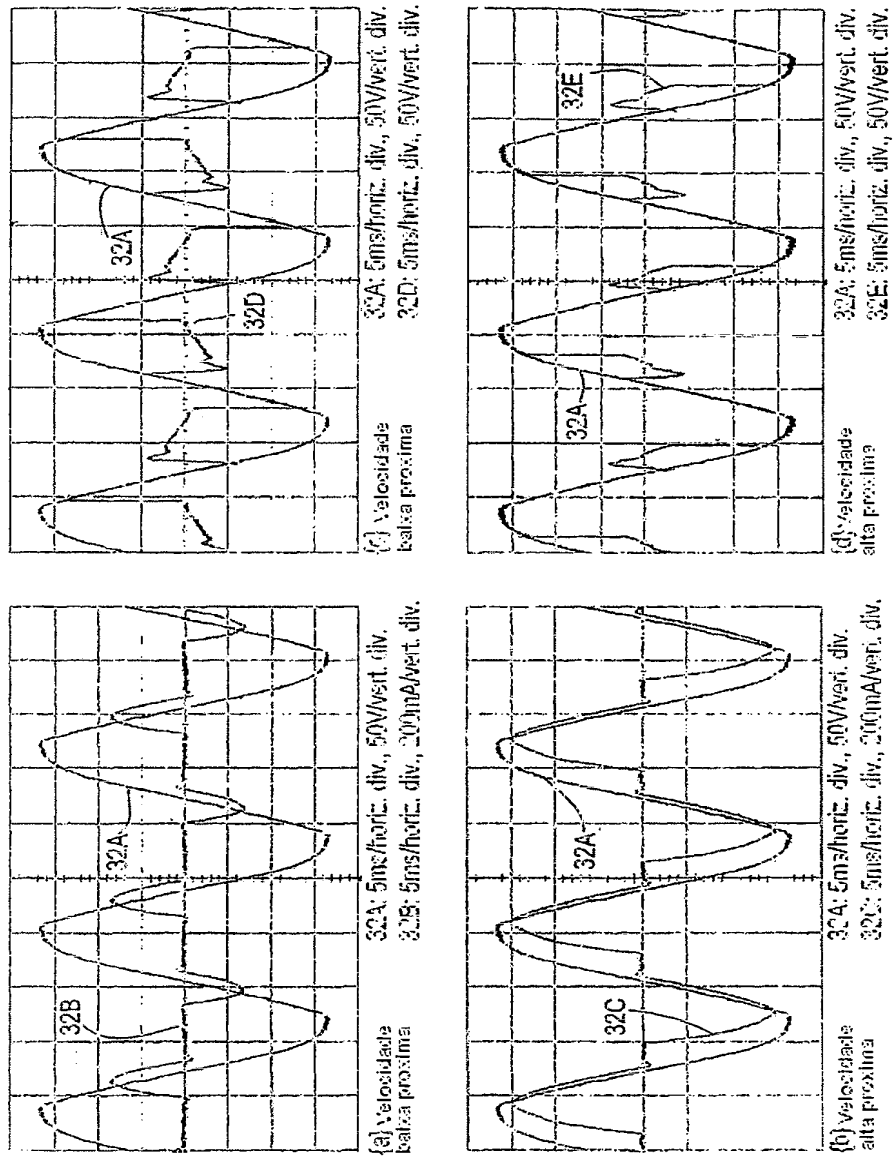


Fig. 1C
ANTERIORIDADE

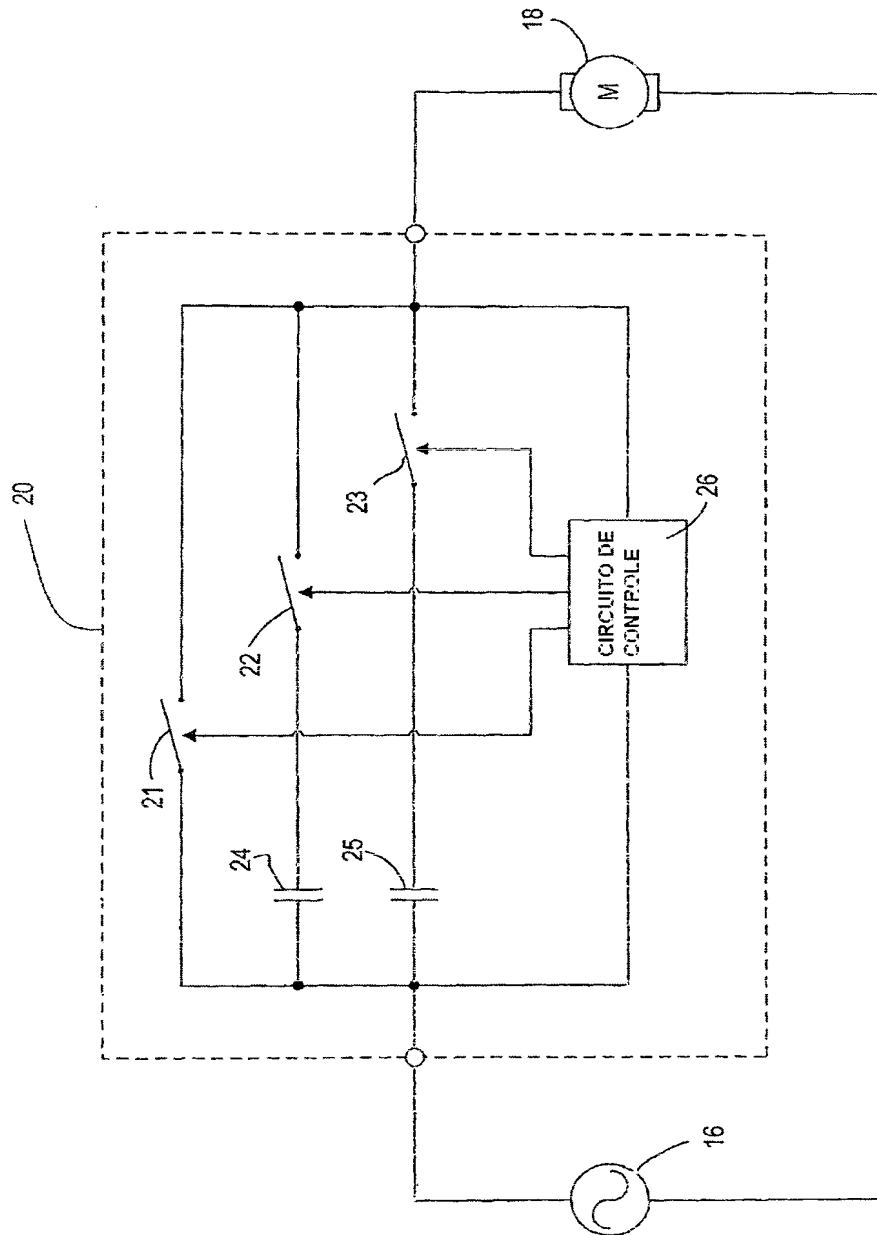


Fig. 1D
ANTERIORIDADE

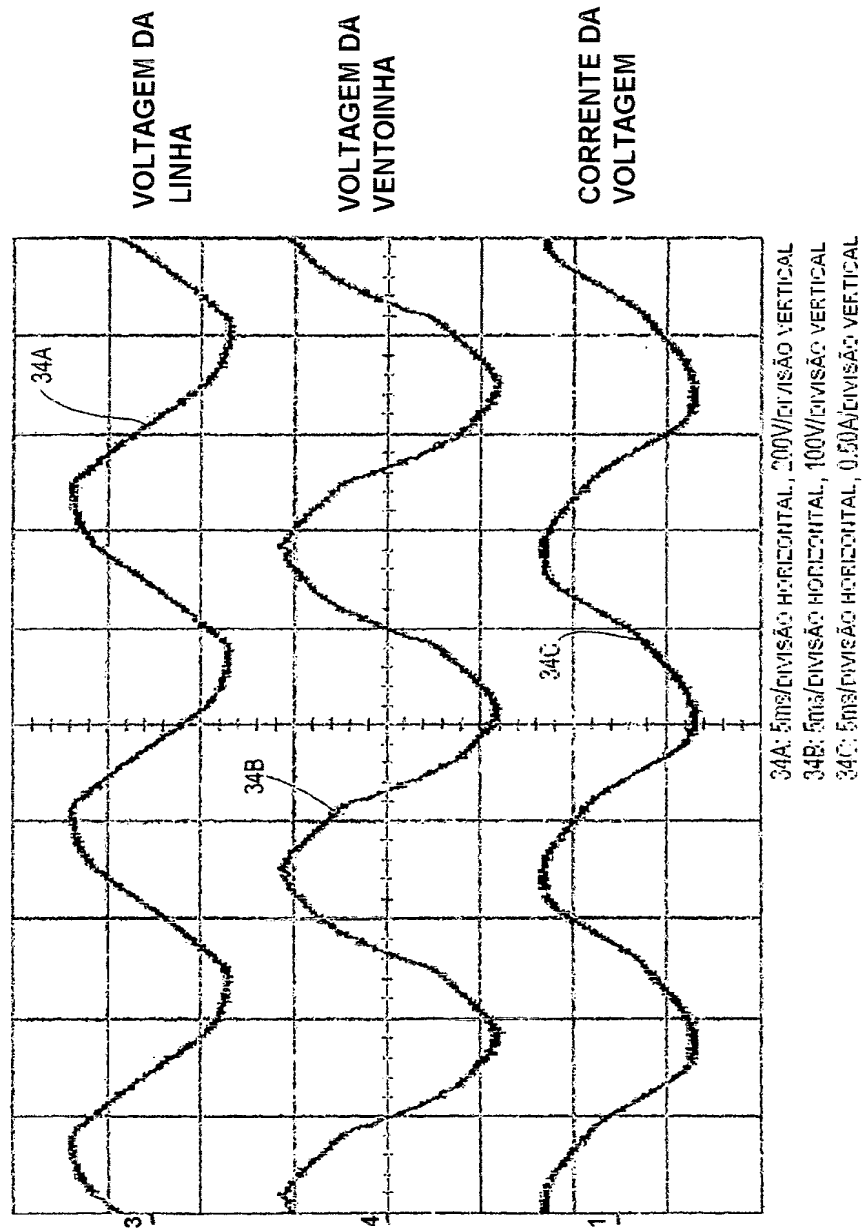


