

DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 98 263

REQUERENTE: GENERAL ELECTRIC COMPANY, norte-americana,
com sede em 1285 Boston Avenue, Bridgeport
Conneticut 06601 Estados Unidos da América

EPÍGRAFE: Aparelho para controlo de um conversor de
potência utilizando um circuito de comuta-
ção ressonante auxiliar

INVENTORES: Rik Wivina Anna Adelson DeDoncker e
James Patrick Francis Lyons

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris
de 20 de Março de 1883.

Estados Unidos da América, em 17 de Setembro de 1990
sob o nº 07/583 910



PATENTE Nº

"Aparelho para controlo de um conversor de potência utilizando um circuito de comutação ressonante auxiliar"

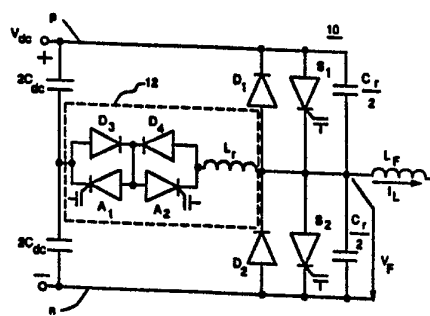
para que

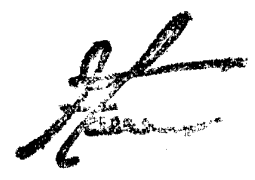
GENERAL ELECTRIC COMPANY, pretende obter privilégio de invenção em Portugal.

R E S U M O

O presente invento refere-se a um aparelho para controlar um conversor de potência e a um circuito de comutação auxiliar associado que proporciona comutação integrada de todos os dispositivos de comutação empregue no mesmo. Um tal conversor de potência inclui um conversor com, pelo menos, dois dispositivos de comutação principais por fase. Através de cada dispositivo de comutação principal são ligados um diodo antiparalelo e um condensador de amortecimento relativamente grande. O circuito de comutação ressonante auxiliar compreende dois dispositivos de comutação auxiliar com acoplamento antiparalelo acoplados em série ao circuito ressonante incluindo um indutor e os condensadores de amortecimento. Os tempos de actuação de porta e condução, dos dispositivos de comutação principal e auxiliar são controlador de modo a adicionar energia intensificada à operação ressonante, assegurando assim que a tensão de saída de inversor, pelo menos, atinja as tensões inversora de barramento positiva e negativa, durante cada ciclo de comutação ressonante. Como um resultado disso, o controlo consegue a comutação do pólo conversor sem perdas substanciais de comutação.

FIG. 1



MEMÓRIA DESCRITIVA

Este invento foi realizado com suporte governamental sob o contrato N61533-89-C-0004 da DARPA. O governo dos Estados Unidos da América tem certos direitos neste invento.

Campo do invento

O presente invento refere-se genericamente a conversores de potência. Mais particularmente, o presente invento refere-se a um aparelho para controlar um conversor de potência ressonante, controlando adequadamente um circuito de comutação ressonante auxiliar, para conseguir comutação integrada dos dispositivos de comutação do conversor.

Antecedentes do invento

Para superar o problema das perdas de comutação do dispositivo activo em conversores de potência, enquanto se permite a operação em frequências de comutação mais altas, foram desenvolvidos conversores de comutação integrada. Em geral, existem dois tipos de conversores de comutação integrada ou ressonantes: de comutação de tensão zero e de comutação de corrente zero. A comutação de tensão zero envolve a comutação dos dispositivos activos, quando existe tensão zero através dos mesmos. A comutação de corrente zero envolve a comutação dos dispositivos activos, quando existe corrente zero através dos mesmos. Infelizmente, no entanto, resultam, geralmente, fadigas mais altas de tensão ou corrente da operação de tais conversores de potência de comutação integrada, necessitando a utilização de dispositivos com classes de tensão ou corrente mais altas, respectivamente.

Recentemente, foi proposto um circuito de amortecimento ressonante LC disparado por dispositivos de comutação auxiliares, para minimizar as elevadas fadigas dinâmicas verificadas, quando se ligam, ou desligam os dispositivos de comutação principais num inversor. Como descrito por W. J. McMurray num escrito intitulado "Resonant Snubbers Auxiliary Switches", 1989 IEEE-IAS Conference

-3-

Proceedings, págs. 829-834, cada um dos dispositivos de comutação principal de um inversor, tendo dois dispositivos por membro de fase, ou pólo, é acoplado em paralelo com um condensador suficientemente grande, para obter condições de desligar de tensão substancialmente zero. O controlo proporciona inicialmente um sinal de desligar para um dos dispositivos de comutação principais de um pólo inversor e, subseqüentemente, dispara a dispositivo de comutação auxiliar, para proporcionar um circuito temporário para absorver as tarefas de ligar de elevada fadiga do outro dispositivo de comutação principal do pólo inversor, de uma maneira que não deixa energia retida após a comutação. Em particular, o circuito ressonante LC faz idealmente oscilar a tensão de saída de um barramento de potência para o outro, tempo no qual o dispositivo de comutação principal oposto é ligado. Vantajosamente esta topologia de circuito de amortecimento ressonante não impõe quaisquer penalidades de tensão ou corrente nos dispositivos principais. Além disso, cada fase inversora pode ser controlada independentemente, utilizando modulação de largura de impulso, que resulta em formas de onda conversoras, tendo distorção harmónica baixa.

Na prática, no entanto, utilizando o aparelho de controlo descrito atrás, a tensão de saída ressonante pode falhar por falta da tensão de barramento oposta devido às resistências componentes, perdas de condução de dispositivo e potencial de força inadequado. Como resultado disto, o dispositivo de comutação seguinte no pólo inversor pode ser ligado pode ser comutado no pico da tensão ressonante, e, portanto, deve absorver alguma perda de comutação devido ao ligar de tensão não zero, incluindo o amortecimento de energia do condensador paralelo. Portanto, apesar da topologia de circuito de amortecimento ressonante apresentar fadigas de dispositivo principal reduzidas, durante os instantes de comutação, e perdas de comutação substancialmente reduzidas, é desejável reduzir as perdas de comutação e ruído EMI associado mesmo adicionalmente, e assim abordar mais de perto a comutação verdadeiramente "sem perdas".

Objectivos do invento

Consequentemente um objectivo do presente invento é proporcionar um aparelho novo e aperfeiçoado para controlar um conversor de potência, utilizando e controlando adequadamente um circuito de comutação ressonante auxiliar, para obter comutação integrada de todos os dispositivos de comutação empregues no conversor de potência.

Um outro objectivo do presente invento é proporcionar um aparelho para controlar um conversor de potência, empregando um circuito de comutação ressonante auxiliar, para obter comutação integrada de todos os dispositivos de comutação do conversor, de modo que sejam obtidas formas de onda de corrente de linha ac de alta qualidade mesmo com uma dimensão de filtro reduzida e com altas frequências de comutação.

Ainda um outro objectivo do presente invento é proporcionar um aparelho para controlar um conversor de potência, empregando um circuito de comutação ressonante auxiliar, através do qual os tempos de actuação de porta e condução dos dispositivos de comutação do condutor são controlados, de tal modo que geram uma energia intensificada que é adicionada à operação ressonante, para assegurar comutação integrada de todos os dispositivos de comutação.

