



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

(11) PI 0008892-7 B1

(22) Data do Depósito: 11/01/2000

(45) Data de Concessão: 02/01/2018



(54) Título: INSTALAÇÃO PARA PROTEÇÃO DE CONVERSORES DE TENSÃO CC/CA.

(51) Int.Cl.: B60L 3/00; B60L 7/06

(30) Prioridade Unionista: 19/01/1999 EP 99870008.2

(73) Titular(es): ALSTOM BELGIUM S.A.

(72) Inventor(es): ALEXIS COLASSE; JEAN-EMMANUEL MASSELUS

"INSTALAÇÃO PARA PROTEÇÃO DE CONVERSORES DE TENSÃO CC/CA"

Objeto do invento

[0001] O presente invento refere-se, antes de mais, a um processo que apresenta uma função de proteção em tensão de um conversor e uma função de pulsação de travagem numa cadeia de propulsão.

[0002] O presente invento refere-se igualmente ao dispositivo para a concretização deste processo.

Estado anterior da técnica na base do invento

[0003] Tradicionalmente, os motores elétricos de propulsão, tais como os motores síncronos, assíncronos ou mesmo contínuos, são equipados com um conversor. Um exemplo de um conversor é o inversor de tensão, que permite fornecer uma tensão alternada a partir de uma tensão contínua obtida na catenária. Com efeito, para fornecer energia a uma carga constituída por motores elétricos de propulsão, que geralmente são trifásicos, é necessário propor um sistema trifásico em tensão o mais próximo possível de um sistema trifásico senoidal equilibrado, variável em frequência e em amplitude. O inversor é um dispositivo que permite atingir esse fim e que, em geral, utiliza componentes de potência, tais como tirístores, GTOs, etc.

[0004] Até à data, os semicondutores que são usados como interruptores nos conversores e, em particular, nos inversores, permitem uma suportaçãõ de tensão importante em comparação com a tensão da rede catenária.

[0005] No caso particular de uma tensão catenária nominal contínua de 3 kV, propõe-se utilizar, por exemplo, dois GTOs de 4,5 kV em série. Obtém-se, assim, uma margem de segurança importante permitindo aguentar a tensão nos terminais do

inversor em qualquer caso de funcionamento.

[0006] Por outro lado, se se produzir um bloqueamento do conversor devido, por exemplo, a uma sobretensão catenária, observa-se uma sobretensão momentânea particularmente importante na entrada do conversor. Esta sobretensão depende essencialmente dos parâmetros do conversor em si mesmo, do filtro de entrada, do eventual corte de corrente e da própria linha catenária.

[0007] Desde há algum tempo que apareceram novos tipos de interruptores estáticos. Entre estes, pode-se citar os "IGBT" [Insulated Gate Bipolar Transistor (Transístor Bipolar de Porta Isolada)], os MGT, os IGCT,... De um modo geral, estes dispositivos podem dispensar a utilização de dispositivos de ajuda à comutação (snubber), sendo que o comando se efetua pela mola.

[0008] Em particular, desde que se utilizam semicondutores desta nova geração e, particularmente, no caso dos IGBT, pode-se permitir uma suportação de tensão máxima reduzida. Com efeito, basta colocar dois IGBT de 3,3 kV em série, no caso de uma tensão catenária nominal contínua de 3 kV. Isto significa que a margem de segurança em tensão   também desde logo reduzida e, por isso, é necessário utilizar-se um dispositivo de proteção que permita cortar o pico de tensão do filtro de entrada do conversor, a fim de garantir que a tensão máxima nos terminais dos semicondutores jamais ultrapasse o seu valor máximo. O princípio de tais sistemas de proteção é particularmente simples e prevê que, quando a tensão ultrapassa um teto máximo, o dispositivo de proteção ativa-se e não se desativa a não ser quando a tensão voltar a passar para baixo de um teto mínimo. Contudo, a necessidade

de colocar um dispositivo de proteção por corte do pico de tensão implica igualmente a utilização de um dispositivo de consumo de potência na entrada do conversor e, na prática, de resistências.

[0009] Habitualmente, os conversores de propulsão são equipados, para além do filtro de entrada disposto a montante do conversor, em certos casos particulares, com um pulsor de travagem.

