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

(21) **BR 10 2013 026567-5 A2**

(22) Data de Depósito: 15/10/2013

(43) Data da Publicação: 09/12/2014
(RPI 2292)

(54) Título: CIRCUITO

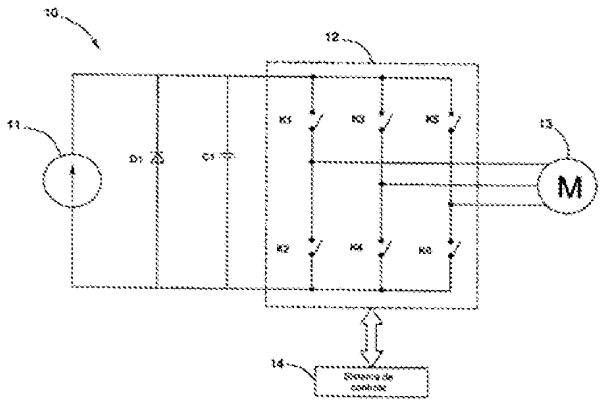
(51) Int.Cl.: H02M7/44; H01F27/24; H01F27/28

(30) Prioridade Unionista: 16/10/2012 CN 201210392576.8

(73) Titular(es): GE ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): FAZ ZHANG, KUNLUN CHEN, TAOWU, XIN HAO, YINGQI ZHANG

(57) Resumo: CIRCUITO Trata-se de um circuito que inclui um primeiro e um segundo comutadores eletrônicos, um primeiro e um segundo circuitos de excitação e um primeiro e um segundo indutores. O primeiro e o segundo comutadores eletrônicos são eletricamente acoplados em série, O primeiro e o segundo circuitos de excitação são usados para controlar respectivamente o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos para serem ligados e desligados e são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos, O primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico. O segundo indutor é eletricamente acoplado entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico.



"CIRCUITO"

ANTECEDENTES

Realizações da invenção referem-se geralmente a um circuito que compreende pelo menos dois comutadores eletrônicos que são eletricamente acoplados em série e em que o circuito é capaz de comutar de modo sincronizado os pelo menos dois comutadores eletrônicos.

Motores de CA são comumente supridos com potência elétrica a partir de um barramento de suprimento de CC, aos terminais dos quais são conectadas diferentes fases dos motores por meio de um inversor que é constituído por unidades de comutação cujo estado é controlado por um sistema de controle apropriado.

Por exemplo, para acionamentos de motor compressor ou bomba de alta potência, grande quantidade de potência elétrica é convertida pelas unidades de comutação para fornecer a energia elétrica para os acionamentos de motor. Tipicamente, as unidades de comutação são constituídas por múltiplos transistores do tipo transistor bipolar de porta isolada (IGBT), por exemplo. Para evitar danificar os IGBTs por causa dos altos níveis de potência elétrica, é vantajoso acoplar em série pelo menos dois IGBTs como uma única unidade de comutação de tal modo que o estresse por tensão dos IGBTs conectados em série possa ser reduzido.

Os pelo menos dois IGBTs que são assim acoplados em série devem ser controlados com sincronização completa de modo que os mesmos correspondam a uma única unidade de comutação em termos de função. Erros de sincronização entre IGBTs resultam na tensão excessiva sustentada por somente um dos IGBTs, que pode acarretar no dano dos mesmos. Levando em consideração as tolerâncias de produção dos IGBTs e a precisão do sistema de controle, a sincronização dos IGBTs é difícil de ser atingida. Soluções de controle eletrônico sofisticadas foram desenvolvidas, entretanto, essas

soluções exigem o uso de circuitos integrados específicos que são altamente custosos e complexos.

Por essas e outras razões, há uma necessidade de projetos de circuito mais simples e de baixo custo que são capazes de comutar de modo sincronizado.

BREVE DESCRIÇÃO

De acordo com uma realização da invenção, um circuito é fornecido. O circuito inclui um primeiro e um segundo comutadores eletrônicos, um primeiro e um segundo circuitos de excitação e um primeiro e um segundo indutores. O primeiro e o segundo comutadores eletrônicos são eletricamente acoplados em série. O primeiro e o segundo circuitos de excitação são usados para controlar respectivamente o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos para serem ligados e desligados e são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos. O primeiro e o segundo indutores são magneticamente acoplados entre si. O primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico. O segundo indutor é eletricamente acoplado entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico.

De acordo com outra realização da invenção, um circuito é fornecido. O circuito inclui primeiro, segundo, e terceiro comutadores eletrônicos, primeiro, segundo, e terceiro circuitos de excitação, e primeiro, segundo, terceiro, e quarto indutores. O primeiro, o segundo e o terceiro comutadores eletrônicos são eletricamente acoplados em série. O primeiro, o segundo e o terceiro circuitos de excitação são usados para controlar

respectivamente o primeiro, o segundo e o terceiro comutadores eletrônicos para serem ligados e desligados. Os primeiro, segundo, terceiro circuitos de excitação são configurados para comutar de modo sincronizado os comutadores eletrônicos correspondentes. O primeiro e o segundo indutores são magneticamente acoplados entre si. O terceiro e o quarto indutores são magneticamente acoplados entre si. O primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico. O segundo indutor e o terceiro indutor são eletricamente acoplados em série e, então, o segundo e o terceiro indutores são eletricamente acoplados entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico. O quarto indutor é eletricamente acoplado ao terceiro circuito de excitação e entre o terceiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do terceiro circuito de excitação ao terceiro comutador eletrônico.

DESENHOS

Esses e outros recursos, aspectos e vantagens da presente invenção irão se tornar mais bem entendidos quando a descrição detalhada a seguir for lida em referência aos desenhos anexos em que caracteres semelhantes representam partes semelhantes por todos os desenhos, em que:

A Figura 1 é uma vista esquemática de um circuito de CC/CA de acordo com uma realização.

A Figura 2 é um diagrama de circuito de um circuito para comutar dois comutadores eletrônicos de uma unidade de comutação do circuito de CC/CA da Figura 1, de acordo com uma realização.

A Figura 3 é uma vista esquemática de dois indutores magneticamente acoplados do circuito da Figura 2, de acordo com uma

realização.

A Figura 4 é uma vista de comparação de ondas de simulação de tensão e corrente do circuito da Figura 2, com e sem os indutores magneticamente acoplados.

A Figura 5 é um diagrama de circuito de um circuito para comutar múltiplos comutadores eletrônicos de uma unidade de comutação do circuito de CC/CA da Figura 1, de acordo com uma realização.

A Figura 6 é um diagrama de circuito de um circuito para comutar dois comutadores eletrônicos de uma unidade de comutação do circuito de CC/CA da Figura 1, de acordo com outra realização.

A Figura 7 é uma vista esquemática detalhada do circuito de CC/CA da Figura 1 de acordo com uma realização.

A Figura 8 é uma vista esquemática detalhada de controle de uma fase do circuito de CC/CA da Figura 7 de acordo com uma realização.

A Figura 9 é um diagrama de circuito de um circuito de sujeição para um comutador eletrônico do circuito de CC/CA da Figura 8 de acordo com uma realização.

A Figura 10 é uma onda de sinal de um sinal de controle de comutação a partir de um circuito de excitação do circuito de sujeição da Figura 9.

A Figura 11 é um diagrama de circuito de um circuito de sujeição para um comutador eletrônico do circuito de CC/CA da Figura 8 de acordo com outra realização.

A Figura 12 é um diagrama de circuito de um circuito para comutar dois comutadores eletrônicos de uma unidade de comutação do circuito de CC/CA da Figura 1, de acordo com ainda outra realização.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Realizações da invenção referem-se a um circuito. O circuito inclui primeiro e segundo comutadores eletrônicos, primeiro e segundo circuitos de

excitação e primeiro e segundo indutores. O primeiro e o segundo comutadores eletrônicos são eletricamente acoplados em série. O primeiro e o segundo circuitos de excitação são usados para controlar os comutadores eletrônicos respectivos para serem ligados e desligados. O primeiro e o segundo circuitos de excitação são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos. O primeiro e o segundo indutores são magneticamente acoplados entre si. O primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico. De uma maneira similar, o segundo indutor é eletricamente acoplado entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico.

A menos que definido de outro modo, termos técnicos e científicos usados no presente documento têm o mesmo significado que é comumente entendido por um indivíduo com habilidade comum na técnica à qual essa invenção pertence. Os termos "primeiro", "segundo", e similares, conforme usado no presente documento, não denotam qualquer ordem, quantidade ou importância, mas ao invés disso, são usados para distinguir um elemento de outro. De mesmo modo, os termos "um" e "uma" não denotam uma limitação de quantidade, mas ao invés disso, denotam a presença de pelo menos um dos itens referidos, e termos tais como "frontal", "posterior", "fundo" e/ou "topo", a menos que anotado de outro modo, são meramente usados para conveniência de descrição, e não são limitados a qualquer uma posição ou orientação espacial. Além disso, os termos "acoplado" e "conectado" não são destinados a distinguir entre um acoplamento/conexão direto ou indireto entre dois componentes. Ao invés, tais componentes podem ser direta ou indiretamente

acoplados/conectados a menos que indicado de outro modo.