Sumário do invento

Os objectivos anteriores e outros do presente invento são obtidos com um novo aparelho para controlar um conversor de potência e um circuito de comutação ressonante auxiliar, para obter comutação integrada de todos os dispositivos activos empregues no mesmo. Um tal conversor de potência inclui um conversor com dois dispositivos de comutação principais por fase, tendo cada dispositivo de comutação um diodo ligado em antiparalelo com os mesmos, e tendo, adicionalmente, um condensador de amortecimento relativamente grande acoplado através do mesmo. O circuito de comutação ressonante auxiliar inclui dispositivos de comutação



auxiliares acoplados em série a um indutor e aos condensadores de amortecimento. Vantajosamente, o aparelho de controlo do presente invento controla os tempos de actuação de porta e condução dos dispositivos de comutação do inversor, adicionalmente aos dos dispositivos de comutação auxiliares para assegurar que a tensão de saída tende a sobredisparar, isto é, pelo menos, atinge, as tensões de barramento de conversor positivos e negativa durante cada ciclo de comutação ressonante, aproximando-se por isso da verdadeira comutação integrada de todos os dispositivos principais.

Em funcionamento, o circuito de comutação ressonante auxiliar é disparado, para condução, por um respectivo dispositivo de comutação auxiliar acoplando assim o circuito ressonante LC a um potencial de força, substancialmente, igual a metade da tensão de alimentação dc. Com este potencial de força, a tensão ressonante de saída devia idealmente ter uma dimensão pico-a-pico igual à da tensão de alimentação dc. Para assegurar que a tensão de saída ressonante atinge a dimensão de tensão pico-a-pico ideal, o aparelho de controlo do presente invento envolve a adição de uma corrente intensificada à corrente ressonante, controlando apropriadamente os tempos de condução dos dispositivos de comutação auxiliares e dos dispositivos de comutação principais. Um nível de corrente intensificada predeterminado adiciona energia suficiente ao funcionamento ressonante, para assegurar que a tensão de saída tende a sobredisparar as respectivas tensões de barramento de conversor, polarizando para diante, portanto, o correspondente diodo antiparalelo e fixando a tensão de saída à respectiva tensão do barramento. Durante o intervalo de fixação, o controlo comuta o correspondente dispositivo de comutação sem perdas de comutação substanciais.

Breve descrição dos desenhos

As características e vantagens do presente invento tornar-se-ão evidentes a partir da descrição detalhada seguinte do invento, quando lida com os desenhos anexos, nos quais:

a figura 1 é uma representação esquemática de um pólo inversor, acoplado a um circuito de comutação ressonante auxiliar, útil num conversor de potência que pode ser controlado pelo o aparelho do presente invento;

as figuras 2a-2d representam esquematicamente a sequência e as direcções de passagem de corrente do circuito da figura 1, quando é iniciada a comutação com corrente passando no díodo antiparalelo de um dos dispositivos inversores de comutação principais, através do aparelho de controlo do presente invento;

a figura 3 representa graficamente a corrente indutora ressonante e a tensão de saída ressonante correspondente à sequência de comutação da figura 2;

a figuras 4a-4e representam esquematicamente a sequência e direcções de passagem de corrente no circuito da figura 1, quando é iniciada a comutação, com passagem de corrente relativamente baixa num dos dispositivos inversores de comutação principais, de acordo com o aparelho de controlo do presente invento;

a figura 5 representa graficamente a corrente indutora ressonante e a tensão de saída ressonante correspondendo à sequência de comutação da figura 4;

as figuras 6a-6c representam esquematicamente a sequências e as direcções de passagem de corrente do circuito da figura 1, quando é iniciada a comutação com passagem de corrente relativamente alta num dos dispositivos inversores de comutação principais, através do aparelho de controlo do presente invento; e

a figura 7 representa graficamente a corrente indutora ressonante e a tensão de saída ressonante que corresponde à sequência de comutação da figura 6.

Descrição detalhada do invento

A figura 1 representa um pólo inversor 10 e um circuito de

comutação ressonante auxiliar associado 12, que pode ser controlado vantajosamente de acordo com o aparelho do presente invento, para obter comutação integrada de todos os dispositivos activos no mesmo, resultando num conversor de potência altamente eficiente. Apesar do funcionamento de apenas um pólo inversor, ou membro de fase ser descrito e representado aqui, deve ser compreendido que o aparelho de controlo do presente invento é aplicável com conversores de potência, tendo qualquer número de fases de inversor. As configurações de inversor multifásicas totalmente em ponte são bem conhecidas na arte. É descrito, exemplificativamente, um inversor totalmente em ponte multifásico na patente US. nº 4 730 242 de Divan, concedida em 8 de Março de 1988, patente que é aqui incorporada por referência. Além disso, apesar do aparelho de controlo do presente invento ser descrito com referência a um inversor de fonte de tensão, os seus princípios são igualmente aplicáveis a inversores de fonte de corrente.

Na figura 1 o tal inversor 10 está mostrado como compreendendo dois dispositivos de comutação principais S_1 e S_2 , acoplados em série através de barramento positivo e negativo t e n , respectivamente, da alimentação dc V_{dc} . Cada dispositivo de comutação S_1 e S_2 tem um diodo D_1 e D_2 , respectivamente, ligados de modo não paralelo ao mesmo, e tem, adicionalmente, um condensador de amortecimento relativamente grande $C_r/2$, ligado através do mesmo. É mostrado um indutor de carga L_f , acoplado na junção entre os condensadores de amortecimento. Apesar dos dispositivos de comutação S_1 e S_2 estarem representados como tirístores de desligar de porta (GTO), o aparelho de controlo do presente invento é aplicável a conversores de potência, utilizando outros dispositivos de comutação de desligar automáticos, tais como MOSFET, transistores de junção bipolar (BJT), tirístores controlados MOS (MCT), ou transistores bipolares de porta isolada (IGBT). O circuito de comutação ressonante auxiliar 12 é acoplado entre a junção dos dispositivos de comutação S_1 e S_2 e a junção de um par de condensadores de filtro de "divisão de bus" equivalentes $2C_{dc}$, condensadores que são ligados em série através da alimentação dc V_{dc} . Os condensadores $2C_{dc}$ podem incluir, por exemplo, um condensador de filtro dc de derivação central. O



circuito de comutação ressonante auxiliar 12 inclui dois dispositivos de comutação auxiliares A_1 e A_2 , tendo os seus ânodos acoplados em conjunto. Cada dispositivo de comutação A_1 e A_2 tem um diodo D_3 e D_4 , respectivamente, ligado de modo antiparalelo ao mesmo. O circuito de comutação ressonante auxiliar 12 inclui adicionalmente um indutor L_r , que é acoplado em série com o condensador de amortecimento total efectivo C_r (isto é, os condensadores $C_r/2$ acoplados em paralelo) durante o ciclo de comutação ressonante, como se descreve em seguida. Como os dispositivos de comutação principais S_1 e S_2 , os dispositivos de comutação auxiliares A_1 e A_2 são também mostrados na figura 1, como compreendendo GTO, mas outros dispositivos de comutação auxiliares adequados podem compreender rectificadores, com controlo de silício (SCR) tirístores de desligar de corrente zero (ZTO) tirístores de desligar de porta assistida (GATO), ou tirístores com controlo MOS (MCT).