[0010] O documento "IGBT inverter system for rolling stock" em nome de Horie A. et al. descreve o funcionamento clássico de um pulsor de travagem segundo o estado da técnica. Ele não descreve um dispositivo de sobretensão.

[0011] O documento "Elektrische Ausrüstung der Triebzüge Baureihe 481/482 für die S-Bahn Berlin' elektrische Bahnen" em nome de Ernst G. et al. não descreve o funcionamento de proteção contra as sobretensões provenientes da rede. Neste pedido, é muito provável que a sobretensão seja retomada pelos semicondutores, uma vez que se trata de semicondutores do tipo GTO.

Objetivos do invento

[0012] O presente invento visa propor a utilização de interruptores da nova geração tais como os IGBT em conversores, prevendo um dispositivo de proteção.

[0013] Por outro lado, o presente invento visa igualmente propor uma instalação destinada a concretizar o processo, permitindo uma utilização racional dos equipamentos de controle da travagem e de proteção contra as sobretensões na entrada do conversor que alimenta os motores.

Principais elementos característicos do invento

[0014] O presente invento refere-se a uma instalação

destinada a permitir a alimentação de um motor de propulsão que se apresenta sob a forma de uma carga, a partir de uma rede contínua que constitui a fonte, por intermédio de um conversor, de meios de proteção de sobretensões por corte do pico compreendendo resistências destinadas a desviar o excesso de tensão e de um pulsor de travagem compreendendo resistências de travagem destinadas a desviar a corrente de travagem, sendo as resistências dos meios de proteção das sobretensões por corte do pico e as resistências de travagem as mesmas resistências que se encontram dispostas em circuitos separados colocados em paralelo.

[0015] De um modo particularmente vantajoso, as resistências são alimentadas alternadamente quando da travagem e simultaneamente quando do corte do pico.

[0016] Mais precisamente, cada resistência está ligada em série a um semiconductor de controle distinto.

[0017] Segundo uma forma preferencial de concretização, num ponto intermediário da citada rede contínua são ligados pelo menos dois semicondutores de controle, cada um deles ligado pelo menos a uma resistência, estando as resistências ligadas aos pares aos dois pólos da rede.

[0018] Segundo uma outra forma preferencial de concretização, as resistências estão ligadas em série com os semicondutores que controlam a corrente no sentido direto.

[0019] Por outro lado, cada uma das citadas resistências é ligada em paralelo (de um modo tradicional) a um díodo de roda livre que interdita a corrente contínua.

[0020] O presente invento refere-se igualmente ao processo de alimentação de um motor de propulsão que se apresenta sob a forma de uma carga, a partir de uma rede contínua que

constitui a fonte, utilizando a instalação acima descrita, e através do qual se comandam os semicondutores de controle das ditas resistências alternadamente quando da travagem e simultaneamente quando do corte do pico.

[0021] De um modo particularmente vantajoso, comanda-se os citados semicondutores de controle na base de um modo de funcionamento alternado por entrelaçamento.

Breve descrição das figuras

[0022] A figura 1 representa o esquema de princípio da cadeia de propulsão que compreende os diferentes módulos e circuitos de potência tais como o circuito de entrada, o filtro de entrada, o pulsor de travagem, o inversor e o motor elétrico, no caso de uma utilização de interruptores conforme o estado da técnica.

[0023] A figura 2 representa o esquema de princípio de um pulsor de travagem no caso de uma utilização de interruptores da nova geração tais como os IGBT.

[0024] A figura 3 representa o esquema de princípio de um dispositivo de proteção que funciona por corte de pico, necessário quando da utilização de interruptores da nova geração tais como os IGBT, na cadeia de propulsão tal como representada na figura 1.

[0025] A figura 4 representa o esquema de princípio da solução proposta segundo o presente invento que associa as funções de pulsor de travagem e de corte do pico de tensão.

[0026] As figuras 5 e 6 representam os princípios de comando do pulsor de travagem e do dispositivo de corte do pico de tensão, respectivamente.

Descrição detalhada de uma forma preferencial de concretização do presente invento

[0027] Na figura 1 representou-se a cadeia completa de propulsão de dois motores de propulsão M1 e M2. Segundo a forma de concretização representada na figura 1, a montante destes motores trifásicos de propulsão M1 e M2, está disposto um inversor de três níveis tradicional E com três ramos para alimentar as três fases R, S, T dos ditos motores, um pulsor de travagem C e um filtro de entrada A, ele próprio diretamente ligado por intermédio de um circuito de entrada 0 à catenária 15 de 3000 V e ao carril 16. Tradicionalmente, os diferentes componentes dos dispositivos de potência são GTOs que não necessitam da utilização de um dispositivo suplementar de proteção de tensão (corte do pico de tensão).