Fig. 1E

ANTERIORIDADE

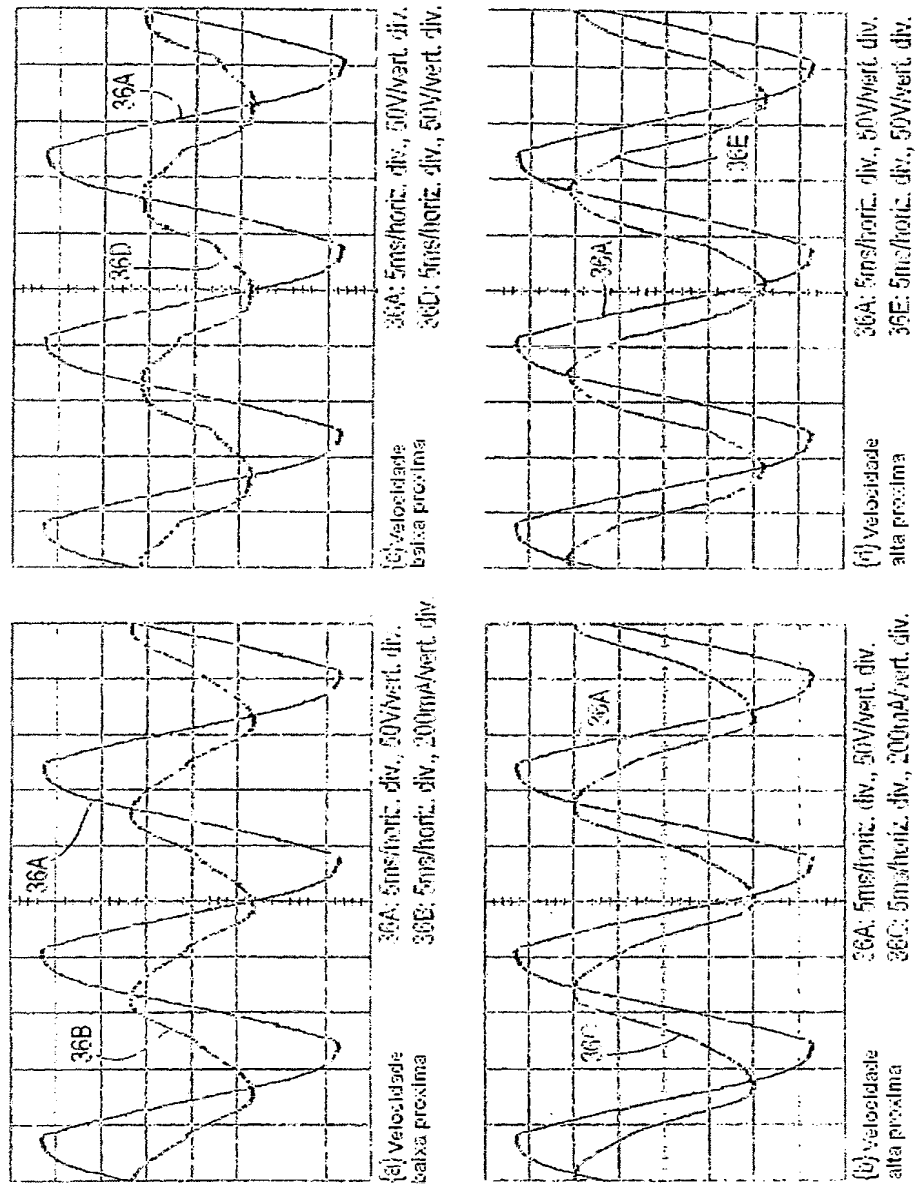


Fig. 1F

ANTERIORIDADE

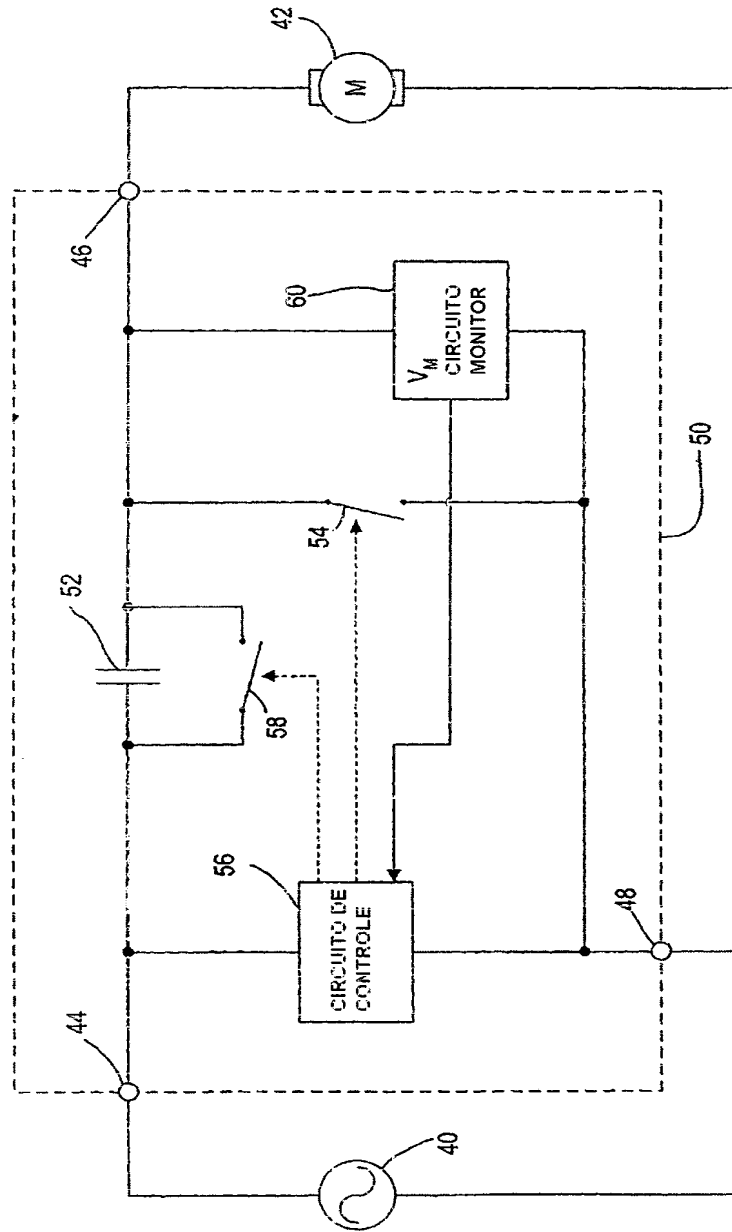


Fig. 2