De acordo com o presente invento, é proporcionado um aparelho de controlo para determinar a sequência de actuação de porta e tempos de condução dos dispositivos de comutação principais S_1 e S_2 e dispositivos de comutação auxiliares A_1 e A_2 para obter a sua comutação integrada. Em particular, a temporização é controlada de tal maneira que proporciona uma corrente intensificada i_p (mostrada na figura 3) que, adicionada à corrente indutora ressonante i_r (mostrada na figura 3) assegura que a tensão de saída ressonante V_s tende a sobredisparar as tensões de barramento dc p e n durante toda o intervalo ressonante. Como um resultado disso, o diodo correspondente D_1 ou D_2 é polarizado para a frente, fixando a tensão ressonante V_F para o respectivo barramento p ou n. Este intervalo de fixação de diodo proporciona oportunidade de ligação de tensão zero aos dispositivos de comutação principais S_1 e S_2 . Adicionalmente, uma vez que os dispositivos de comutação principais desligam com uma capacidade relativamente grande em paralelo, não existem substancialmente perdas de comutação de desligar do dispositivo principal, isto é o desligar através dos mesmos ocorre com tensão, substancialmente, zero. Ainda adicionalmente, os dispositivos de comutação auxiliares apresentam comutação



substancialmente sem perdas. Em particular, os dispositivos de comutação auxiliar desligam através dos mesmos com corrente, substancialmente, zero, devido à presença de um indutor relativamente grande acoplado em série com os mesmos; e os dispositivos de comutação auxiliares desligam, quando a corrente ressonante atinge zero, isto é, com corrente através dos mesmos, substancialmente, zero. Portanto, a comutação integrada de todos os dispositivos activos empregues no conversor de potência é obtida pelo aparelho de controlo do presente invento.

As figuras 2a-2d representam, esquematicamente, a sequência e as direcções da passagem de corrente no circuito da figura 1, quando é iniciada a comunicação com a passagem de corrente no díodo antiparalelo D_2 , através do aparelho de controlo do presente invento. Nas figuras 2a-2b (e nas figuras 4a-4e e figuras 6a-6c, descritas adiante), as setas indicam as direcções de passagem de corrente, e os dispositivos de comutação estão indicados por ponteados. Em conjugação com os mesmos, a figura 3 representa graficamente as correntes de ressonância e carga i_r e I_L , respectivamente, e a tensão saída ressonantes V_F . Também na figura 3 (e nas figuras 5 e 7 descritas adiante), os intervalos de tempo, durante os quais os respectivos dispositivos de circuito estão activos, estão indicados por linhas verticais a tracejado. A direcção positiva da corrente de carga I_L é definida na figura 1 e será assumida como sendo uma fonte de corrente constante, durante qualquer intervalo de comutação. Com o díodo D_2 a conduzir corrente, como indicado na figura 2a, o aparelho de comutação é iniciado pela ligação do dispositivo de comutação auxiliar A_2 (figura 2b). Como um resultado disso, um potencial de força igual a metade da alimentação dc $V_{dc}/2$, é aplicado através do indutor ressonante L_r . Isto inicia uma fase de comutação ascendente em rampa, em que a corrente ressonante i_r aumenta a uma frequência linear de $V_{dc}/2L_r$, como mostrado na figura 3. Durante a fase de comutação ascendente em rampa, o dispositivo de comutação principal S_2 permanece bloqueado, mesmo se o mesmo não está a conduzir corrente. Quando a corrente i_r aumenta, a mesma desloca a corrente de carga que passa inicialmente no díodo D_2 .

Quando a corrente ressonante i_r excede o nível de corrente de carga I_L , começa a fase intensificada do ciclo de comutação (figura 2c). Na fase intensificada, a corrente no diodo D_2 diminui para zero e a corrente intensificada i_b passa no dispositivo de comutação principal S_2 , sendo a corrente intensificada i_b determinada pela expressão $i_b = i_r - I_L$. De acordo com o presente invento, a corrente intensificada i_b adiciona energia suficiente ao ciclo ressonante, para assegurar que a tensão ressonante V_F tende a sobredisparar a tensão de barramento positiva dc. A energia adicionada pela geração da corrente intensificada i_b é representada pela seguinte expressão:

$$E = \frac{1}{2} L_r i_b^2$$

A corrente intensificada i_b aumenta no dispositivo de comutação principal S_2 a uma frequência linear; portanto, a duração da fase intensificada pode ser controlado utilizando um retardo de tempo simples.

Após um retardo de tempo predeterminado, quando a corrente intensificada i_b atinge o nível de corrente intensificada especificado I_B , o dispositivo de comutação principal S_2 é desbloqueado para começar a fase de comutação ressonante principal (figura 2d). Neste ponto, a tensão de saída ressonante V_F é libertada do nível de tensão de barramento negativo n e começa a oscilar para o nível de tensão de barramento positivo p, à medida que a corrente no dispositivo de comutação principal S_2 é derivada para os condensadores de amortecimento $C_r/2$, quando o dispositivo é desligado. Como mostrado na figura 3 a corrente ressonante i_r compreende um meio ciclo sinusoidal da corrente sobreposta a um nível de corrente de carga dc $I_L + I_B$. A corrente de pico I_p no dispositivo de comutação auxiliar A_2 é dado por:

$$I_p = I_L + I_B + \frac{V_{dc}}{2\sqrt{\frac{L_r}{C_r}}}$$

Quando a tensão de saída V_F tenta sobredisparar a tensão de barramento dc positivo p, a fase de comutação de fixação começa, onde o diodo D_1 se torna polarizado para a frente, fixando assim a tensão ressonante de saída V_F à tensão de barramento positivo p (figura 2e). Neste ponto o dispositivo de comutação principal S_1 é bloqueado com perdas de comutação, substancialmente, zero, isto é, com tensão zero através do mesmo (figura 3). Além disso, durante a fase de comutação fixa, qualquer excesso de energia intensificada que permanece no indutor ressonante L_r , é derivada para os condensadores de filtro C_{dc} , quando a corrente ressonante i_r diminui linearmente, forçada pelo potencial $V_{dc}/2$.

Quando a corrente ressonante i_r diminui abaixo do nível de corrente de carga I_L , a fase de comutação descendente em rampa começa, onde a corrente ressonante i_r continua a decrescer a uma frequência linear de $-V_{dc}/2$ (figura 2f). Quando a corrente ressonante i_r diminui, a corrente no dispositivo de comutação S_1 aumenta para o nível I_L . A sequência de comutação termina com uma corrente ressonante i_r atinge zero, dentro do qual o dispositivo de comutação auxiliar A_2 é desbloqueado (figura 2g). (Praticamente, o dispositivo de comutação auxiliar A_2 devia ser desbloqueado ligeiramente antes da corrente ressonante i_r atingir zero, para minimizar as perdas de recuperação inversas.) A duração total t_c da sequência de comutação pode ser estimada utilizando a seguinte equação:

$$t_c = 2L_r \frac{(2I_L + I_B)}{V_{dc}} + \pi\sqrt{L_r C_r}$$

Vantajosamente para correntes de carga alta, os diodos principais D_1 e D_2 podem auxiliar o processo de comutação com a

sua corrente de comutação inversa. Em particular, a corrente de recuperação passa na mesma direcção que a corrente intensificada e, em consequência, adiciona energia ao indutor ressonante. A amplitude da corrente de recuperação inversa depende das características de diodo e da amplitude da corrente do diodo antes de desligar. Portanto, numa concretização alternativa, o controlador estabelece uma corrente de limiar intensificada de diodo, acima da qual o dispositivo de comutação principal antiparalelo não é bloqueado durante a fase intensificada. Consequentemente, acima desta corrente de limiar intensificada de diodo, os díodos são empregues como dispositivos activos, reduzindo assim as perdas de comutação de desligar nos dispositivos principais S_1 e S_2 . Este aparelho de controlo alternativo pode ser empregue vantajosamente em conversores de potência, que utilizam dispositivos de alta potência com impedâncias de porta baixas, tais como GTO e BJP. É requerida selecção adequada dos díodos, para minimizar as perdas de diodo, durante o período de recuperação inverso. São preferidos os díodos tendo cargas de recuperação relativamente grandes, mas com tempos de recuperação relativamente curtos.