[0028] No caso de uma utilização de interruptores atuais como os IGBT, é necessário utilizar, no caso de uma catenária a 3000 V, dois transístores IGBT em cada um dos ramos, a fim de aguentar a potência. Neste caso, os dois transístores IGBT são dispostos em paralelo e são eles próprios em série com uma resistência de travagem. Tal como já mencionado anteriormente, é necessário adicionar-lhes um dispositivo de proteção tal como representado na figura 3, permitindo o corte do pico de tensão do filtro de entrada e do conversor. Tradicionalmente, cada ramo é composto por um interruptor IGBT, ele próprio em série com um diodo e uma resistência de corte do pico em paralelo.

[0029] Na prática, observa-se que, no caso de travagem, quando a tensão entre os pontos L1 (ligada à catenária através do filtro de entrada) e o ponto L2 (em ligação com os carris) se torna superior a um limite, o que significa que a linha já não pode mais recuperar a energia de travagem, limita-se a tensão nos condensadores 3 e 4 ativando os

semicondutores de controle 5 e 6. Estes desviam a corrente em direção às resistências de pulsação 7 e 8.

[0030] O ponto intermédio L3 entre os semicondutores 5 e 6 está ligado ao ponto intermédio L4 entre os condensadores 3 e 4 do filtro de entrada A.

[0031] O pulsor de travagem B que equipa a maioria dos conversores de tração está dimensionado para uma potência importante.

[0032] A fim de diminuir os custos, propõe-se uma solução tal como representada na figura 4, que associa as funções de pulsor de travagem e de dispositivo de corte do pico de tensão no seio de um único dispositivo de potência.

[0033] Para este fim, as resistências 7 e 8 são desdobradas em 11+, 12+, 11- e 12-. Os semicondutores IGBT que alimentam as resistências, em série com estas, são igualmente desdobrados: 13+, 14+, 13- e 14-. Infelizmente, o dimensionamento do dispositivo que deve agir como dispositivo de corte do pico impõe uma resistência de corte do pico fraca para gerar uma corrente suficientemente importante com vista a uma boa proteção em tensão dos semicondutores do dispositivo de corte do pico e do inversor (não representado nas figuras 2 e 4), que deve ser ligada aos terminais L5 e L6.

[0034] Ora, o emprego de uma resistência fraca favorável ao corte do pico conduziria a uma corrente demasiado importante e, conseqüentemente, a perdas exageradas no dispositivo quando ele funcionasse como pulsor de travagem.

[0035] Segundo o presente invento, a solução consiste em acionar alternadamente a corrente que percorre as resistências quando elas são utilizadas na função de pulsação

de travagem.

[0036] Quando o pulsor de travagem C funciona como dispositivo de corte do pico de tensão, a potência térmica a dissipar ao nível das resistências é menor, visto o tempo de funcionamento ser curto. Neste caso, os pares de semicondutores de controle, 13+ e 14+ e 13- e 14- são comandados simultaneamente e as resistências 11+ e 12+ e 11- e 12- são alimentadas paralelamente, ainda que a resistência equivalente entre os pontos L1 e L2 seja metade da resistência equivalente obtida quando do funcionamento em pulsor de travagem.

[0037] Note-se que, para um efeito dado como pulsor de travagem, a resistência não está sobredimensionada. Ela é simplesmente constituída por duas partes separadas.

[0038] O invento permite reduzir a frequência de comutação dos semicondutores que funcionam em pulsor de travagem sem modificar a frequência nos condensadores do filtro de entrada. Reduz-se, assim, as perdas por comutação no pulsor de frequência.

[0039] Isto permite, por conseguinte, beneficiar das vantagens do modo de funcionamento alternado (por entrelaçamento).

[0040] Além disso, as perdas por condução não são aumentadas: na sequência do desdobramento da resistência alimentada por cada semicondutor de controle, a corrente que ele conduz é reduzida a metade, mas esta corrente é conduzida duas vezes devido à alternância do funcionamento dos semicondutores de controle.