Referindo-se à Figura 1, um circuito de CC/CA 10 de acordo com uma realização é mostrado. Nessa realização ilustrada, o circuito de CC/CA 10 inclui um suprimento de CC 11, um inversor de múltiplas fases tal como um inversor de três fases 12, um motor de CA 13, e um sistema de controle 14. O sistema de controle 14 emite comandos de controle para controlar o inversor de múltiplas fases 12, que pode converter a tensão de CC a partir do suprimento de CC 11 para tensão de CA ao motor de CA 13 por meio do inversor 12. É entendido que o circuito de CC/CA 10 pode incluir adicionalmente outros elementos adicionais, tais como um diodo D1, um capacitor C1 mostrado na Figura 1 e outros elementos não mostrados que são de tecnologia conhecida.

O inversor de múltiplas fases 12 pode incluir múltiplas unidades de comutação, por exemplo, conforme mostrado, seis unidades de comutação K1 a K6 correspondentes a um inversor de três fases podem ser empregadas, que são operadas pelo controle do sistema de controle 14. O motor de CA 13 pode precisar de uma tensão de alto nível para acionar; portanto, cada uma das unidades de comutação K1 a K6 deve encarregar-se da tensão de alto nível. Para impedir que as unidades de comutação K1 a K6 sejam danificadas pela tensão de alto nível, cada uma das unidades de comutação K1 a K6 é configurada para incluir pelo menos dois comutadores eletrônicos conectados em série como uma única unidade de comutação, tal como usando-se dois IGBTs conectados em série. Como tal, os IGBTs podem compartilhar a tensão de alto nível em cada um dos dois comutadores eletrônicos conectados em série. Portanto, cada um dos comutadores eletrônicos é exposto a uma tensão de nível relativamente baixo que está sob a faixa aceitável de cada comutador eletrônico. O número e tipo dos comutadores eletrônicos conectados em série podem variar de acordo com as necessidades de nível de tensão real e a característica dos comutadores eletrônicos usados.

Além disso, os comutadores eletrônicos conectados em série devem ter um controle sincronizado de modo que os mesmos correspondam a uma única unidade de comutação em termos de função. O seguinte descreve realizações da invenção pelas quais o sistema de controle 14 funciona para comutar de modo sincronizado os comutadores eletrônicos conectados em série usando-se circuitos de baixo custo e simples.

A Figura 2 é uma realização que ilustra um circuito 140 para comutar dois comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2 de uma unidade de comutação K1 do circuito de CC/CA 10 da Figura 1. Nessa realização ilustrada, o número dos comutadores eletrônicos conectados em série da unidade de comutação K1 é dois e o tipo dos comutadores eletrônicos Q1 e Q2 é IGBT. O número e o tipo dos comutadores eletrônicos podem variar se necessário. As outras unidades de comutação K2 a K6 têm configuração similar que da unidade de comutação K1, assim, somente a unidade de comutação K1 é descrita doravante no presente documento. Em outras realizações, o circuito 140 também pode ser usado em um circuito de CA/CC usando-se a maneira similar.

Tipicamente, o circuito 140 inclui dois circuitos de excitação 141 e 142, para controlar respectivamente os dois comutadores eletrônicos Q1 e Q2 para serem ligados e desligados de acordo com comandos de controle a partir do sistema de controle 14. O circuito de excitação 141 inclui um terminal de acionamento G1 eletricamente acoplado à porta do comutador eletrônico Q1, e um terminal de aterramento E1 eletricamente acoplado ao emissor do comutador eletrônico Q1. Similarmente, o circuito de excitação 142 inclui um terminal de acionamento G2 eletricamente acoplado à porta do comutador eletrônico Q2 e um terminal de aterramento E2 eletricamente acoplado ao emissor do comutador eletrônico Q2.

Para implantar a comutação de modo sincronizado aos dois

comutadores eletrônicos Q1 e Q2 através dos dois circuitos de excitação 141 e 142, dois indutores magneticamente acoplados L1 e L2 como um circuito indutor de modo sincronizado 144 são introduzidos no circuito 140. O indutor L1 é eletricamente acoplado entre o terminal de acionamento G1 do circuito de excitação 141 e a porta do comutador eletrônico Q1, e o indutor L2 é eletricamente acoplado entre o terminal de acionamento G2 do circuito de excitação 142 e a porta do comutador eletrônico Q2.

Referindo-se à Figura 3, uma vista esquemática dos dois indutores magneticamente acoplados L1 e L2 de acordo com uma realização é mostrada. Nessa realização ilustrada, os dois indutores magneticamente acoplados L1 e L2 incluem um núcleo magnético comum, tal como um núcleo magnético com formato de anel 1441, um primeiro enrolamento 1442, e um segundo enrolamento 1443. O primeiro enrolamento 1442 e o segundo enrolamento 1443 são respectivamente enrolados em posições diferentes do núcleo magnético 1441, por exemplo, dispostos simetricamente. O primeiro enrolamento 1442 juntamente com o núcleo magnético 1441 atua como o indutor L1 no circuito indutor de modo sincronizado 144. O segundo enrolamento 1443 juntamente com o núcleo magnético 1441 atua como o indutor L2 no circuito indutor de modo sincronizado 144. Os dois enrolamentos 1442 e 1443 podem ter interferência de tensão de alto nível entre si, assim, os dois enrolamentos 1442 e 1443 são dispostos no núcleo magnético 1441 em um modo de isolamento, tal como usando-se um modo de isolamento a ar ou semelhante para reduzir interferência. Além disso, em certas realizações, a relação de volta do primeiro enrolamento 1442 e do segundo enrolamento 1443 é de 1:1. Em outras realizações, o formato do núcleo magnético comum pode variar tal como pode ter um formato de retângulo.

Referindo-se à Figura 2 e Figura 4 juntamente, a Figura 4 mostra uma vista de comparação de ondas de simulação de tensão e corrente do

circuito 140 da Figura 2, com e sem os indutores magneticamente acoplados L1 e L2. É assumido que exibe uma diferença de tempo ΔT entre a tensão de acionamento V_{G1} do circuito de excitação 141 e a tensão de acionamento V_{G2} do circuito de excitação 142 por algumas razões. Para propósito ilustrativo, a tensão de acionamento V_{G1} é mais rápida que a tensão de acionamento V_{G2} como um exemplo.

Quando os dois indutores magneticamente acoplados L1 e L2 não são aplicados no circuito 140, nomeadamente o terminal de acionamento G1 é eletricamente acoplado de modo direto à porta do comutador eletrônico Q1, e o terminal de acionamento G2 é eletricamente acoplado de modo direto à porta do comutador eletrônico Q2, no momento quando a tensão de acionamento V_{G1} (nomeadamente o sinal de controle de comutação ao comutador eletrônico Q1) alcança uma borda ascendente, o comutador eletrônico Q1 é ligado, e no momento quando a tensão de acionamento V_{G1} alcança uma borda decrescente, o comutador eletrônico Q1 é desligado. Similarmente, no momento quando a tensão de acionamento V_{G2} (nomeadamente o sinal de controle de comutação ao comutador eletrônico Q2) alcança uma borda ascendente, o comutador eletrônico Q2 é ligado, e no momento quando a tensão de acionamento V_{G2} alcança uma borda decrescente, o comutador eletrônico Q2 é desligado. Em que, em eletrônicos, uma borda de sinal é uma transição em um sinal digital ou de baixo para alto (0 a 1) ou de alto para baixo (1 a 0). O mesmo é chamado de uma "borda" pelo fato de que a onda quadrada que representa um sinal tem bordas nesses pontos. Uma "borda ascendente" é a transição de baixo para alto. Um "borda decrescente" é a transição de alto para baixo.

Devido à diferença de tempo ΔT exibida entre a tensão de acionamento V_{G1} e a tensão de acionamento V_{G2}, a corrente de acionamento I_{G1} através do portão do comutador eletrônico Q1 não é sincronizada com a

corrente de acionamento I_{G2} através do portão do comutador eletrônico Q2. Em outras palavras, a corrente de acionamento I_{G1} é mais rápida que a corrente de acionamento I_{G2} (consulte as linhas pontilhadas da Figura 4). Nesse ponto, a tensão de coletor-emissor V_{CE2} do comutador eletrônico Q2 é muito maior que a tensão de coletor-emissor V_{CE1} do comutador eletrônico Q1 durante o intervalo de ligamento ΔT(ligado) (consulte as linhas pontilhadas da Figura 4), que pode resultar em dano ao comutador eletrônico Q2. Similarmente, a tensão de coletor-emissor V_{CE1} do comutador eletrônico Q1 é muito maior que a tensão de coletor-emissor V_{CE2} do comutador eletrônico Q2 durante o intervalo de desligamento ΔT(desligado) (consulte as linhas pontilhadas da Figura 4), que pode resultar em dano ao comutador eletrônico Q1.

Quando os dois indutores magneticamente acoplados L1 e L2 são aplicados no circuito 140, nomeadamente o terminal de acionamento G1 é eletricamente acoplado à porta do comutador eletrônico Q1 através do indutor L1, e o terminal de acionamento G2 é eletricamente acoplado à porta do comutador eletrônico Q2 através do indutor L2, o desequilíbrio de tensão entre os dois comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2 será significativamente reduzido. Em detalhe, durante o intervalo de ligamento ΔT(ligado), Q1 é ligado mais rápido que Q2. Portanto, a corrente de acionamento I_{G1} flui antes da corrente de acionamento I_{G1}. Isso induziria uma tensão positiva através do enrolamento 1442 do indutor L1 e induziria uma tensão negativa através do enrolamento 1443 do indutor L2, que pode sincronizar a corrente de acionamento I_{G1} e a corrente de acionamento I_{G2} para se tornar uma corrente de acionamento sincronizada I_{ligado} (consulte as linhas sólidas da Figura 4), e, então, sincronizar a tensão de coletor-emissor V_{CE1} e a tensão de coletor-emissor V_{CE1} para se tornarem uma tensão de coletor-emissor sincronizada V_{ligado} (consulte as linhas sólidas da Figura 4).