As figuras 4a-4e representam esquematicamente a sequência e as direcções de passagem de corrente no circuito da figura 1, quando a comutação é iniciada com passagem de corrente relativamente baixa no dispositivo de comutação principal S_1 , no aparelho de controlo do presente invento. Em conjugação com o mesmo, a figura 5 representa graficamente a corrente ressonante i_r e a tensão de saída ressonante V_F . Para o aparelho de comutação ser iniciado, o dispositivo de comutação auxiliar A_1 é bloqueado (figura 4b). Como um resultado disso, um potencial de força, de metade da alimentação dc $V_{dc}/2$, é aplicado através do indutor ressonante L_r . Isto inicia a fase intensificada, em que a corrente ressonante i_r diminui a uma frequência linear de $-V_{dc}/2L_r$ (figura 5). Durante a fase intensificada, a corrente intensificada i_b e a corrente carga I_L passam através do dispositivo de comutação principal S_1 .

Quando a corrente intensificada atinge o nível especificado I_B , o dispositivo de comutação principal S_1 é desbloqueado para



começar a fase de comutação ressonante (figuras 4c e 5). Neste ponto, a tensão de saída V_F é libertada do nível de tensão de barramento positivo p para oscilar para o nível de tensão de barramento negativo n, enquanto que a corrente no dispositivo de comutação principal S_1 no desligar deriva para os condensadores de amortecimento $C_r/2$. Durante a fase de comutação ressonante a corrente ressonante i_r compreende um meio de ciclo de corrente sinusoidal sobreposta ao nível de corrente intensificada I_B (figura 5). A corrente nos condensadores de amortecimento $C_r/2$ é dada pela soma da corrente ressonante e da corrente de carga, isto é, $i_s = i_r + I_L$. Consequentemente, a tensão de saída V_F varia com a soma das formas de onda sinusoidais e em rampa. Quando a tensão de saída V_F tendem a sobredisparar o nível de tensão de barramento dc negativo n, começa a fase de comutação fixa (figura 4d). Nesta altura, o dispositivo de comutação principal S_2 é bloqueado sem perdas de comutação. O excesso de energia intensificada, que permanece no indutor ressonante L_r , retorna aos condensadores de filtro C_{dc} , quando a corrente ressonante i_r diminui linearmente forçada pelo potencial V_{dc} através do indutor. A sequência de comutação termina, quando a corrente ressonante i_r atinge zero e o dispositivo de comutação auxiliar A_1 é desbloqueado (figura 4e). Neste ponto o diodo D_2 está a conduzir toda a corrente de carga I_L .

As figuras 6a-6c representam esquematicamente a sequência e as direcções de passagem de corrente no circuito da figura 1, quando é iniciada a comutação, com passagem de corrente relativamente alta no dispositivo de comutação principal S_1 , no aparelho de controlo do presente invento. Em conjugação com o mesmo, a figura 7 representa graficamente a corrente ressonante i_r e a tensão de saída ressonante GF . Se a comutação do pólo inversor 10 deve ser iniciada enquanto a corrente que passa no dispositivo de comutação principal S_1 é suficientemente alta, isto é, excede um nível de limiar predeterminado I_T , o controlo não emprega o circuito de comutação auxiliar 12. Em particular, o dispositivo de comutação auxiliar A_1 não é bloqueado para o aparelho de comutação ser iniciado, como descrito adiante em relação ao caso de corrente relativamente baixa. Em vez disso, o controlo desliga

imediatamente o dispositivo de comutação principal S_1 , derivando, por isso, em paralelo a corrente de carga I_L nos dois condensadores de amortecimento ressonantes $C_r/2$ (figura 6b). Como um resultado disso, a tensão de saída V_F diminui linearmente a uma frequência proporcional à grandeza da corrente de carga (figura 7). Quando a tensão de saída V_F cai abaixo do nível de tensão de barramento negativo n , o diodo D_2 torna-se polarizado para diante e a corrente de carga é imediatamente transferida para o mesmo, terminando assim a actuação do aparelho de comutação (figura 6c). O limiar de corrente I_T , acima do qual o circuito de comutação auxiliar não é necessário para intensificar a energia para a operação ressonante do conversor é dado pela seguinte expressão

$$I_T = \frac{C_r V_{dc}}{t_{max}}$$

onde T_{max} representa o tempo de comutação máximo, isto é o tempo requerido para completar a actuação do aparelho de comutação, quando o mesmo é iniciado, com a corrente de carga total passando no diodo antiparalelo, acoplado através de um dos dispositivos de comutação principais (figura 4 e 5). De preferência, o limiar de corrente I_T é seleccionado de modo a ser suficientemente menor do que a corrente de carga de pico, de modo que a soma $I_T + I_D$ não exceda o valor de corrente de carga de pico. Deste modo, a adição da corrente intensificada não resulta numa penalização da classe de corrente do dispositivo.

Apesar de terem sido mostradas e descritas aqui concretizações preferidas do presente invento, será óbvio que tais concretizações são proporcionadas como apenas exemplos. Numerosas variações, alterações e substituições ocorrerão aos peritos na arte, sem saírem do presente invento. Em consequência, pretende-se que o invento seja apenas limitado pelo espírito e âmbito das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1 - Aparelho para controlar um conversor de potência do tipo que inclui um inversor tendo, pelo menos, uma fase, tendo o dito inversor, pelo menos, dois dispositivos de comutação principais acoplados em série por fase, estando os ditos dispositivos de comutação principais acoplados em série acoplados aos barramentos positivo e negativo de uma alimentação dc, estando a junção entre os ditos dispositivos de comutação principais acoplada a uma carga, tendo os ditos dispositivos de comutação principais cada um deles um condensador de amortecimento acoplado em paralelo aos mesmos e um diodo antiparalelo acoplado através dos mesmos, incluindo o dito conversor, adicionalmente, um par de condensadores de divisão acoplados em série acoplados entre os ditos barramentos positivo e negativo da dita alimentação dc, incluindo adicionalmente o dito conversor de potência um circuito de comutação ressonante auxiliar acoplado entre a junção, que une os ditos dispositivos de comutação principais, e a junção que une os ditos condensadores de divisão de bus, compreendendo o dito circuito de comutação ressonante auxiliar um par de dispositivos de comutação auxiliares, com acoplamento antiparalelo, acoplados em série a um circuito ressonante, incluindo o dito circuito ressonante um indutor e os ditos condensadores de amortecimento, compreendendo o dito aparelho meios para a comutação da corrente de carga entre um dos ditos dispositivos de comutação principal e um oposto dos ditos diodos antiparalelos acoplados através do outro dos ditos dispositivos de comutação principal, quando a comutação é iniciada com corrente de carga no dito um diodo oposto dos ditos diodos antiparalelos, caracterizado por os ditos meios de comutação compreenderem:

(a) meios para aplicarem um potencial de força de, substancialmente, metade da tensão de alimentação dc através do dito indutor, ligando um dos ditos dispositivos de comutação auxiliares,

(b) meios para permitirem à corrente do dito indutor aumentar para o nível de corrente de carga e deslocar a corrente de carga que passa através do dito diodo oposto dos ditos diodos antiparalelos;

(c) meios para ligarem o dito outro dos ditos dispositivo de comutação principais de modo a permitir à corrente através do dito indutor

aumentar para um limiar predeterminado de corrente intensificada acima do nível de corrente de carga;

(d) meios para desligarem o dito outro dos ditos dispositivos de comutação principais, quando a corrente através do mesmo atinge o dito limiar predeterminado de corrente intensificada, permitindo, por isso, ao dito circuito ressonante ressoar a partir do nível de tensão de um dos ditos barramentos da dita alimentação dc para o nível de tensão do seu barramento oposto;

(e) meios para fixarem a tensão de saída da respectiva fase inversora para o nível de tensão do barramento oposto da dita alimentação dc, polarizando para diante o outro dos ditos díodos antiparalelos;

(f) meios para ligarem o dito um dos dispositivos de comutação principais quando a tensão através do mesmo é, substancialmente, zero;

(g) meios para permitirem à corrente através do dito indutor diminuir para, substancialmente, zero; e

(h) meios para desligarem o dito um dos ditos dispositivos de comutação auxiliares, quando a corrente através do mesmo é, substancialmente, zero;

pelo que a corrente de carga passa através do dito um dos dispositivos de comutação principais.