[0041] Em compensação, quando do funcionamento em corte do pico de tensão, a resistência equivalente é reduzida a

metade, o que permite uma proteção em tensão eficiente graças a uma corrente dupla.

[0042] O princípio de funcionamento em pulsor de travagem está descrito no diagrama da figura 5 relativo (a título de exemplo) aos semicondutores de controle 13+ e 14+ que atuam alternadamente. Durante um período de tempo T , 13+ atua durante um tempo $\delta T/2$, arrancando no tempo 0, e 14+ atua durante o mesmo tempo $\delta T/2$ com arranque no momento $T/2$. O período $\delta T/2$ é determinado segundo a importância do efeito de pulsação a realizar, isto é, da potência a dissipar.

[0043] Por outro lado, o diagrama da figura 6 mostra a ação simultânea, em cada período T , dos semicondutores 13+ e 14+ durante um tempo δT quando estes funcionem como cortadores do pico de tensão.

[0044] Segundo o presente invento, o corte do pico de tensão deve ter lugar quando a tensão ultrapassa o limite máximo de suporte dos semicondutores do pulsor de travagem C e/ou do inversor E, devido, designadamente, a uma sobretensão na catenária 15 ou a um bloqueamento do inversor.

[0045] Neste caso, o dispositivo eletrônico de comando bloqueia o inversor de tração E e o funcionamento de corte do pico é desencadeado, mesmo que não seja requerida a intervenção como pulsor de travagem.

[0046] O corte do pico desvia a corrente para as resistências então dispostas em paralelo, ligando para um limite alto e desligando para um limite baixo, de modo a manter a tensão abaixo de um valor máximo, tensão de suporte com a segurança dos semicondutores. É o tempo decorrido entre as passagens por estes dois limites que determina a duração δT (ver figura 5). Se este funcionamento ultrapassa uma

determinada duração, uma segurança complementar assegura a abertura do disjuntor catenário inserido no circuito de entrada D.

[0047] De um modo vantajoso, previu-se utilizar dispositivos que não necessitam de reconfiguração por contator, permitindo a eletrônica esta reconfiguração automática.

[0048] O exemplo de execução escrito anteriormente baseia-se na utilização de um inversor de três níveis. Entende-se que a aplicação do processo num inversor de dois níveis poderia efetuar-se sem dificuldade pelo técnico da especialidade e não se exclui do presente invento.

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação para proteção de conversores de tensão CC/CA, destinada a permitir a alimentação de um motor, na forma de uma carga (M), no início de uma rede em corrente contínua que constitui a fonte, por intermédio de um conversor (E), meios de proteção de sobretensões por meio de corte do pico (B) compreendendo resistências destinadas a desviar o excesso de tensão e de um pulsor de travagem (C) compreendendo resistências de travagem destinadas a desviar a corrente de travagem, cada resistência sendo conectada em série com um semicondutor separado e no qual as mesmas resistências (11+, 12+, 11- e 12-), caracterizada pelo fato de as resistências serem arranjadas em circuitos separados colocados em paralelo e que o controle dos semicondutores (13+, 14+, 13- e 14-) das resistências (11+, 12+, 11- e 12-) são controlados de uma maneira alternada durante a operação de travagem e de uma maneira sincrónica durante a operação de corte de pico.

2. Instalação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os semicondutores de controle (13+, 14+, 13- e 14-) das resistências (11+, 12+, 11- e 12-) ser controle na forma de operação alternada por meio de interação.

3. Instalação para proteção de conversores de tensão CC/CA, na forma de uma carga (M) no início de uma rede em corrente contínua constituindo a fonte por intermédio de um conversor (E), de meios de proteção de sobretensões por corte do pico (B) compreendendo resistências destinadas a desviar o excesso de tensão e de um pulsor de travagem (C) compreendendo resistências de travagem destinadas a desviar a corrente de travagem, cada resistência sendo conectada em série com um semicondutor separado (13+, 14+, 13- e 14-), a resistência

dos meios para proteção a partir do excesso de tensão por meio do corte do pico e as resistências de travagem sendo as mesmas resistências (11+, 12+, 11- e 12-), caracterizada pelo fato de as resistências serem arrançadas em circuitos separados que estão dispostos em paralelo e no qual os semicondutores de controle (13+, 14+, 13- e 14-) das resistências agem naquelas resistências de modo que elas sejam supridas com energia elétrica de uma maneira alternada durante a operação de travagem e de uma maneira sincrônica durante a operação de corte de pico.