De uma maneira similar, durante o intervalo de desligamento

ΔT(desligado), a corrente de acionamento I_{G1} e a corrente de acionamento I_{G2} são sincronizadas a uma corrente de acionamento $I_{desligado}$ (consulte as linhas sólidas da Figura 4), e, então, a tensão de coletor-emissor V_{CE1} e a tensão de coletor-emissor V_{CE1} são sincronizadas a uma tensão de coletor-emissor $V_{desligado}$ (consulte as linhas sólidas da Figura 4). Devido aos sinais de entrada dos dois comutadores eletrônicos conectados em série, Q1 e Q2 são sincronizados através da regulação dos indutores magneticamente acoplados L1 e L2, a tensão de portão de cada um dos comutadores eletrônicos Q1 e Q2 estará dentro de uma faixa aceitável, que pode impedir que Q1 e Q2 sejam danificados.

Conforme mencionado acima, cada unidade de comutação, tal como a unidade de comutação K1, inclui pelo menos dois comutadores eletrônicos conectados em série como uma única unidade de comutação. Quando o número dos comutadores eletrônicos é maior que dois, o número do circuito indutor de modo sincronizado 144 será aumentado de acordo. O número de comutadores eletrônicos é igual ao número de circuito indutor de modo sincronizado 144 mais um. A Figura 5 é uma ilustração de uma realização que mostra um diagrama de circuito do circuito 140 para comutar mais que dois comutadores eletrônicos Q1, Q2...Qn da unidade de comutação K1 do circuito de CC/CA 10 da Figura 1.

Conforme ilustrado adicionalmente na Figura 5 exceto para o primeiro e o último circuitos de excitação 141 e 143n, para cada um dos outros circuitos de excitação, o terminal de acionamento (tal como mostrado G2) é conectado a um indutor L1 de um circuito indutor de modo sincronizado 144 e, então, conectado a um indutor L2 de um circuito indutor de modo sincronizado adjacente superior 144, e, então, conectado à porta do comutador eletrônico correspondente. Portanto, todos os indutores L1 e L2 em todos os circuitos indutores de modo sincronizado 144 podem induzir tensão para sincronizar

todos os sinais de entrada dos comutadores eletrônicos conectados em série Q1, Q2...Qn. O princípio de operação é similar à realização da Figura 2, e, assim, não descrito novamente.

Com base na realização da Figura 2, outra realização é mostrada na Figura 6 que inclui adicionalmente dois diodos de sujeição D1 e D2. O diodo de sujeição D1 é eletricamente acoplado entre um suprimento de CC V_{cc} e a porta do comutador eletrônico Q1, para fornecer uma tensão de sujeição para Q1. O diodo de sujeição D2 é eletricamente acoplado entre um suprimento de CC V_{cc} e a porta de Q2, para fornecer uma tensão de sujeição a Q2. Na realização ilustrada, o suprimento de CC V_{cc} é a fonte de CC dos circuitos de excitação 141 e 142. Em outras realizações, o suprimento de CC V_{cc} pode ser outra fonte de CC individual. O nível de tensão do suprimento de CC V_{cc} está sob a tensão permissível máxima dos comutadores eletrônicos Q1 e Q2, para assegurar que a tensão de portão de Q1 e Q2 não exceda sua faixa de tensão permissível máxima. Similarmente, para a realização da Figura 5, cada circuito de excitação também fornece um diodo de sujeição para proteger adicionalmente o comutador eletrônico correspondente.

Referindo-se à Figura 7, uma vista esquemática do circuito de CC/CA 10 da Figura 1 de acordo com uma realização é mostrada. Como um exemplo, cada uma das unidades de comutação K1 a K6 inclui dois comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2. Em outra realização, conforme mencionado acima, o número dos comutadores eletrônicos conectados em série pode variar se necessário. Para cada um dos comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2, um circuito de sujeição 146 é fornecido adicionalmente para grampear pelo menos dois níveis de tensão diferentes para o comutador eletrônico correspondente quando o circuito de CC/CA 10 é um circuito de conversão de potência de múltiplos níveis.

Para clareza, somente uma fase do circuito de CC/CA 10 é mostrada na Figura 8, e as outras fases não são mostradas. Na Figura 8, o sistema de controle 14 emite sinais de controle para comutar níveis de tensão grampeada dos circuitos de sujeição 146 para grampear níveis de tensão diferentes para os comutadores eletrônicos correspondentes com base em condições de tensão de sujeição diferentes.

Por exemplo, uma vez que os comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2 da unidade de comutação K1 são operados em um nível de tensão baixa, tal como quando a unidade de comutação K1 sustenta metade da tensão de ligação de CC, que também pode ser referido como operação em um modo de corte (chopping mode), os circuitos de sujeição 146 conectados a Q1 e Q2 são controlados para comutar para um nível de tensão de sujeição baixo. Isso fornece uma baixa tensão de sujeição para Q1 e Q2. Uma vez que Q1 e Q2 da unidade de comutação K1 são operados em um nível de voltagem alto, tal como quando a unidade de comutação K1 sustenta a tensão de ligação de CC total, que também pode ser referido como operação em um modo de roda-livre (freewheeling mode), os circuitos de sujeição 146 são controlados para comutar em um alto nível de tensão de sujeição, que fornece uma alta tensão de sujeição a Q1 e Q2. Os circuitos de sujeição 146 podem ajustar dinamicamente os níveis de tensão de sujeição para as unidades de comutação K1 e K2 com base em seus níveis de tensão operada. Isso em termo pode impedir uma possibilidade de passa através dentre K1 e K2.

Referindo-se à Figura 9, um diagrama de circuito do circuito de sujeição 146 de acordo com uma realização é mostrado. O circuito de sujeição 146 inclui um resistor R, um diodo D, um primeiro diodo zener Da0, um segundo diodo zener Da1, um comutador eletrônico Ka1, e um circuito de excitação 1462. O cátodo de Da0 é conectado ao coletor do comutador

eletrônico correspondente Q1. O anodo de Da0 é conectado ao cátodo de Da1. O anodo de Da1 é conectado ao anodo do diodo D. O cátodo de D é conectado à porta do comutador eletrônico correspondente Q1 através do resistor R. O resistor R e o diodo D fornecem a função de limitação de corrente e a função de controle de direção de corrente. O comutador eletrônico Ka1 é conectado entre os dois terminais de Da1. O circuito de excitação 1462 é usado para controlar Ka1 para serem ligados e desligados de acordo com comandos de controle a partir do sistema de controle 14. O comutador eletrônico Ka1 pode ser um transistor tal como um IGBT, ou outros tipos de comutador eletrônico tal como um de atraso e assim por diante. Quando Ka1 é controlado para ser ligado, Da1 não é útil no circuito de sujeição 146 e somente Da0 é usado para fornecer uma tensão de sujeição. Em outras palavras, quando Ka1 é controlado para ser ligado, o circuito de sujeição 146 fornece um nível de tensão de sujeição baixo para o comutador eletrônico Q1. Quando Ka1 é controlado para ser desligado, Da1 é usado juntamente com Da0 no circuito de sujeição 146, que significa fornecer um nível de tensão de sujeição alto para o comutador eletrônico Q1. Em outras realizações, o circuito de sujeição 146 pode ser alterado usando-se outras configurações de circuito para fornecer níveis de tensão de sujeição diferentes, tais como pelo uso de alguns chips de ajuste de tensão por exemplo.

Referindo-se à Figura 10, uma onda de sinal de um sinal de controle de comutação V_{cmd} a partir do circuito de excitação 1462 do circuito de sujeição 146 da Figura 9 de acordo com uma realização é mostrada. A onda de sinal do sinal de controle de comutação V_{cmd} do circuito de excitação 1462 é uma onda quadrada como um exemplo. Durante o período 0 a T1, T2 a T3, e T4 a T5, o comutador eletrônico Ka1 é controlado para ser ligado, e durante o período T1 a T2 e T3 a T4, Ka1 é controlado para ser desligado. É entendido que o sinal de controle de comutação V_{cmd} pode ser determinado

antecipadamente com base em níveis de tensão de saída real do circuito de CC/CA 10.

Referindo-se à Figura 11, um diagrama de circuito do circuito de sujeição 146 de acordo com outra realização é mostrado. Comparada com a realização da Figura 9, essa realização ilustrada fornece múltiplos diodos zener conectados em série Da0, Da1, Da2...Dan, e correspondentemente fornece múltiplos comutadores eletrônicos Ka1, Ka2...Kan respectivamente conectados entre dois terminais dos diodos zener Da1, Da2...Dan, e correspondentemente fornece múltiplos circuitos de excitação 1462 respectivamente usados para controlar os comutadores eletrônicos Ka1, Ka2...Kan para serem ligados e desligados de acordo com comandos de controle a partir do sistema de controle 14. O circuito de sujeição 146 da Figura 11 pode fornecer mais que dois níveis de tensão de sujeição para o comutador eletrônico correspondente Q1 de acordo com exigências.