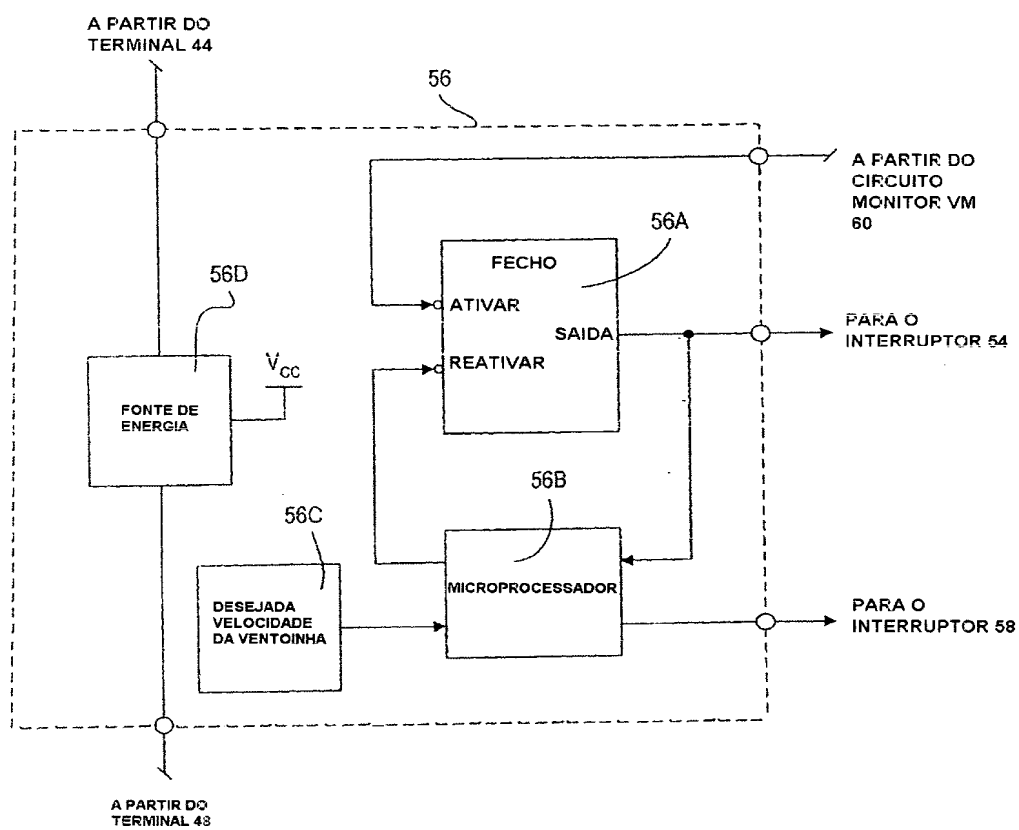


Fig. 3A

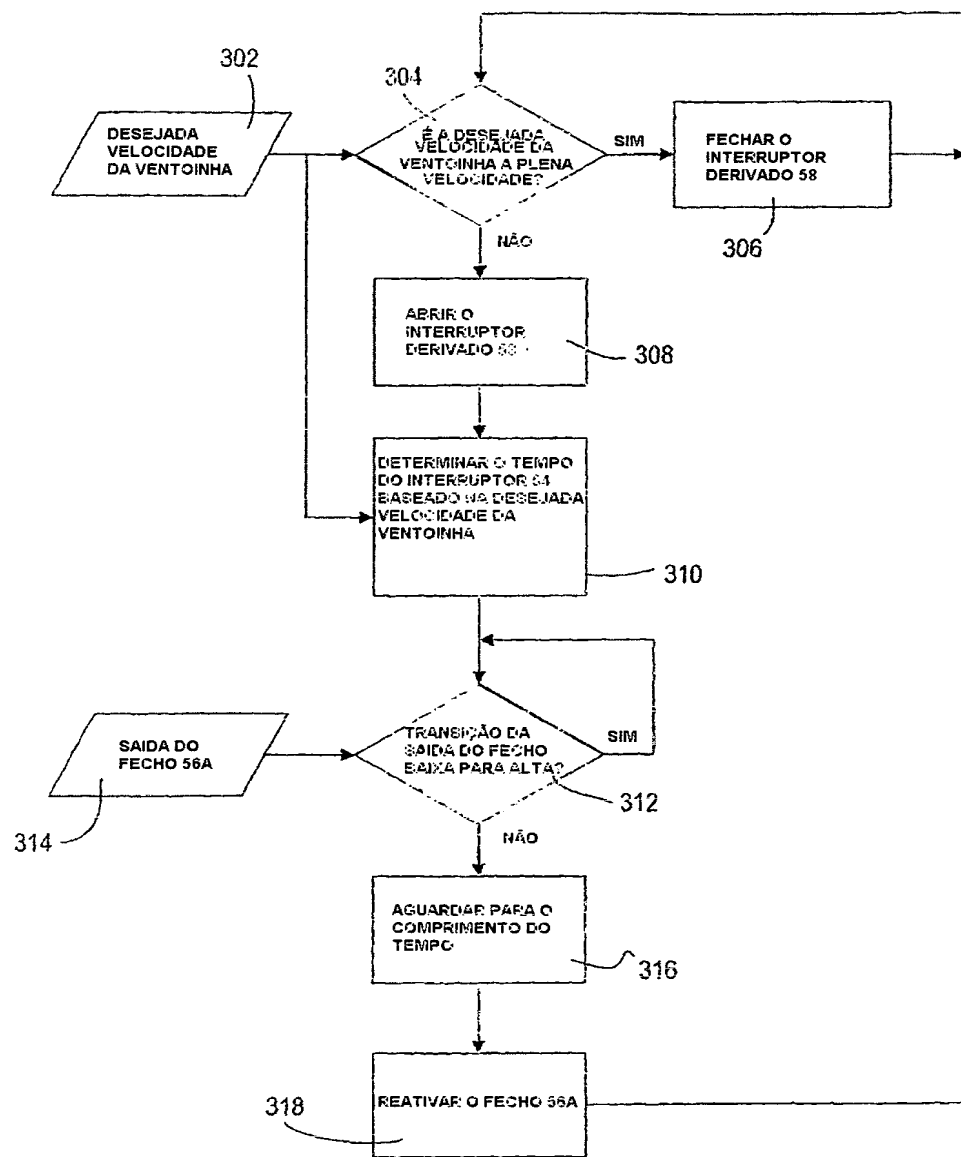


Fig. 3B

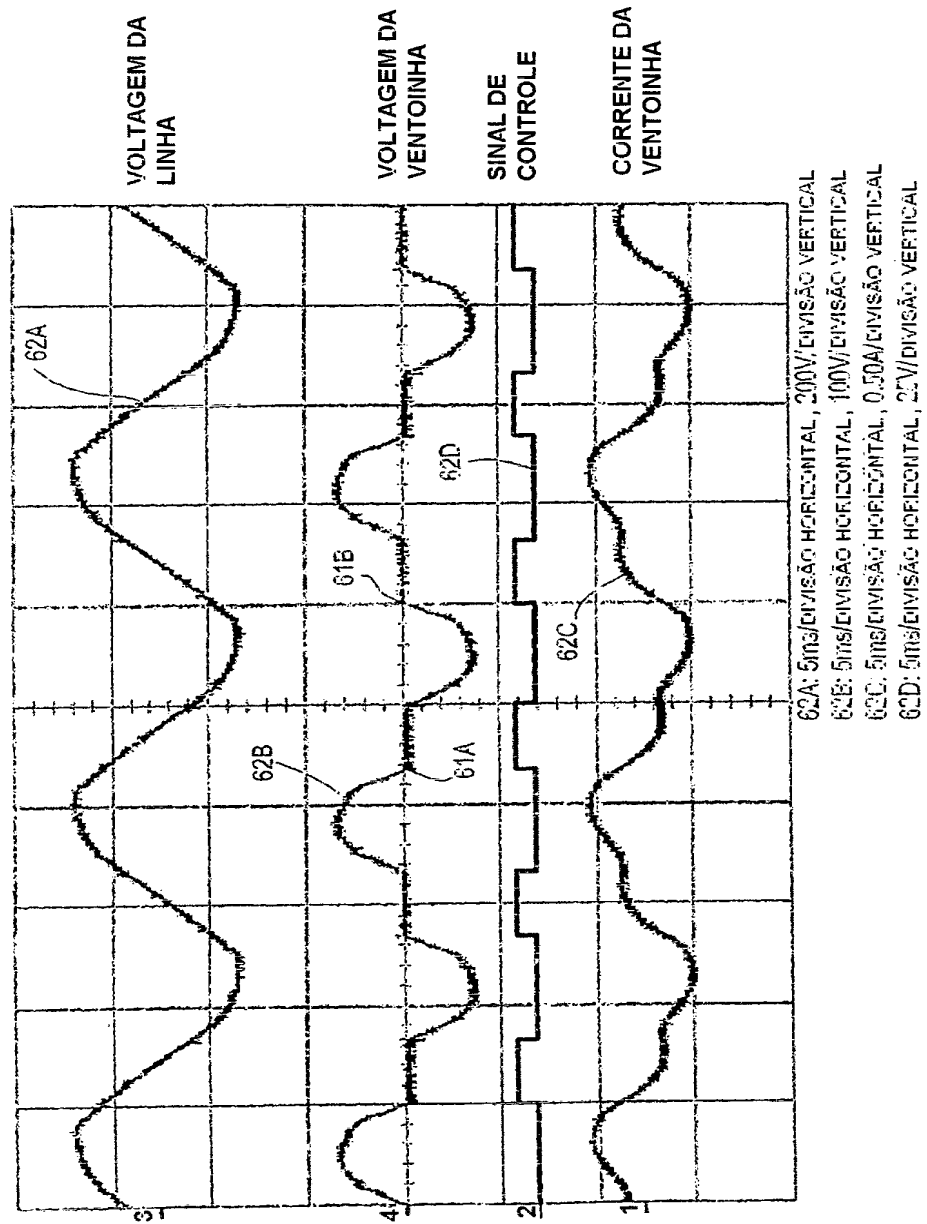


Fig. 4

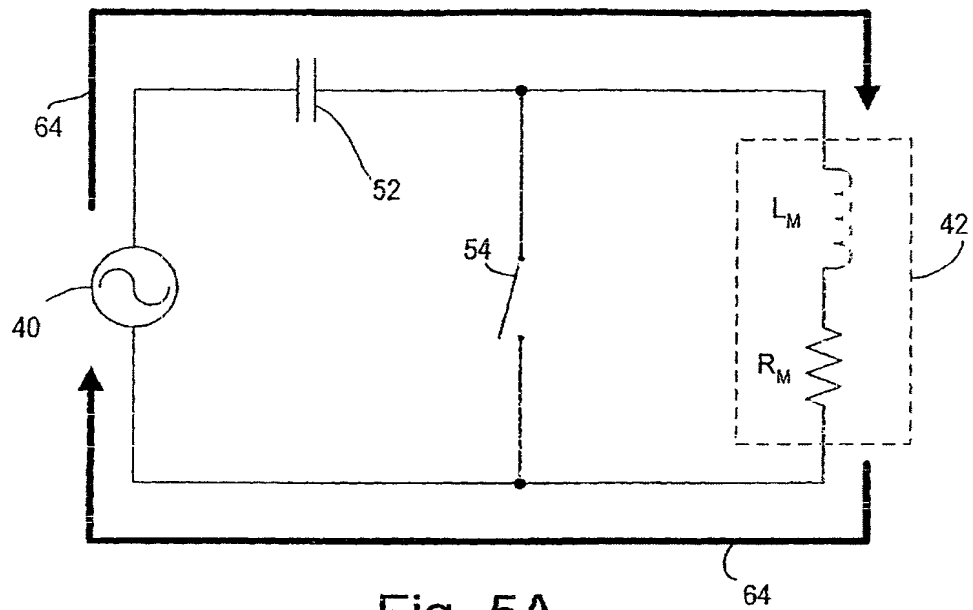