4. Instalação, de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de as resistências (11+, 12+, 11- e 12-) serem conectadas em série com semicondutores (13+, 14+, 13- e 14-), controlando a corrente no sentido direto, ou seja, na direção a partir do polo positivo (L1) em direção ao polo negativo (L2).

5. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 ou 4, caracterizada pelo fato de cada uma das resistências (11+, 12+, 11- e 12-) estar ligada em paralelo com um diodo (9 ou 10) que impede a corrente contínua, ou seja, na direção a partir do polo positivo (L1) em direção ao polo negativo (L2).

6. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 3 a 5, caracterizada pelo fato de o conversor (E) ser um conversor em dois-estágios.

7. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 3 a 5, caracterizada pelo fato de o conversor (E) ser um conversor em três-estágios com um estágio conectado a um ponto intermediário (L3) da rede de circuito.

8. Instalação, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada

pelo fato de as resistências (11+, 12+, 11- e 12-) compreender um primeiro grupo de resistências (11+, 12+) entre o polo positivo (L1) da rede de circuito e o ponto intermediário (L3), e um segundo grupo de resistências (11-, 12-) entre o polo negativo (L2) da rede de circuito e o ponto intermediário (L3).

9. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 ou 8, caracterizada pelo fato de o ponto intermediário (L3) da rede de circuito contínuo, estar conectado a pelo menos dois semicondutores de controle (13+, 14+, 13- e 14-) que são conectados, cada um, a pelo menos uma resistência (11+, 12+, 11- e 12-), as resistências sendo conectadas em pares aos dois polos da rede de circuito (L1, L2).