Referindo-se à Figura 12, um circuito 140 para comutar dois comutadores eletrônicos conectados em série Q1 e Q2 de uma unidade de comutação K1 do circuito de CC/CA 10 da Figura 1, de acordo com outra realização é mostrado. Comparados com a realização da Figura 6, dois circuitos de sujeição 146 (revelados na Figura 9) são introduzidos adicionalmente para fornecer pelo menos dois níveis de tensão de sujeição para os comutadores eletrônicos Q1 e Q2.

Embora a invenção tenha sido descrita em referência a realizações exemplificativas, será entendido por aqueles versados na técnica que várias alterações podem ser feitas e equivalentes podem ser substituídos por elementos dos mesmos sem se afastar do escopo da invenção. Adicionalmente, muitas modificações podem ser feitas para adaptar um material ou situação em particular aos ensinamentos da invenção sem se afastar do escopo essencial dos mesmos. Portanto, pretende-se que a

invenção não seja limitada à realização revelada em particular como o melhor modo contemplado para efetuar essa invenção, mas que a invenção irá incluir todas as realizações abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

Deve-se entender que, não necessariamente, todos esses objetivos ou vantagens descritos acima podem ser atingidos de acordo com qualquer realização em particular. Assim, por exemplo, aqueles versados na técnica irão reconhecer que os sistemas e técnicas descritos no presente documento podem ser incorporados ou efetuados de uma maneira que atinja ou otimize uma vantagem ou grupo de vantagens conforme ensinado no presente documento sem necessariamente atingir outros objetivos ou vantagens, conforme pode ser ensinado ou sugerido no presente documento.

REIVINDICAÇÕES

1. CIRCUITO, que compreende:

um primeiro comutador eletrônico e um segundo comutador eletrônico que são eletricamente acoplados em série;

um primeiro circuito de excitação e um segundo circuito de excitação, para controlar respectivamente o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos para serem ligados e desligados, em que o primeiro e o segundo circuitos de excitação são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos; e

um primeiro indutor e um segundo indutor que são magneticamente acoplados entre si; em que

o primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico; e

o segundo indutor é eletricamente acoplado entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico.

2. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 1, em que o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos compreendem transistores bipolares de porta isolada (IGBTs).

3. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 2, em que um terminal de acionamento do primeiro circuito de excitação é eletricamente acoplado à porta do primeiro comutador eletrônico através do primeiro indutor, um terminal de aterramento do primeiro circuito de excitação é eletricamente acoplado ao emissor do primeiro comutador eletrônico; um terminal de acionamento do segundo circuito de excitação é eletricamente acoplado à porta

do segundo comutador eletrônico através do segundo indutor, um terminal de aterramento do segundo circuito de excitação é eletricamente acoplado ao emissor do segundo comutador eletrônico.

4. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 1, em que o primeiro e o segundo indutores magneticamente acoplados incluem um núcleo magnético comum, um primeiro enrolamento e um segundo enrolamento, em que o primeiro enrolamento é enrolado no núcleo magnético comum que atua como o primeiro indutor, e o segundo enrolamento é enrolado no núcleo magnético comum que atua como o segundo indutor.

5. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 4, em que o núcleo magnético comum tem formato de anel.

6. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 4, em que o primeiro enrolamento e o segundo enrolamento são simetricamente enrolados em posições diferentes do núcleo magnético comum.

7. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 4, em que a relação de volta do primeiro enrolamento e do segundo enrolamento é de 1:1.

8. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 4, em que o primeiro enrolamento e o segundo enrolamento são dispostos no núcleo magnético em um modo de isolamento.

9. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 1, que compreende adicionalmente:

um primeiro diodo de sujeição eletricamente acoplado entre um suprimento de CC e o primeiro comutador eletrônico, para fornecer uma tensão de sujeição ao primeiro comutador eletrônico; e

um segundo diodo de sujeição eletricamente acoplado entre um suprimento de CC e o segundo comutador eletrônico, para fornecer uma tensão de sujeição ao segundo comutador eletrônico.

10. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 1, que

compreende adicionalmente:

um primeiro circuito de sujeição, para fornecer pelo menos duas tensões de sujeição diferentes ao primeiro comutador eletrônico; e

um segundo circuito de sujeição, para fornecer pelo menos duas tensões de sujeição diferentes ao segundo comutador eletrônico.

11. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 10, em que cada um dentre o primeiro e o segundo circuitos de sujeição compreende:

um primeiro diodo zener e um segundo diodo zener eletricamente acoplados em série, e ambos eletricamente acoplados um ao outro entre dois terminais daquele correspondente dentre o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos;

um terceiro comutador eletrônico eletricamente acoplado entre dois terminais do segundo diodo zener; e

um terceiro circuito de excitação para controlar o terceiro comutador eletrônico a ser ligado e desligado.

12. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 11, em que cada um dentre o primeiro e o segundo circuitos de sujeição compreende adicionalmente:

um ou mais terceiros diodos zener eletricamente acoplados ao segundo diodo zener em série;

um ou mais quartos comutadores eletrônicos respectivamente acoplados de modo elétrico entre dois terminais dos um ou mais terceiros diodos zener; e

um ou mais quartos circuitos de excitação para controlar respectivamente os um ou mais quartos comutadores eletrônicos a serem ligados e desligados.

13. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 11, em que cada um dentre o primeiro e o segundo circuitos de sujeição compreende

adicionalmente um diodo e um resistor eletricamente acoplados ao primeiro e ao segundo diodos zener em série.

14. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 11, em que o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos compreendem transistores bipolares de porta isolada (IGBTs), o primeiro e o segundo diodos zener são eletricamente acoplados entre a porta e os terminais de coleta daqueles correspondentes dentre o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos.

15. CIRCUITO, que compreende:

um primeiro comutador eletrônico, um segundo comutador eletrônico e um terceiro comutador eletrônico que são eletricamente acoplados em série;

um primeiro circuito de excitação, um segundo circuito de excitação, e um terceiro circuito de excitação para controlar respectivamente o primeiro, o segundo e o terceiro comutadores eletrônicos a serem ligados e desligados, em que o primeiro, o segundo e o terceiro circuitos de excitação são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro, o segundo e o terceiro comutadores eletrônicos;

um primeiro indutor e um segundo indutor que são magneticamente acoplados entre si; e

um terceiro indutor e um quarto indutor que são magneticamente acoplados entre si; em que

o primeiro indutor é eletricamente acoplado ao primeiro circuito de excitação e entre o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico;

o segundo indutor e o terceiro indutor são eletricamente acoplados em série e, então, o segundo e o terceiro indutores são eletricamente acoplados entre o segundo circuito de excitação e o segundo

comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico; e

o quarto indutor é eletricamente acoplado ao terceiro circuito de excitação e entre o terceiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do terceiro circuito de excitação ao terceiro comutador eletrônico.

16. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 15, em que o primeiro, o segundo e o terceiro comutadores eletrônicos compreendem transistores bipolares de porta isolada (IGBTs).

17. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 15, em que:

um terminal de acionamento do primeiro circuito de excitação é eletricamente acoplado à porta do primeiro comutador eletrônico através do primeiro indutor, um terminal de aterramento do primeiro circuito de excitação é eletricamente acoplado ao emissor do primeiro comutador eletrônico;

um terminal de acionamento do segundo circuito de excitação é eletricamente acoplado à porta do segundo comutador eletrônico através do segundo e do terceiro indutores, um terminal de aterramento do segundo circuito de excitação é eletricamente acoplado ao emissor do segundo comutador eletrônico; e

um terminal de acionamento do terceiro circuito de excitação é eletricamente acoplado à porta do terceiro comutador eletrônico através do quarto indutor, um terminal de aterramento do terceiro circuito de excitação é eletricamente acoplado ao emissor do terceiro comutador eletrônico.

18. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 15, em que:

o primeiro e o segundo indutores magneticamente acoplados incluem um primeiro núcleo magnético comum, um primeiro enrolamento e um segundo enrolamento; o primeiro enrolamento é enrolado no primeiro núcleo magnético comum que atua como o primeiro indutor e o segundo enrolamento

é enrolado no primeiro núcleo magnético comum que atua como o segundo indutor; e

o terceiro e o quarto indutores magneticamente acoplados incluem um segundo núcleo magnético comum, um terceiro enrolamento e um quarto enrolamento; o terceiro enrolamento é enrolado no segundo núcleo magnético comum que atua como o terceiro indutor, o quarto enrolamento é enrolado no segundo núcleo magnético comum que atua como o quarto indutor.

19. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 15, que compreende adicionalmente:

um primeiro diodo de sujeição eletricamente acoplado entre um suprimento de CC e o primeiro comutador eletrônico, para fornecer uma tensão de sujeição ao primeiro comutador eletrônico;

um segundo diodo de sujeição eletricamente acoplado entre um suprimento de CC e o segundo comutador eletrônico, para fornecer uma tensão de sujeição ao segundo comutador eletrônico; e

um terceiro diodo de sujeição eletricamente acoplado entre um suprimento de CC e o terceiro comutador eletrônico, para fornecer uma tensão de sujeição ao terceiro comutador eletrônico.