Fig. 5A

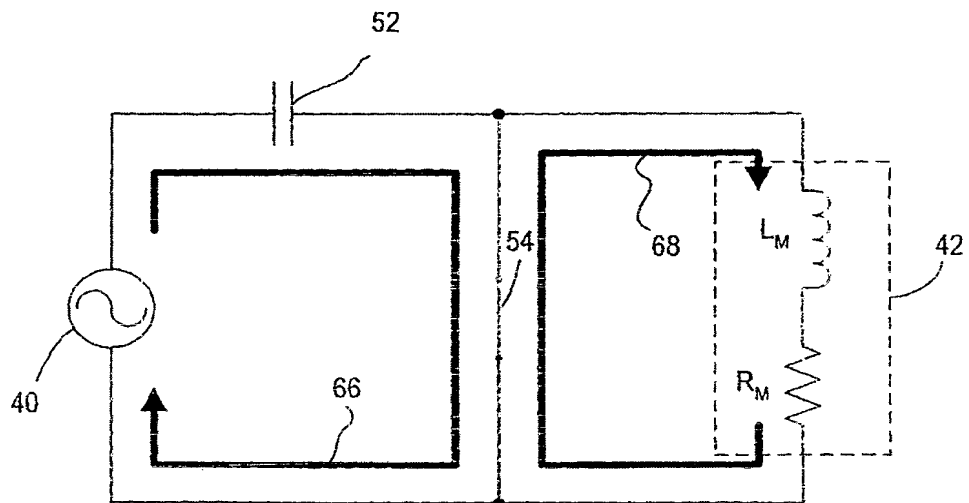


Fig. 5B

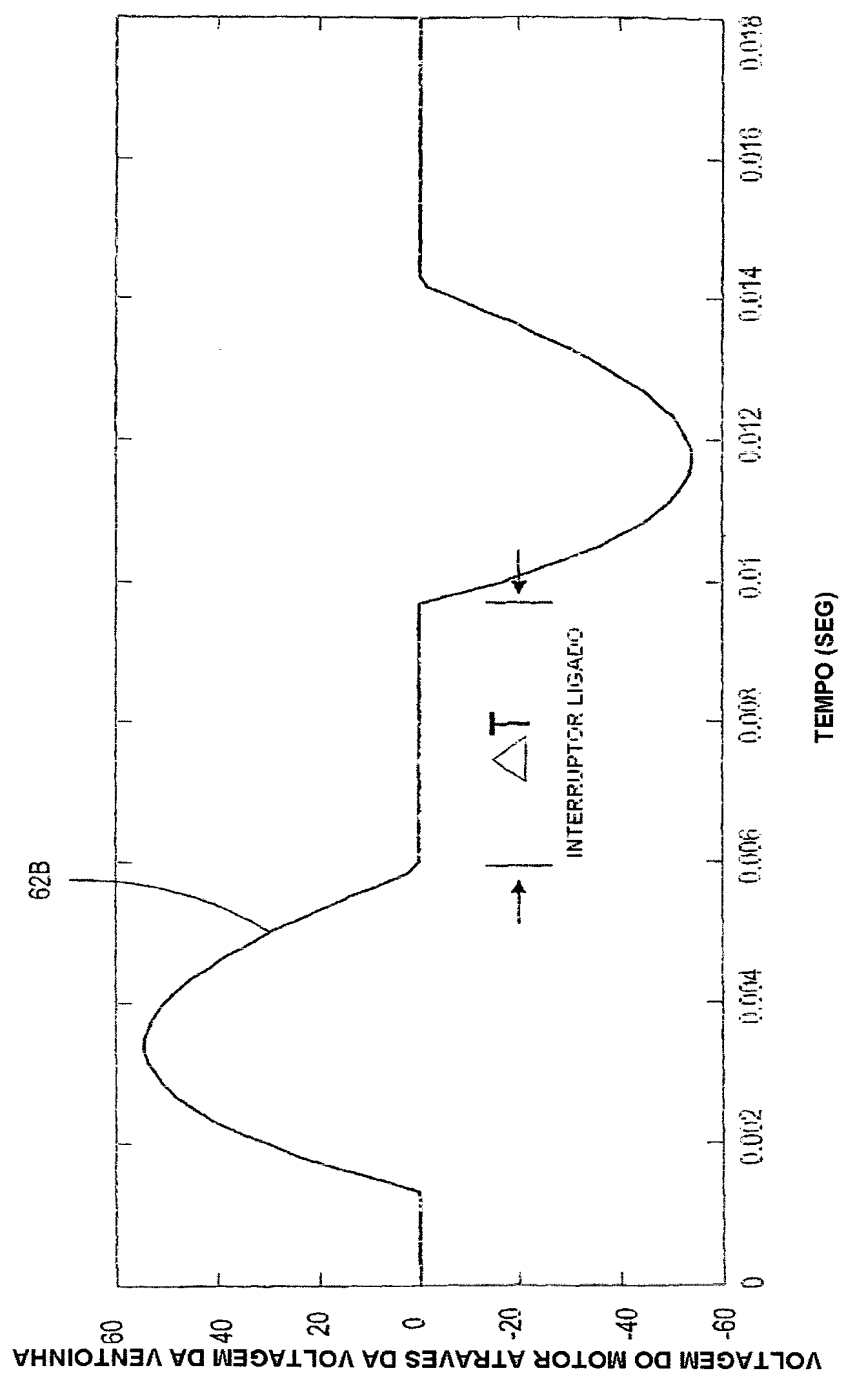


Fig. 6A

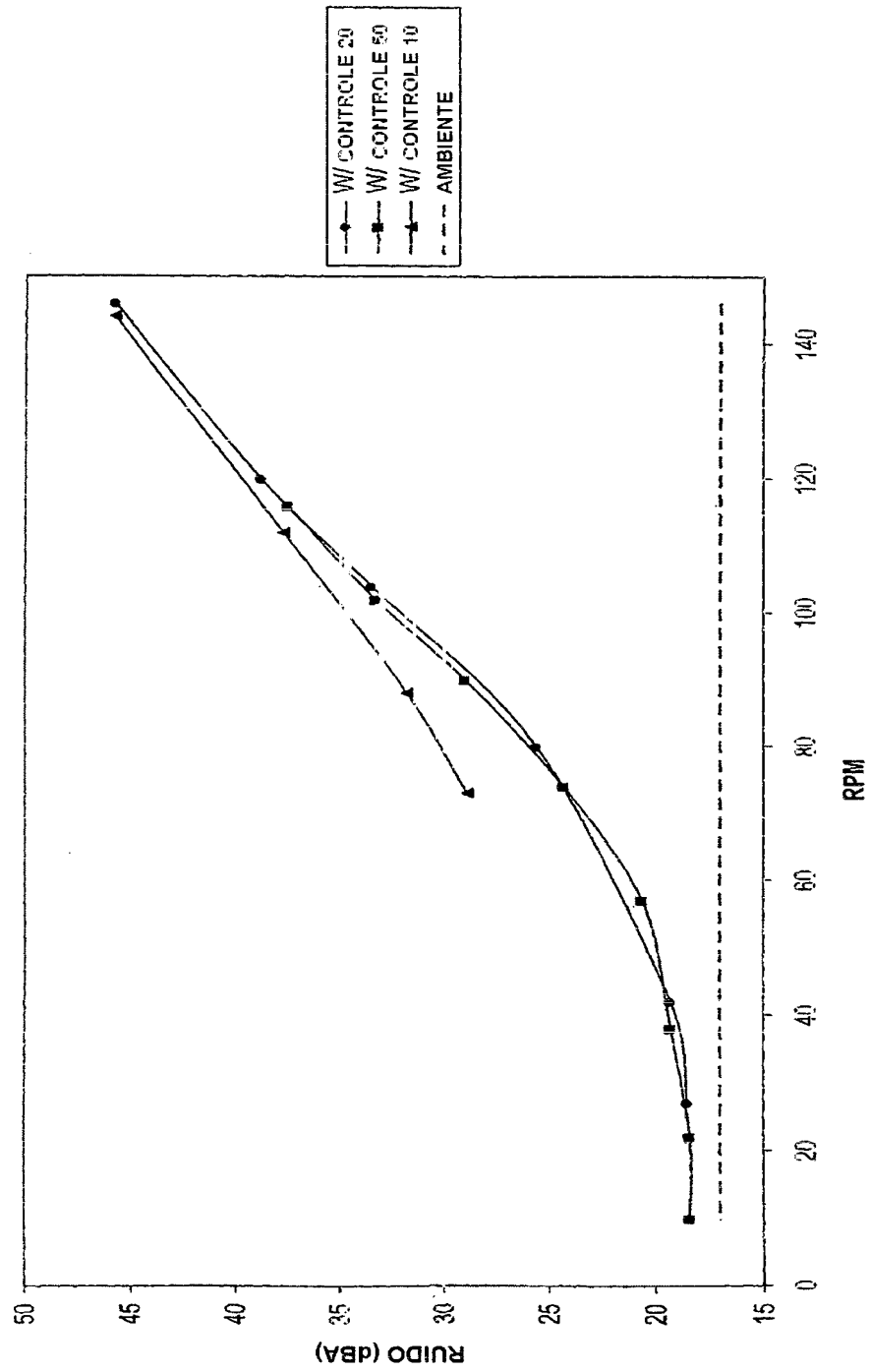


Fig. 6B

MEDIÇÕES DO SOM COM CONTROLE 10 DA FIG. 1A	
RPM	RUIDO (dBA)
144	45.8
112	37.7
88	31.3
72	28.9

MEDIÇÕES DO SOM COM CONTROLE 20 DA FIG. 1D	
RPM	RUIDO (dBA)
146	45.8
120	38.6
104	33.5
80	25.6
42	19.3
27	18.5

MEDIÇÕES DO SOM COM CONTROLE 50 DA FIG. 2	
RPM	RUIDO (dBA)
116	37.5
102	33.3
90	29.0
74	24.3
57	20.6
38	19.3
22	18.4
10	18.4