2 - Aparelho para controlar um conversor de potência do tipo que inclui um inversor tendo, pelo menos, uma fase, tendo o dito inversor, pelo menos, dois dispositivos de comutação principais acoplados em série por fase, estando os ditos dispositivos de comutação principais acoplados em série acoplados aos barramentos positivo e negativo de uma alimentação dc, estando a junção entre os ditos dispositivos de comutação principais acoplada a uma carga, tendo os ditos dispositivos de comutação principais cada um deles um condensador de amortecimento acoplado em paralelo aos mesmos e um díodo antiparalelo acoplado através dos mesmos, incluindo o dito conversor, adicionalmente, um par de



condensadores de divisão acoplados em série acoplados entre os ditos barramentos positivo e negativo da dita alimentação dc, incluindo adicionalmente o dito conversor de potência um circuito de comutação ressonante auxiliar acoplado entre a junção, que une os ditos dispositivos de comutação principais, e a junção que une os ditos condensadores de divisão de bus, compreendendo o dito circuito de comutação ressonante auxiliar um par de dispositivos de comutação auxiliares, com acoplamento antiparalelo, acoplados em série a um circuito ressonante, incluindo o dito circuito ressonante um indutor e os ditos condensadores de amortecimento, compreendendo o dito aparelho-meios para comutarem a corrente de carga entre um dos ditos dispositivos de comutação principal e um oposto dos ditos díodos antiparalelos acoplados através do outro dos ditos dispositivos de comutação principal, quando a comutação é iniciada com corrente de carga num dos ditos dispositivos de comutação principal, quando a corrente de carga é menor do que um limiar de corrente alto, caracterizado por os ditos meios de comutação compreenderem:

(a) meios para aplicarem um potencial de força de, substancialmente, metade da tensão de alimentação dc, através do dito indutor, desligando um dos ditos dispositivos de comutação auxiliares;

(b) meios para permitirem à corrente do dito indutor aumentar para um limiar de corrente intensificada predeterminado;

(c) meios para desligarem o dito um dos ditos dispositivos de comutação principais, quando a corrente através do mesmo atinge o dito limiar de corrente intensificada predeterminada, acima do nível de corrente de carga, permitindo assim ao dito circuito ressonante ressoar a partir do nível de tensão de um dos ditos barramentos da dita alimentação dc, para o nível de tensão do seu barramento oposto;

(d) meios para fixarem a tensão de saída da respectiva fase inversora para o nível de tensão do barramento oposto da dita alimentação dc, polarizando para diante o dito um oposto dos ditos díodos antiparalelos;

(e) meios para permitirem à corrente no dito indutor diminuir para, substancialmente, zero; e

(f) meios para desligarem o dito um dos ditos dispositivos

de comutação auxiliares, quando a corrente através do mesmo é, substancialmente, zero;

pelo que a corrente de carga passa através do dito um oposto dos ditos díodos antiparalelos.

3 - Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o dito limiar de corrente alta ser determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$I_T \leq \frac{C_r V_{dc}}{t_{max}},$$

na qual I_T representa o dito limiar de corrente alta, C_r representa a capacidade efectiva da combinação paralela dos ditos condensadores de amortecimento, V_{dc} representa a tensão de alimentação dc e t_{max} representa o tempo máximo de comutação, para cada respectivo um dos ditos dispositivos de comutação principais.

4 - Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o dito limiar de corrente alto ser suficiente menos do que a corrente de saída de pico do dito inversor, de modo que a soma do dito limiar de corrente alto e a dita corrente de limiar intensificada predeterminada não exceda a dita corrente saída de pico.

5 - Aparelho para controlar um conversor de potência do tipo que inclui um inversor tendo, pelo menos, uma fase, tendo o dito inversor, pelo menos, dois dispositivos de comutação principais acoplados em série por fase, estando os ditos dispositivos de comutação principais acoplados em série acoplados aos barramentos positivo e negativo de uma alimentação dc, estando a junção entre os ditos dispositivos de comutação principais acoplada a uma carga, tendo os ditos dispositivos de comutação principais cada um deles um condensador de amortecimento acoplado em paralelo aos mesmos e um díodo antiparalelo acoplado através dos mesmos, incluindo o dito conversor, adicionalmente, um par de

condensadores de divisão acoplados em série acoplados entre os ditos barramentos positivo e negativo da dita alimentação dc, incluindo adicionalmente o dito conversor de potência um circuito de comutação ressonante auxiliar acoplado entre a junção, que une os ditos dispositivos de comutação principais, e a junção que une os ditos condensadores de divisão de bus, compreendendo o dito circuito de comutação ressonante auxiliar um par de dispositivos de comutação auxiliares, com acoplamento antiparalelo, acoplados em série a um circuito ressonante, incluindo o dito circuito ressonante um indutor e os ditos condensadores de amortecimento, compreendendo o dito aparelho meios para comutarem a corrente de carga entre um dos ditos dispositivos de comutação principal e um oposto dos ditos díodos antiparalelos acoplados através do outro dos ditos dispositivos de comutação principal, quando a comutação é iniciada com corrente de carga no dito um dos ditos dispositivos de comutação principais, quando a corrente de carga é maior do que um limiar de corrente alto, caracterizado por os ditos meios de comutação compreenderem:

(a) meios para desligarem o dito um dos ditos dispositivos de comutação principais;

(b) meios para permitirem à corrente de carga accionar a tensão de saída da respectiva fase inversora, a partir do nível de tensão, de um dos ditos barramentos da dita alimentação dc para o nível de tensão do seu barramento oposto;

(c) meios para fixarem a tensão de saída da respectiva fase do dito inversor, para o nível de tensão do barramento oposto da dita alimentação dc, polarizando para diante o dito um oposto dos ditos díodos antiparalelos;

pelo que a corrente de carga passa através do dito um oposto dos ditos díodos antiparalelos.

6 - Aparelho de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o dito limiar de corrente alta ser determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$I_T \leq \frac{C_r V_{dc}}{t_{max}},$$

na qual I_T representa o dito limiar de corrente alta, C_T representa a capacidade efectiva da combinação paralela dos ditos condensadores de amortecimento, V_{dc} representa a tensão de alimentação dc e d_{max} representa o tempo máximo de comutação, para cada respectivo um dos ditos dispositivos de comutação principais.

7 - Aparelho de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o dito limiar de corrente alto ser suficiente menos do que a corrente de saída de pico do dito inversor, de modo que a soma do dito limiar de corrente alto e a dita corrente de limiar intensificada predeterminada não exceda a dita corrente saída de pico.