20. CIRCUITO, de acordo com a reivindicação 15, que compreende adicionalmente:

um primeiro circuito de sujeição, para fornecer pelo menos duas tensões de sujeição diferentes ao primeiro comutador eletrônico;

um segundo circuito de sujeição, para fornecer pelo menos duas tensões de sujeição diferentes ao segundo comutador eletrônico; e

um terceiro circuito de sujeição, para fornecer pelo menos duas tensões de sujeição diferentes ao terceiro comutador eletrônico.

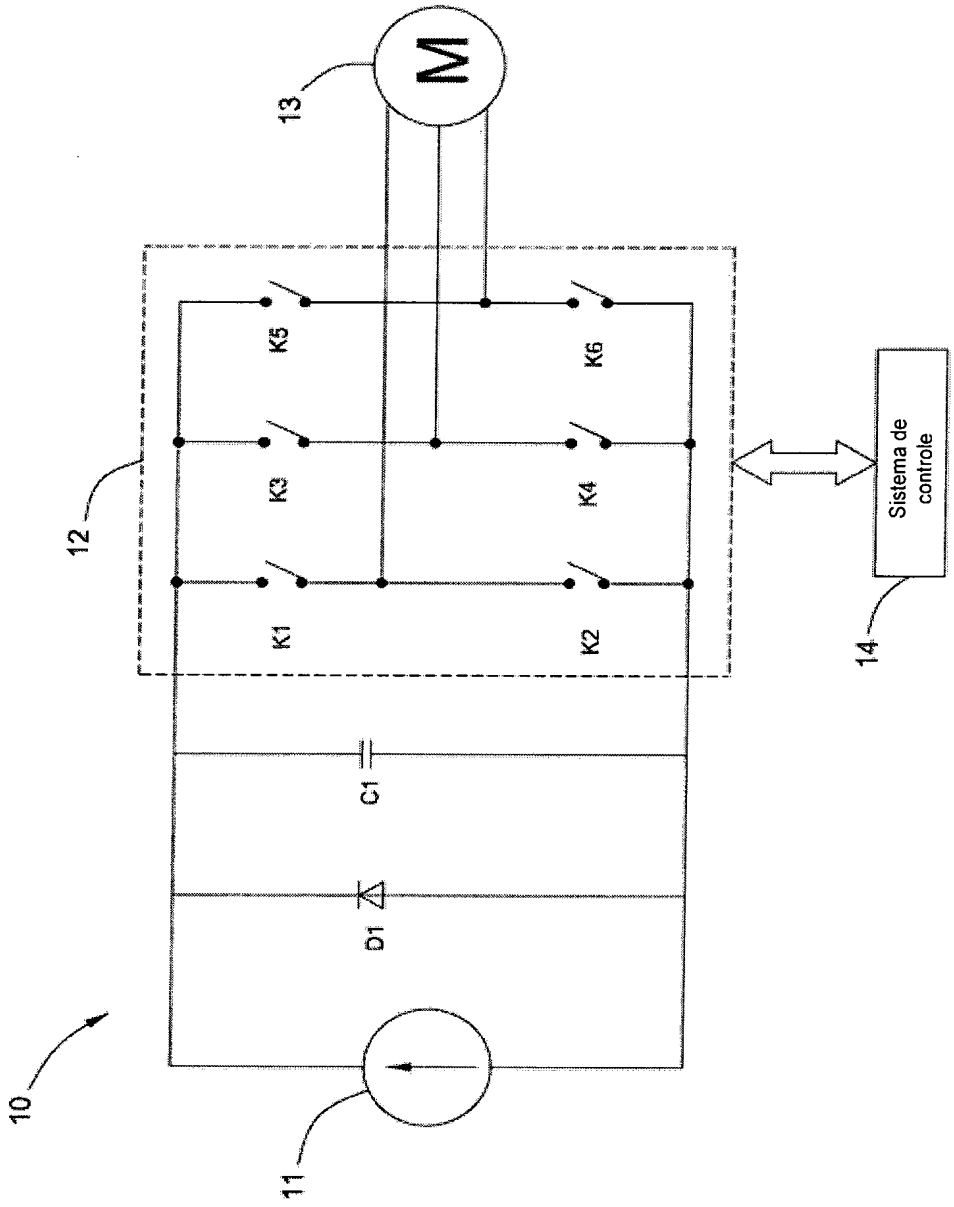


Fig. 1

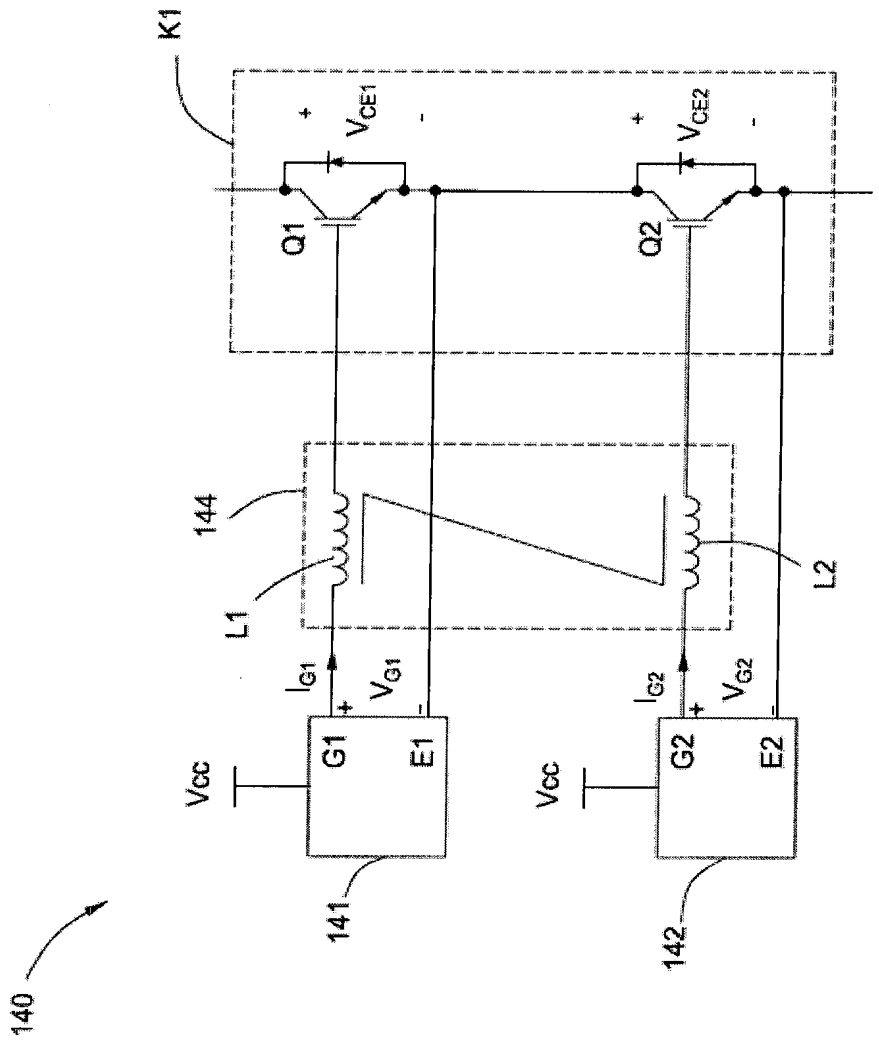

K1
+
V_{CE1}
-
+
V_{CE2}
-
Q1
Q2
144
L1
L2
I_{G1}
V_{G1}
I_{G2}
V_{G2}
Vcc
G1
E1
Vcc
G2
E2
141
142
140

Fig. 2

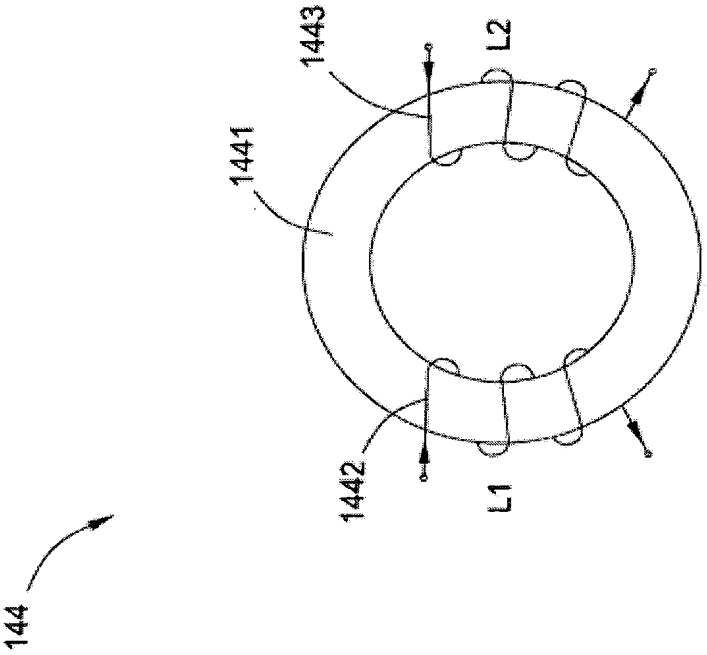


Fig. 3

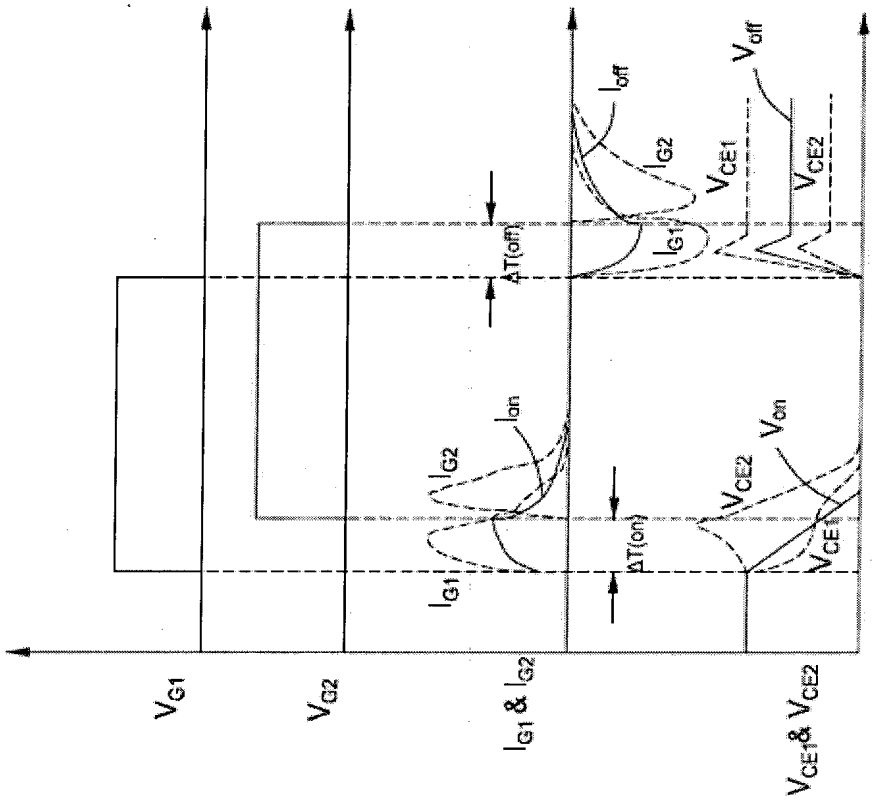

V_{G1}
V_{G2}
I_{G1} & I_{G2}
V_{CE1} & V_{CE2}
I_{off}
I_{G2}
V_{CE1}
V_{off}
V_{CE2}
I_{G1}
ΔT(off)
I_{on}
I_{G2}
V_{CE2}
V_{on}
I_{G1}
ΔT(on)
V_{CE1}