Fig. 6C

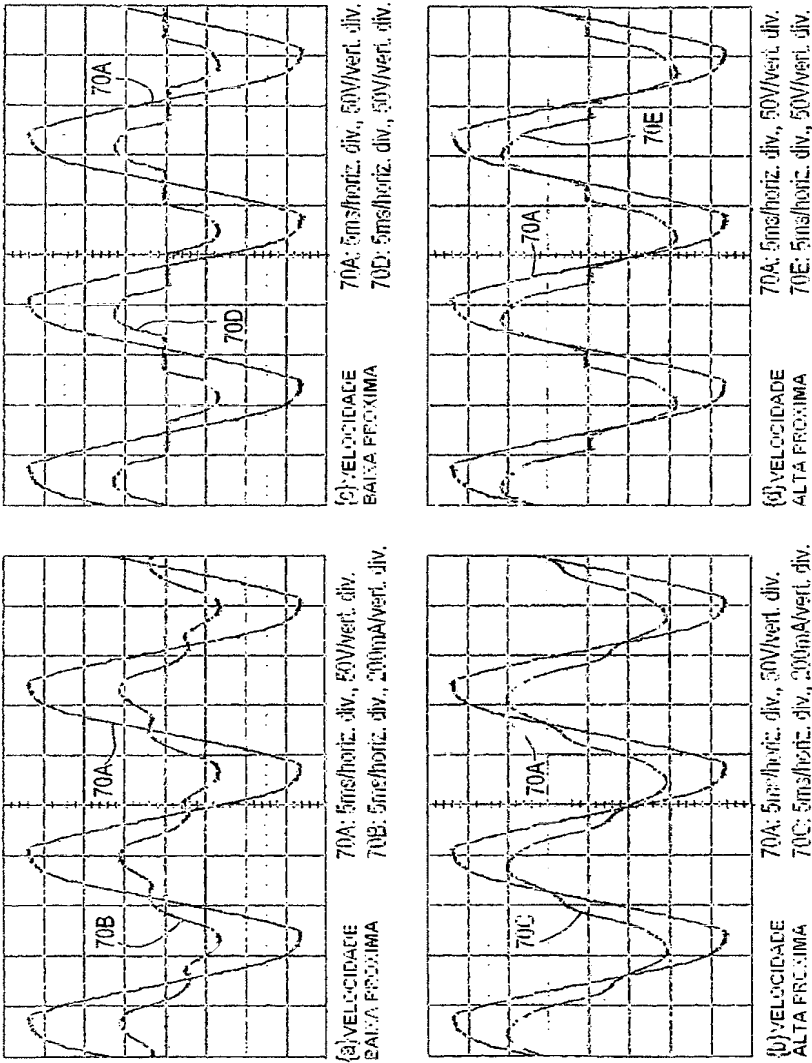


Fig. 7

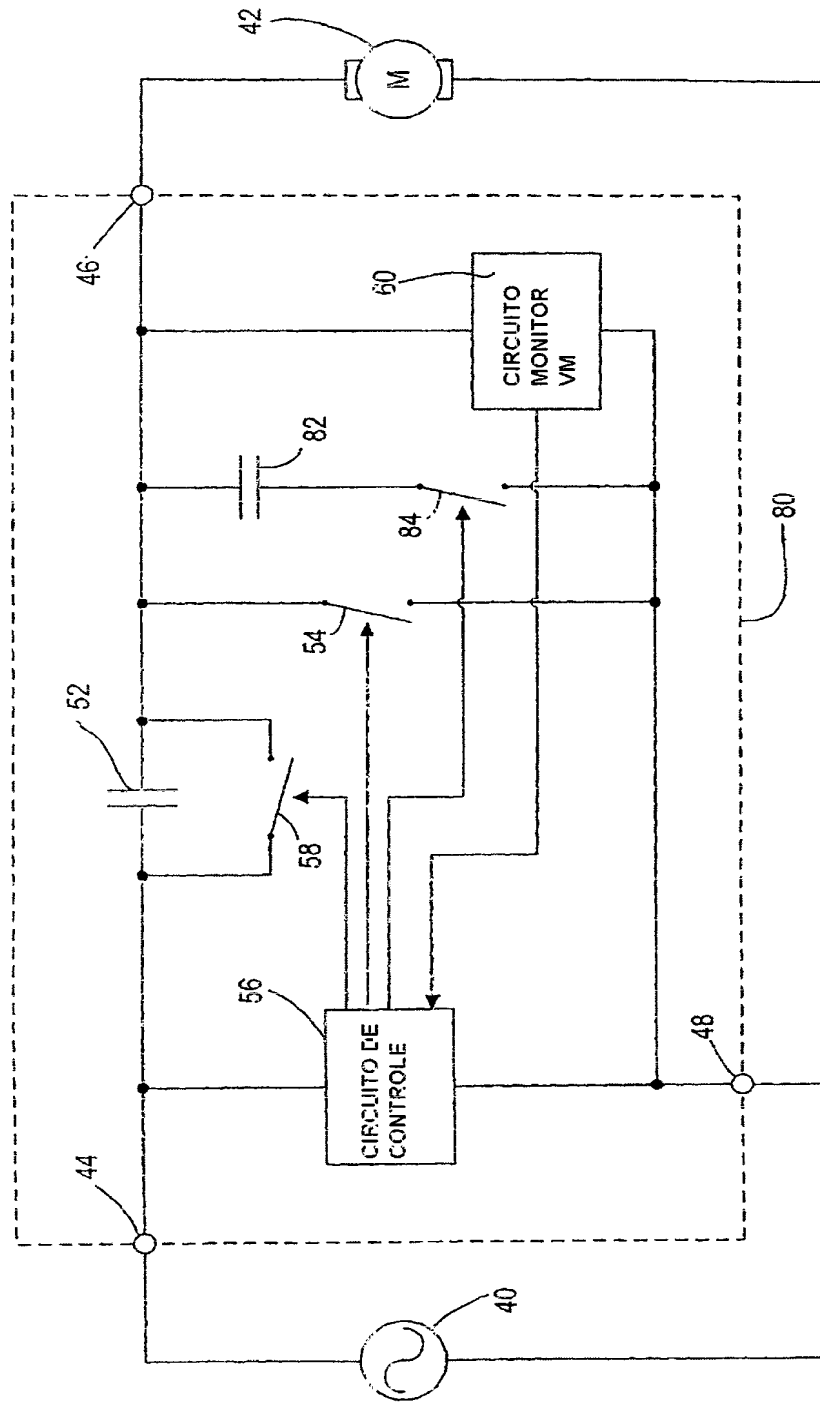


Fig. 8

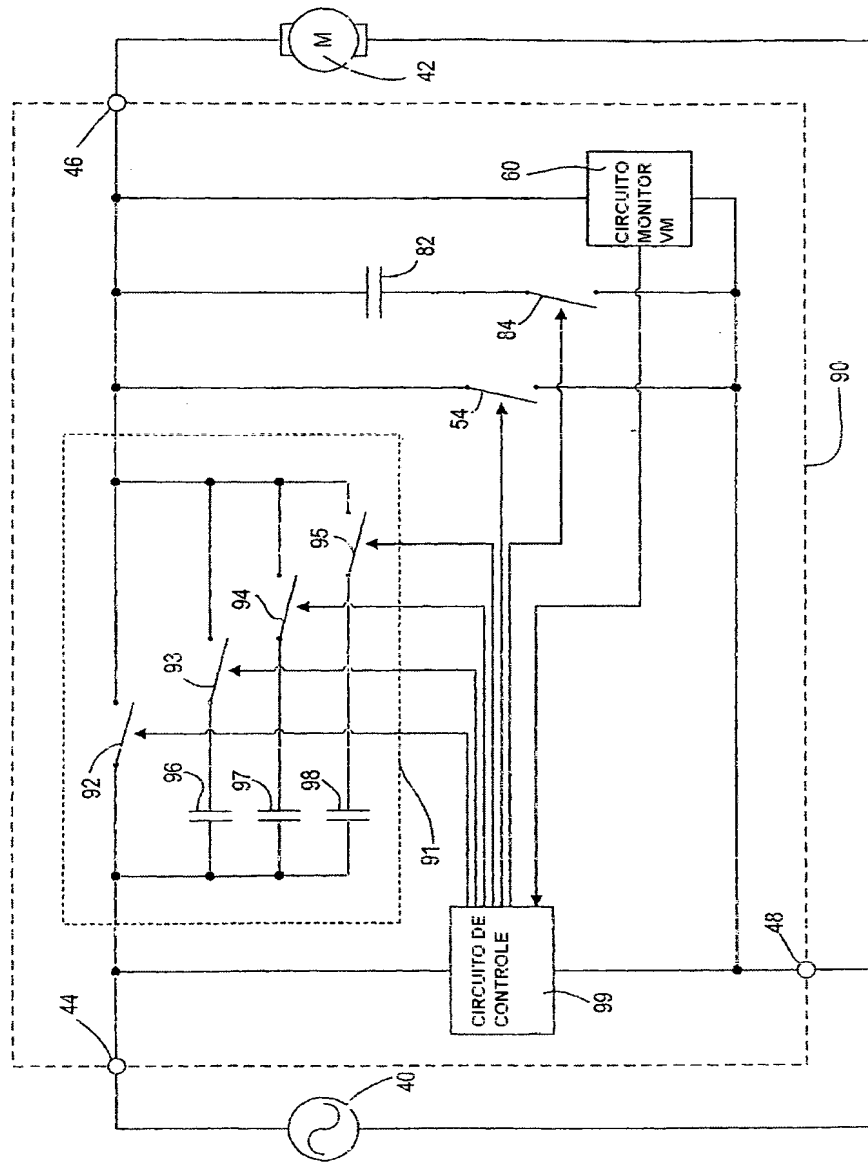


Fig. 9

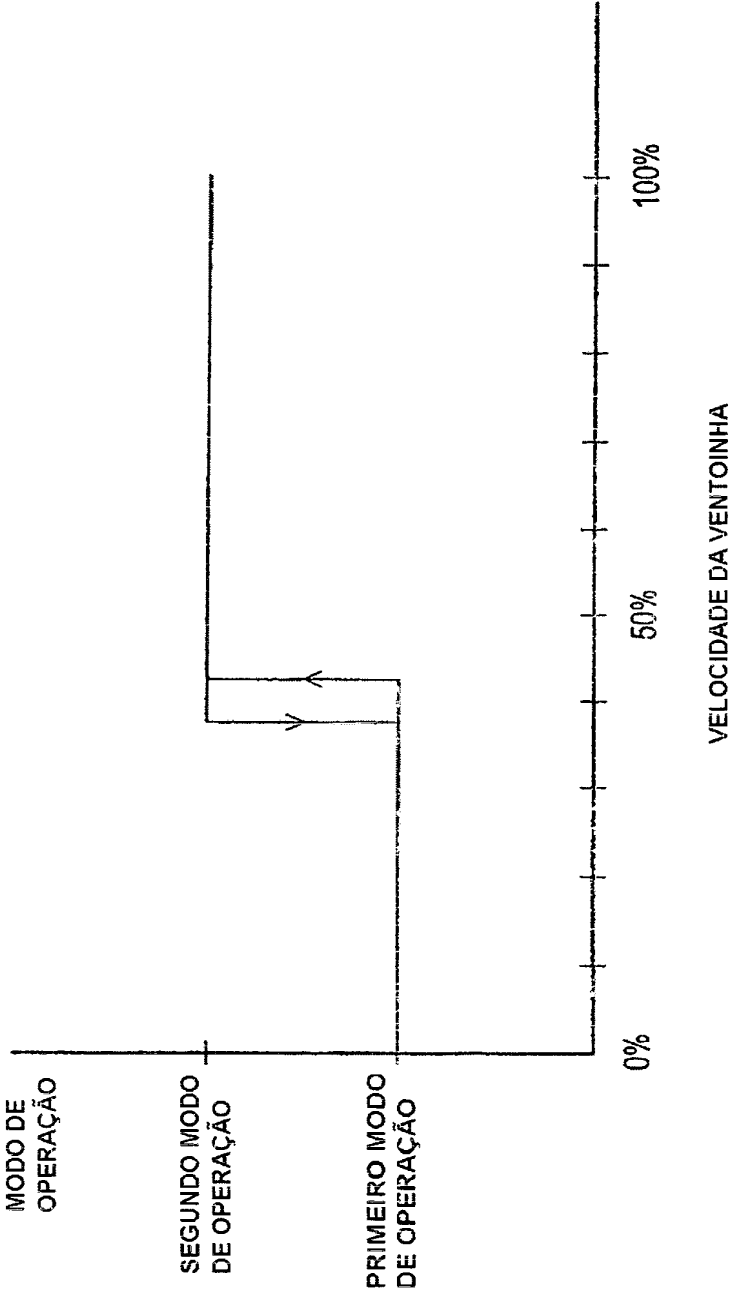


Fig. 10

RESUMO**“APARELHO E MÉTODO E APARELHO PARA CONTROLAR A VELOCIDADE DE UM MOTOR VARIÁVEL SILENCIOSO”**

5 Aparelho para controlar a velocidade de um motor AC compreendendo um interruptor adaptado para ser acoplado em paralelo com terminais de energia para o motor AC; um condensador acoplado em série com a combinação paralela do interruptor e o motor; o condensador adaptado para prover um suprimento de voltagem AC a partir de uma fonte AC ao circuito paralelo

10 compreendendo o motor e o interruptor; e um circuito de controle para controlar o tempo de condução do interruptor no sentido de alterar a velocidade do motor. O interruptor é preferivelmente de extensão de pulso modulado à uma frequência em dobro da linha de frequência do suprimento de voltagem, e o interruptor é ligado quando a voltagem através do motor AC for zero volts. O aparelho é

15 operado para prover para contínuo controle variável da velocidade do motor enquanto é minimizado o ruído acústico no motor.