8 - Aparelho para controlar um conversor de potência do tipo que inclui um inversor tendo, pelo menos, uma fase, tendo o dito inversor, pelo menos, dois dispositivos de comutação principais acoplados em série por fase, estando os ditos dispositivos de comutação principais acoplados em série acoplados aos barramentos positivo e negativo de uma alimentação dc, estando a junção entre os ditos dispositivos de comutação principais acoplada a uma carga, tendo os ditos dispositivos de comutação principais cada um deles um condensador de amortecimento acoplado em paralelo aos mesmos e um diodo antiparalelo acoplado através dos mesmos, incluindo o dito conversor, adicionalmente, um par de condensadores de divisão acoplados em série acoplados entre os ditos barramentos positivo e negativo da dita alimentação dc, incluindo adicionalmente o dito conversor de potência um circuito de comutação ressonante auxiliar acoplado entre a junção, que une os ditos dispositivos de comutação principais, e a junção que une os ditos condensadores de divisão de bus, compreendendo o dito circuito de comutação ressonante auxiliar um par de dispositivos de comutação auxiliares, com acoplamento antiparalelo, acoplados em série a um circuito ressonante, incluindo o dito circuito ressonante um indutor e os ditos condensadores de amortecimento, compreendendo o dito aparelho meios para comutarem a corrente de carga entre um dos ditos dispositivos de comutação principal e um

oposto dos ditos díodos antiparalelos acoplados através do outro dos ditos dispositivos de comutação principal, quando a comutação é iniciada com corrente de carga no dito um dos ditos díodos antiparalelos, quando a corrente de carga é maior do que um limiar intensificado de diodo, caracterizado por os ditos meios de comutação compreenderem:

(a) meios para aplicarem um potencial de força de, substancialmente, metade da tensão de alimentação dc através do dito indutor, ligando um dos ditos dispositivos de comutação auxiliares,

(b) meios para permitirem à corrente do dito indutor aumentar para o nível de corrente de carga e deslocar a corrente de carga que passa através do dito diodo oposto dos ditos díodos antiparalelos;

(c) meios para permitirem ao dito circuito de ressonante ressoar a partir do nível de tensão de um dos ditos barramentos da dita alimentação dc, para o nível de tensão do seu barramento oposto;

(d) meios para fixarem a tensão de saída da respectiva fase inversora para o nível de tensão do barramento oposto da dita alimentação dc, polarizando para diante o outro dos ditos díodos antiparalelos;

(e) meios para ligarem o dito um dos dispositivos de comutação principais, quando a tensão através do mesmo é, substancialmente, zero;

(f) meios para permitirem à corrente através do dito indutor diminuir para, substancialmente, zero; e

(g) meios para desligarem o dito um dos ditos dispositivos de comutação auxiliares, quando a corrente através do mesmo é, substancialmente, zero;

pelo que a corrente de carga passa através do dito um dos ditos dispositivos de comutação principais.