Fig. 4

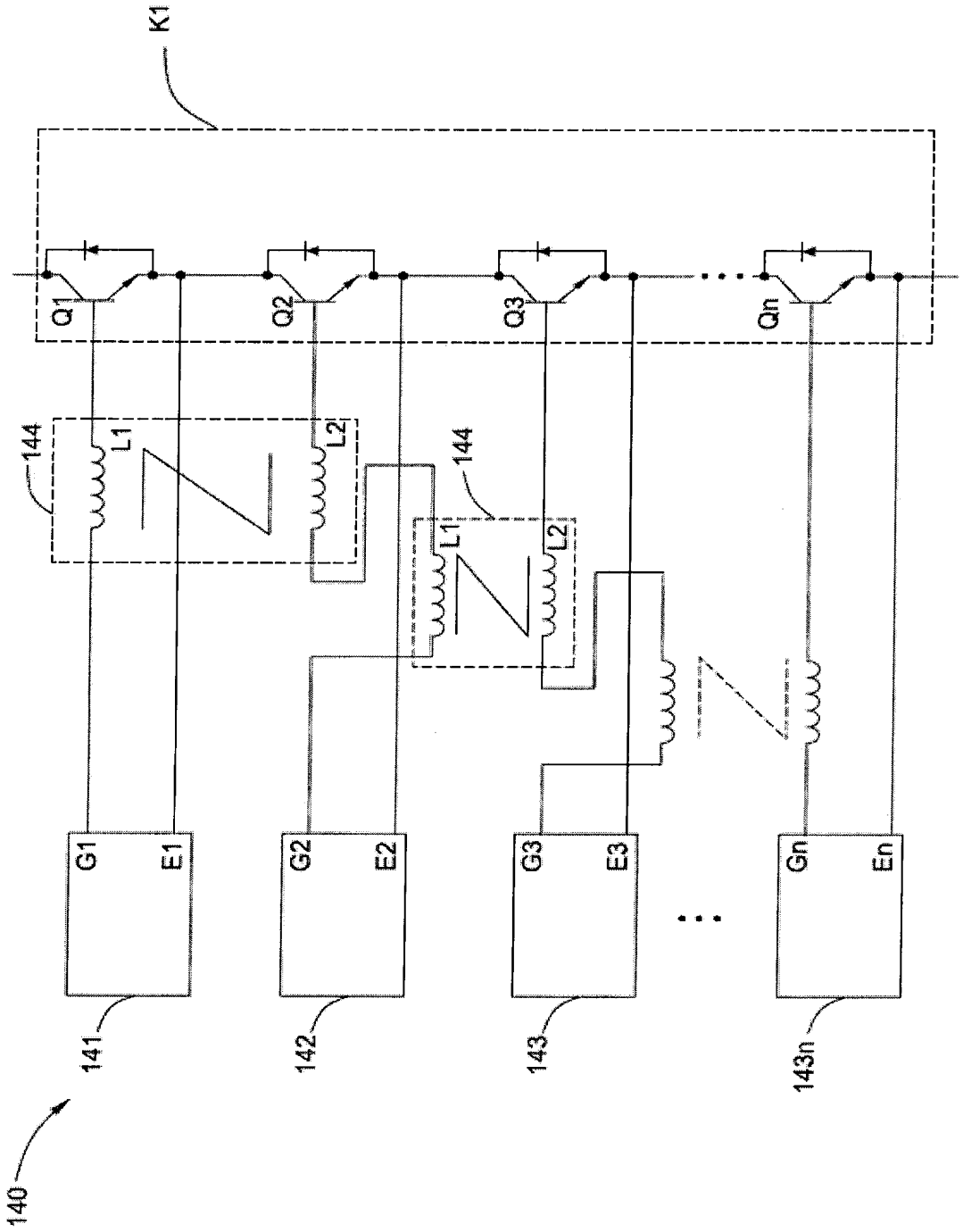

K1
Q1
Q2
Q3
Qn
144
L1
L2
144
L1
L2
G1
E1
G2
E2
G3
E3
Gn
En
141
142
143
143n
140

Fig. 5

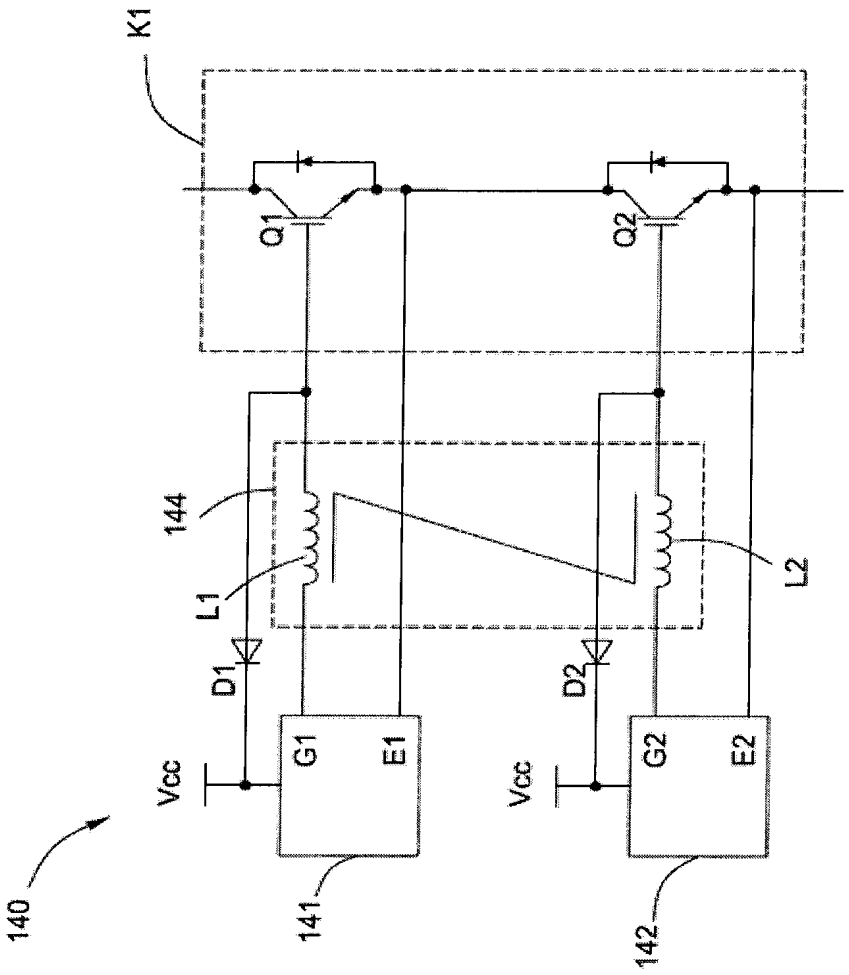


Fig. 6

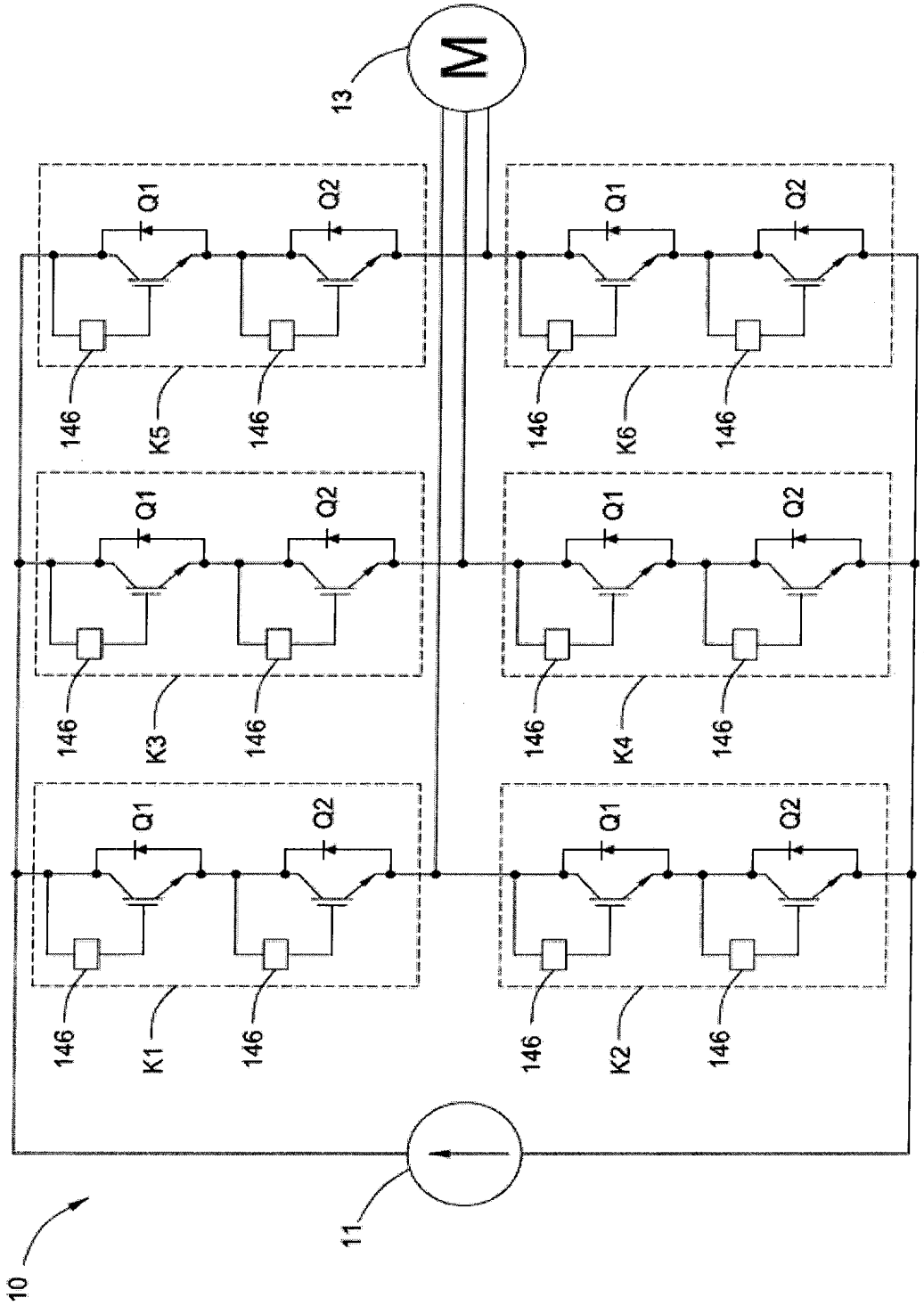


Fig. 7

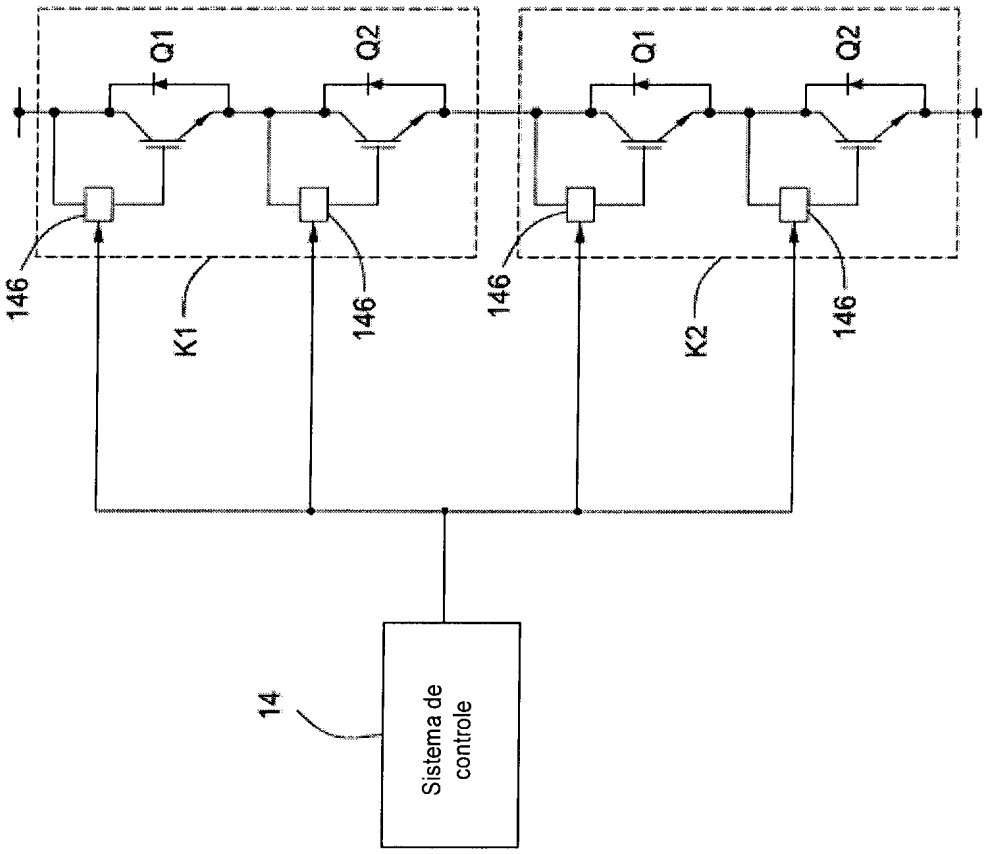


Fig. 8

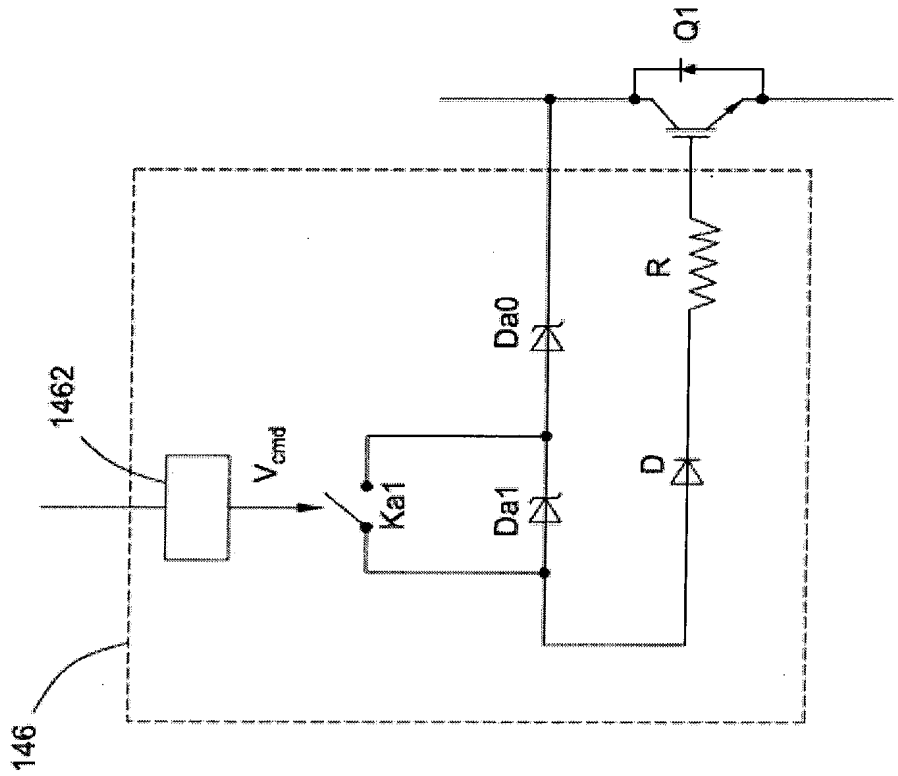


Fig. 9

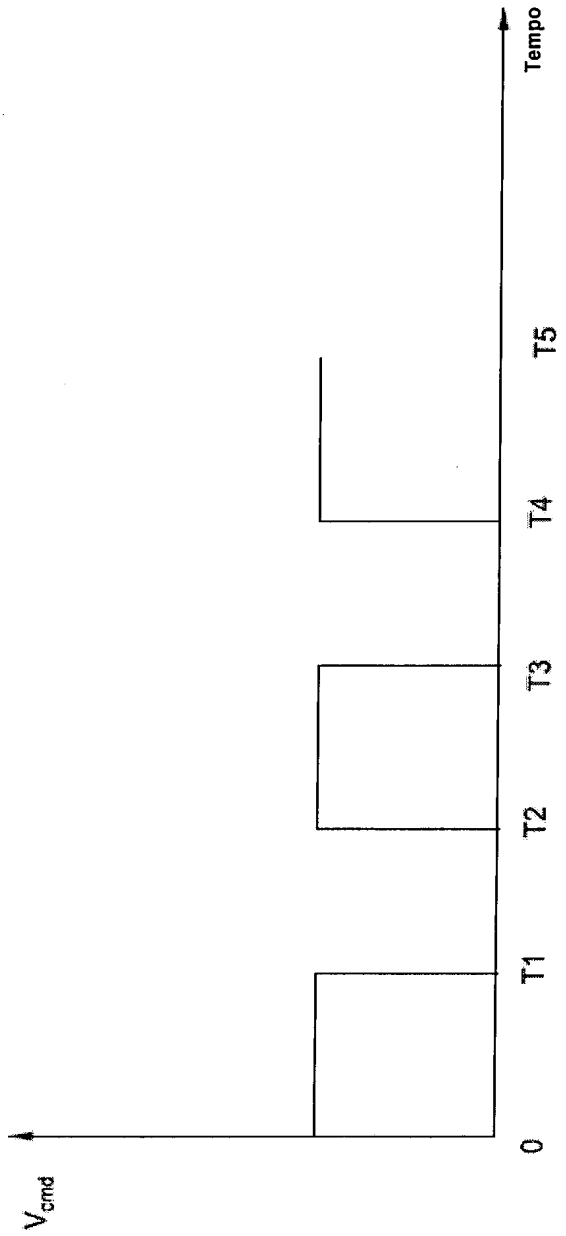


Fig. 10

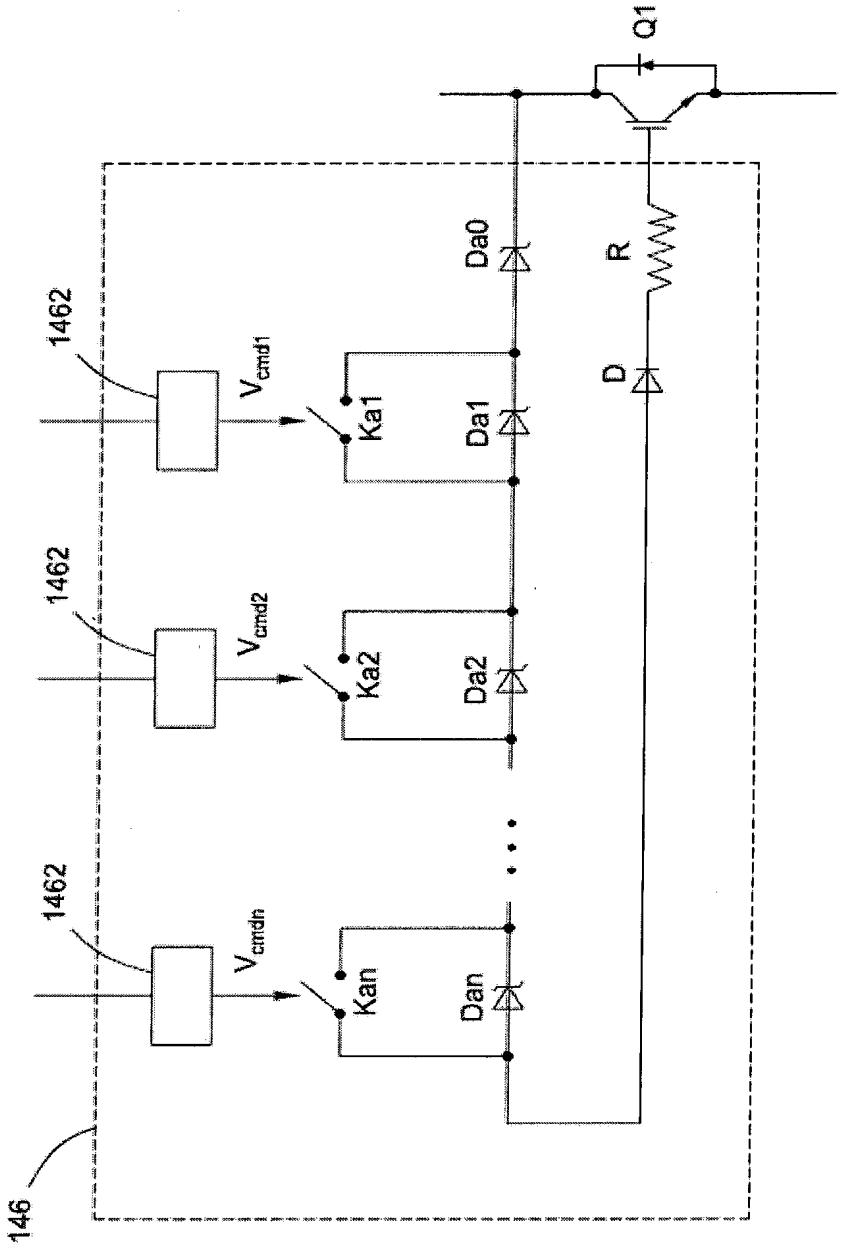

Q1
R
D
Da0
Da1
Da2
Dan
Ka1
Ka2
Kan
1462
1462
1462
V_{cmd1}
V_{cmd2}
V_{cmdn}
146

Fig. 11