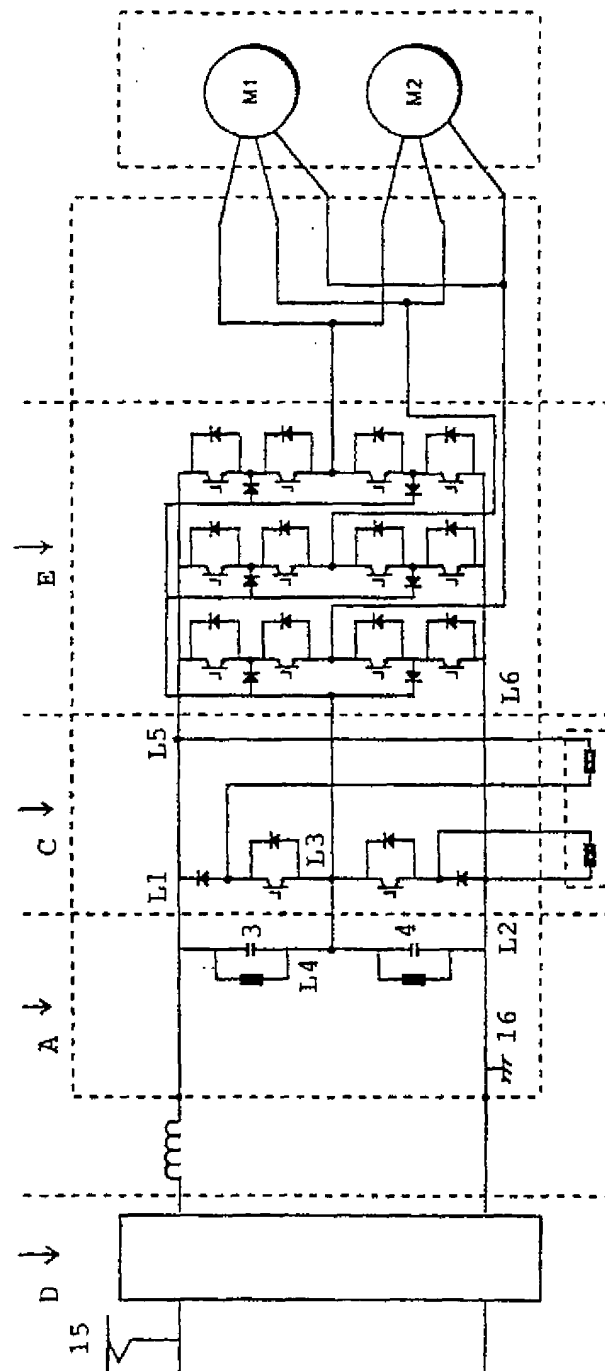


FIG. 1

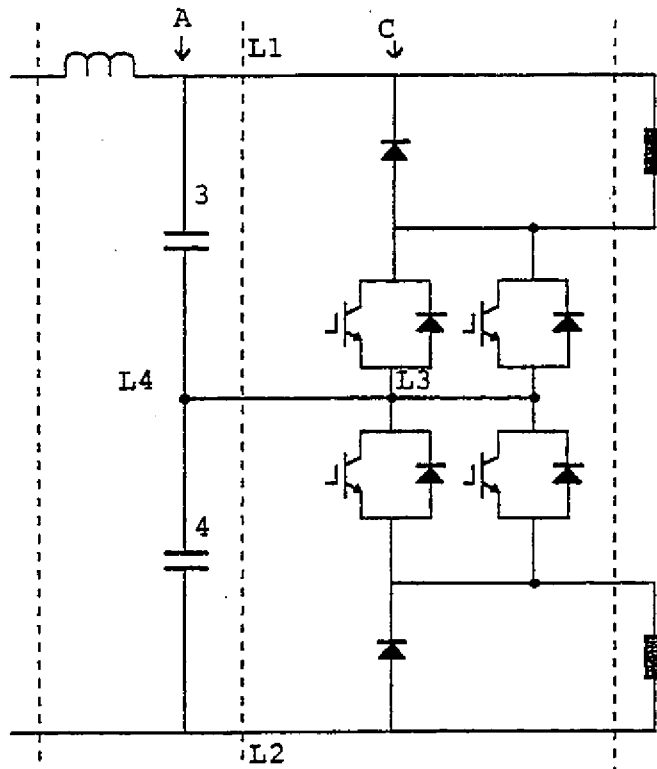


FIG. 2

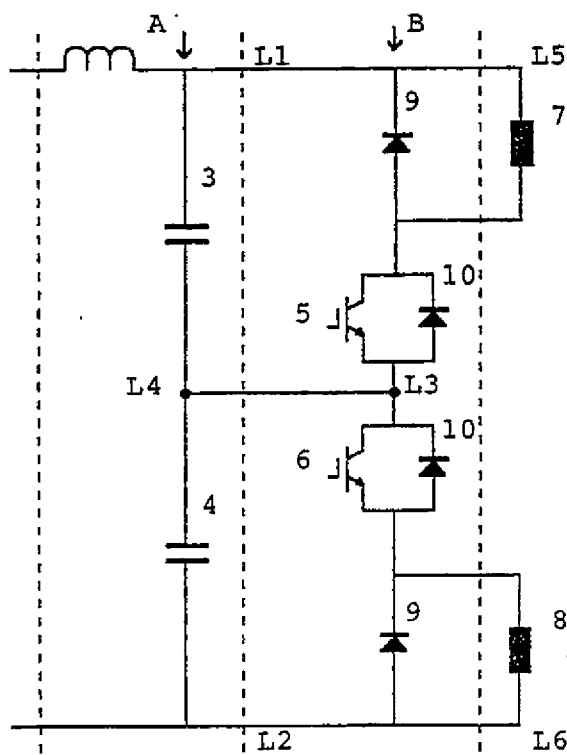
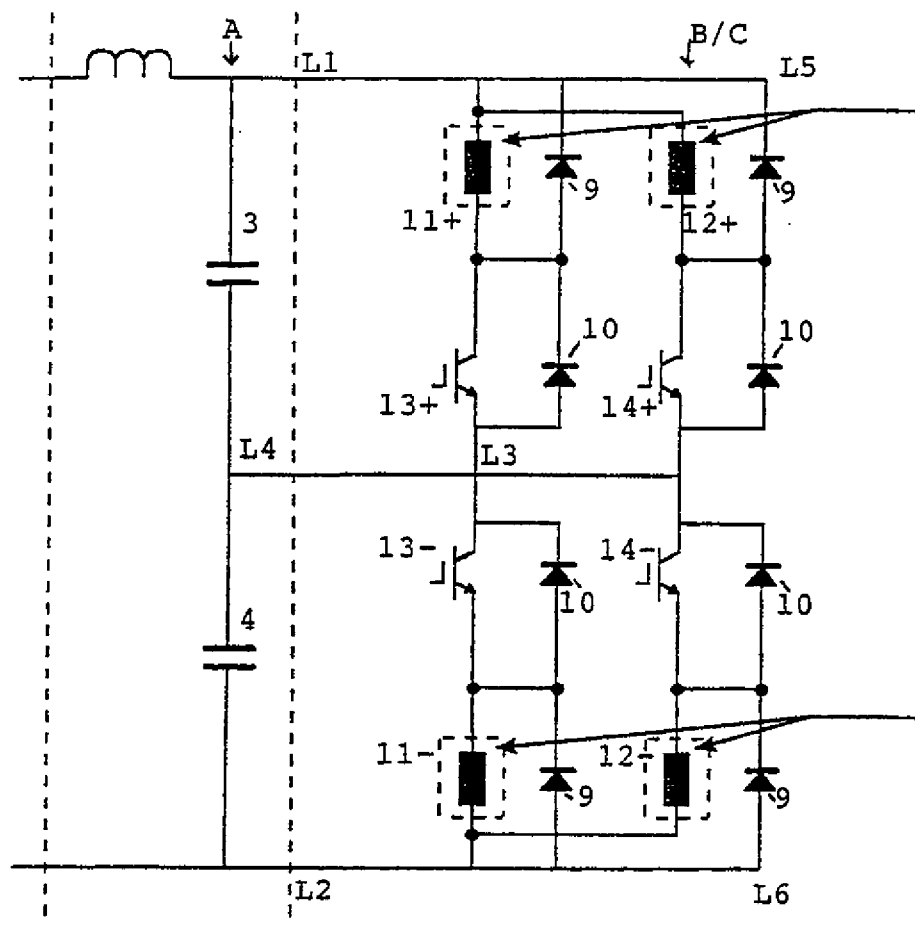