Lisboa, -9. JUL. 1991

Por GENERAL ELECTRIC COMPANY

=O AGENTE OFICIAL=



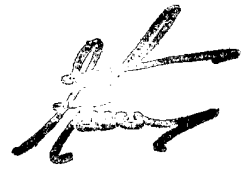


FIG. 1

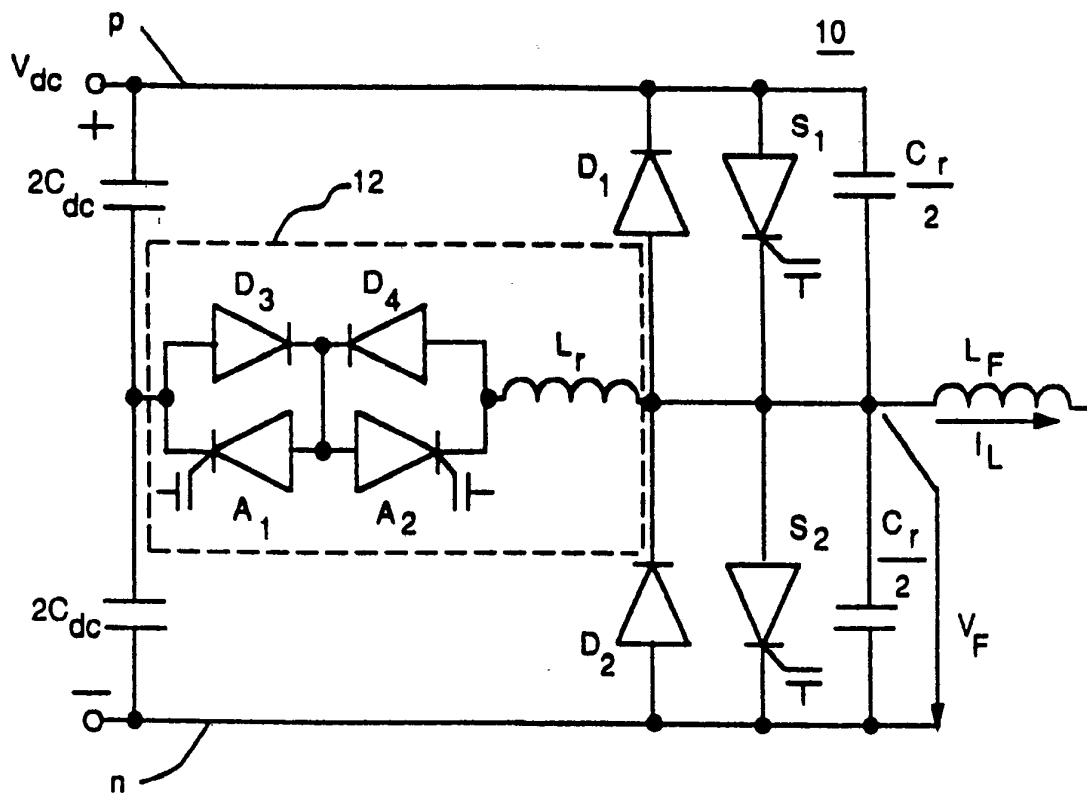


FIG. 2a

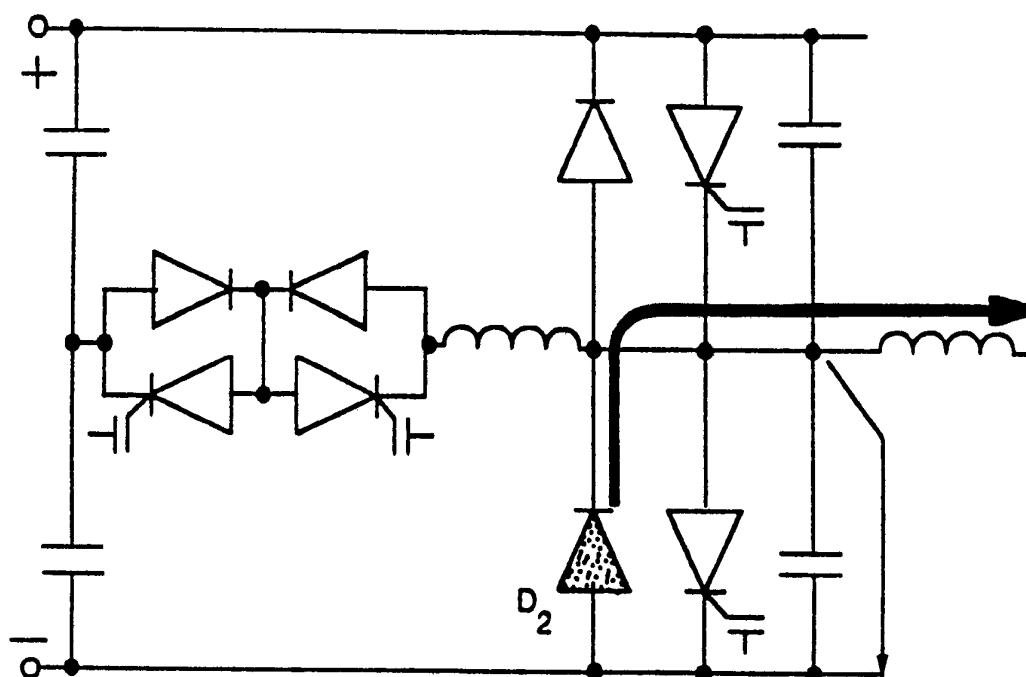


FIG. 2b

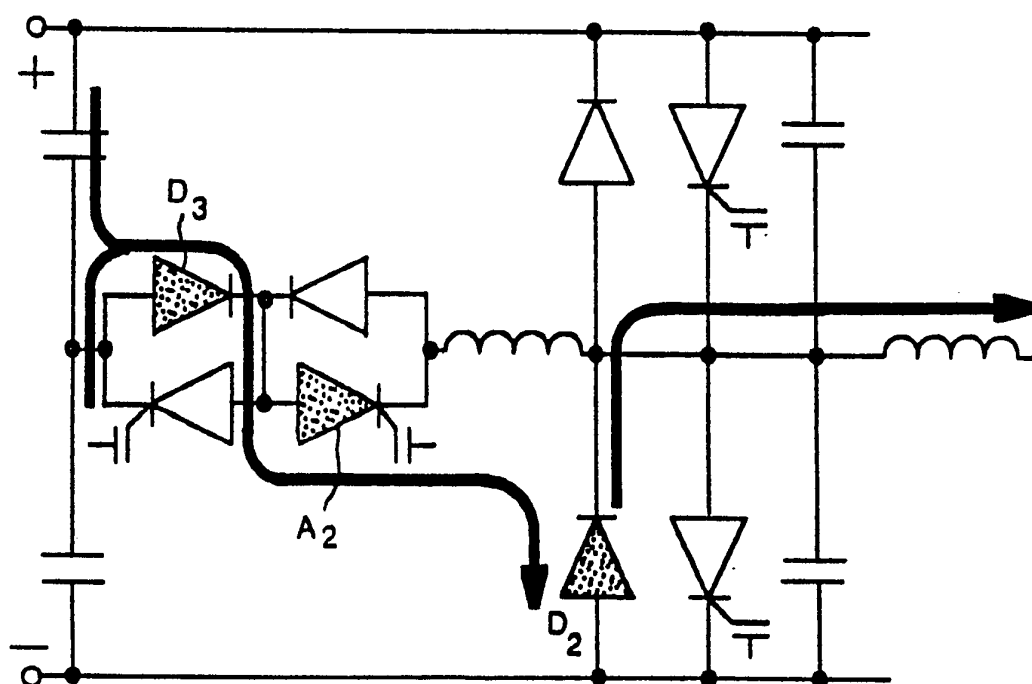




FIG. 2c

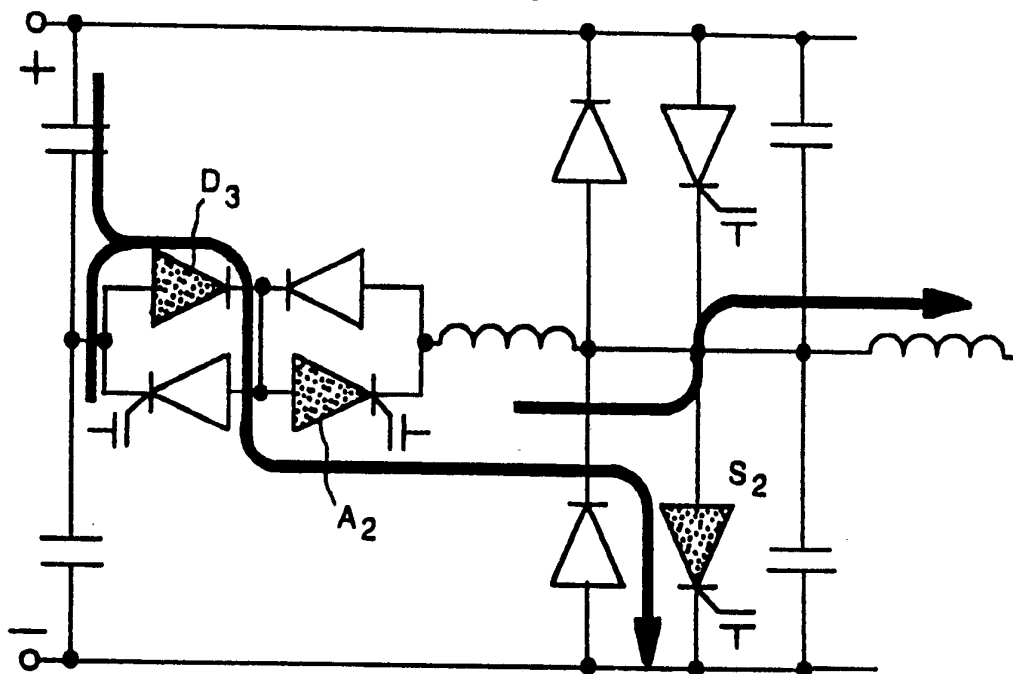
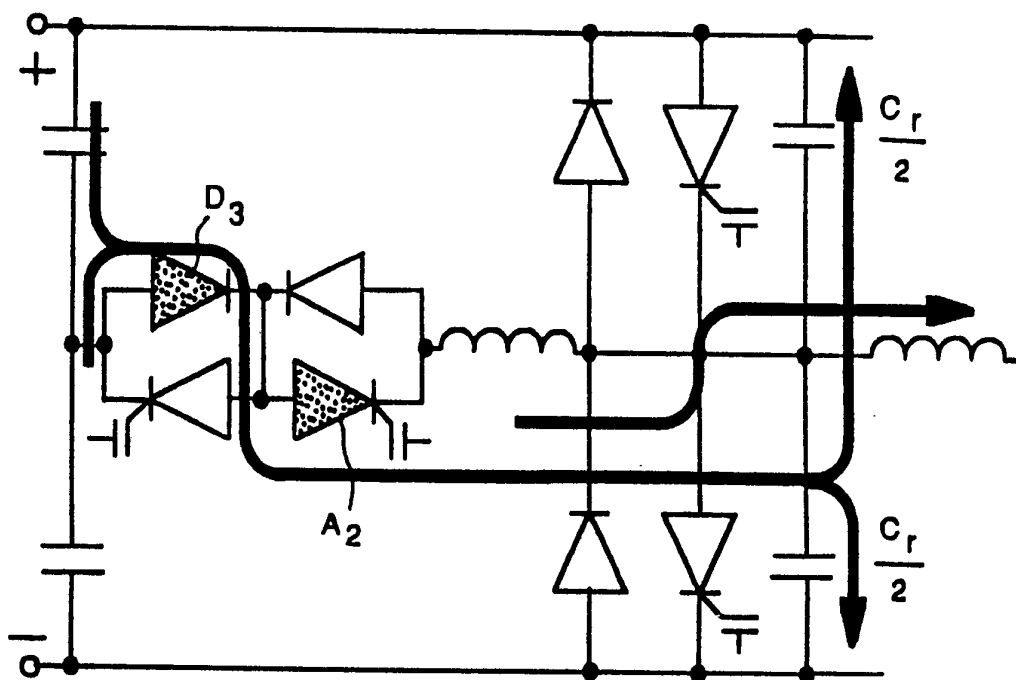