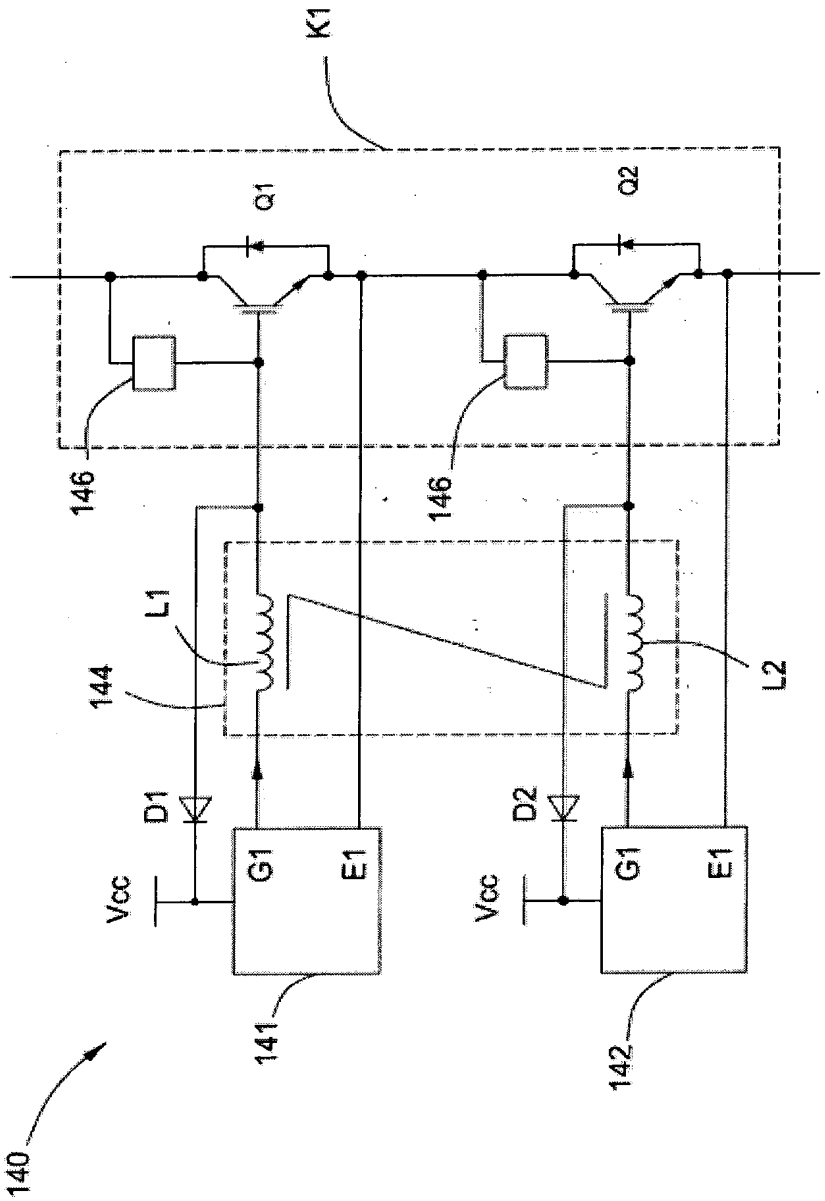


Fig. 12

RESUMO

"CIRCUITO"

Trata-se de um circuito que inclui um primeiro e um segundo comutadores eletrônicos, um primeiro e um segundo circuitos de excitação e um primeiro e um segundo indutores. O primeiro e o segundo comutadores eletrônicos são eletricamente acoplados em série. O primeiro e o segundo circuitos de excitação são usados para controlar respectivamente o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos para serem ligados e desligados e são configurados para comutar de modo sincronizado o primeiro e o segundo comutadores eletrônicos. O primeiro indutor é eletricamente acoplado entre o primeiro circuito de excitação e o primeiro comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do primeiro circuito de excitação ao primeiro comutador eletrônico. O segundo indutor é eletricamente acoplado entre o segundo circuito de excitação e o segundo comutador eletrônico, para transmitir o sinal de controle de comutação do segundo circuito de excitação ao segundo comutador eletrônico.