FIG. 3

**FIG. 4**

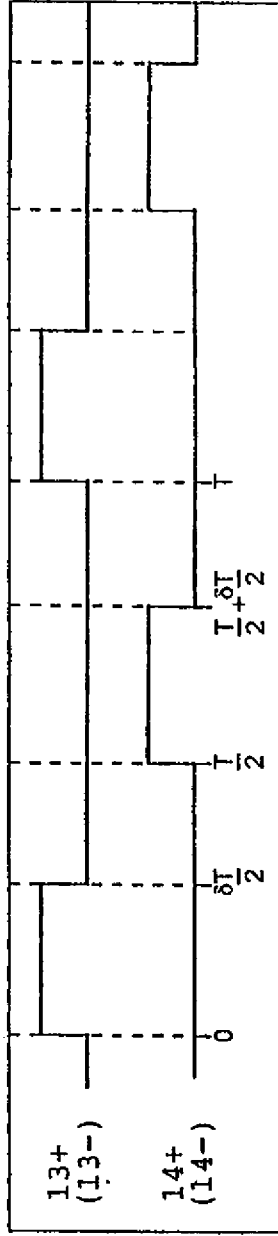


FIG. 5

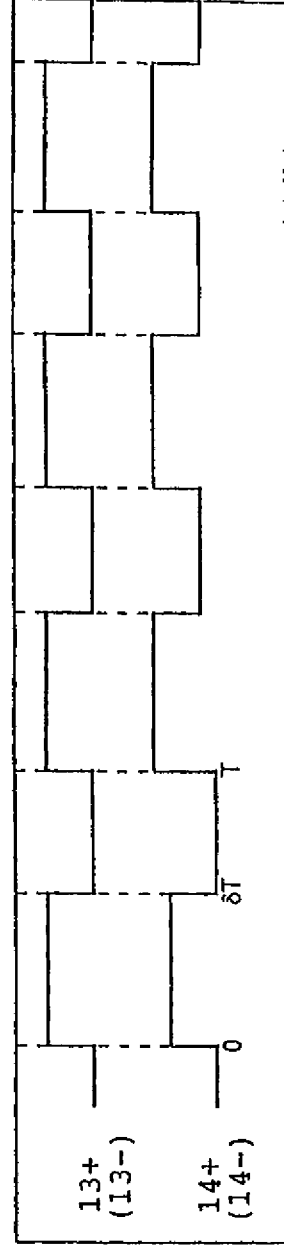


FIG. 6