FIG. 2d



4/12

[Handwritten signature]

FIG. 2e

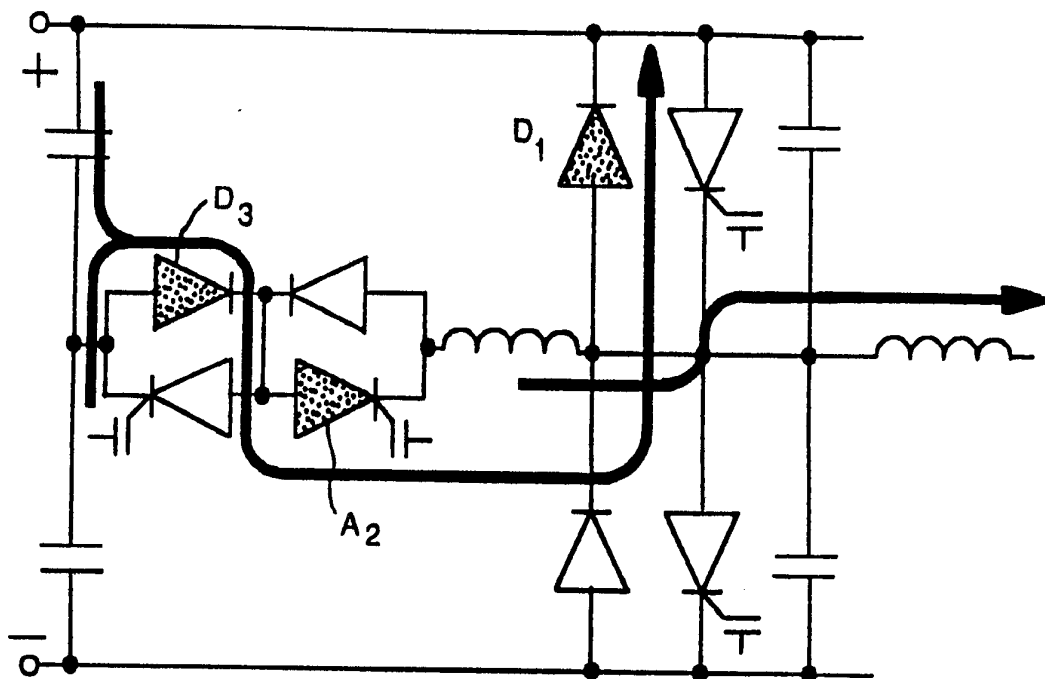
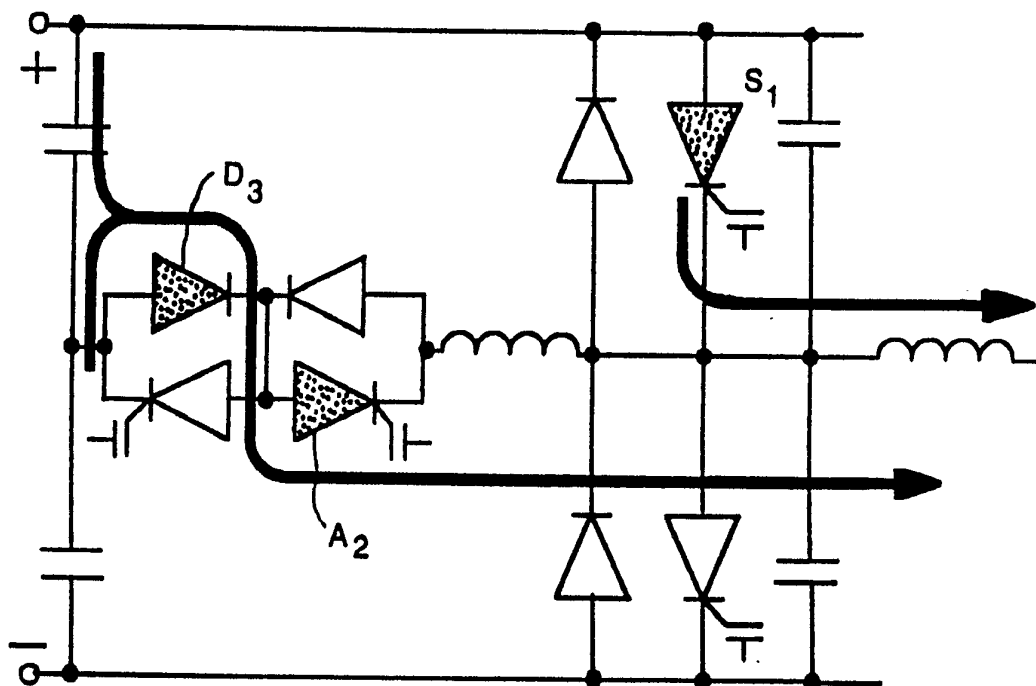
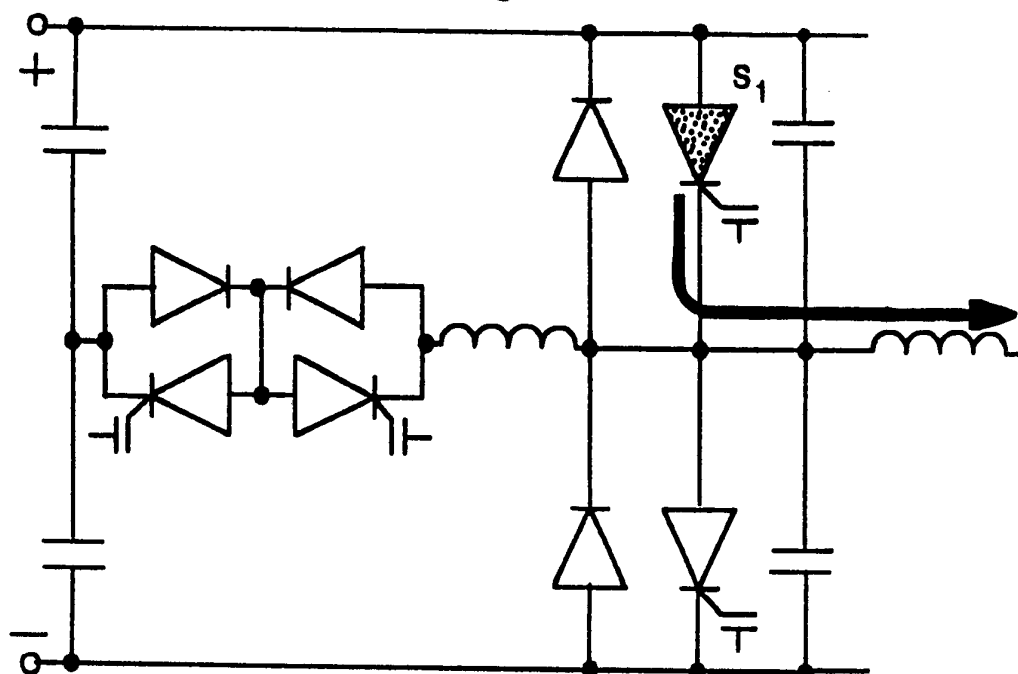


FIG. 2f



5/12

FIG. 2g



6/12

13470247

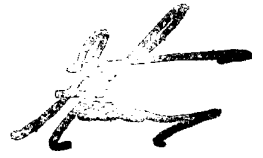


FIG. 3

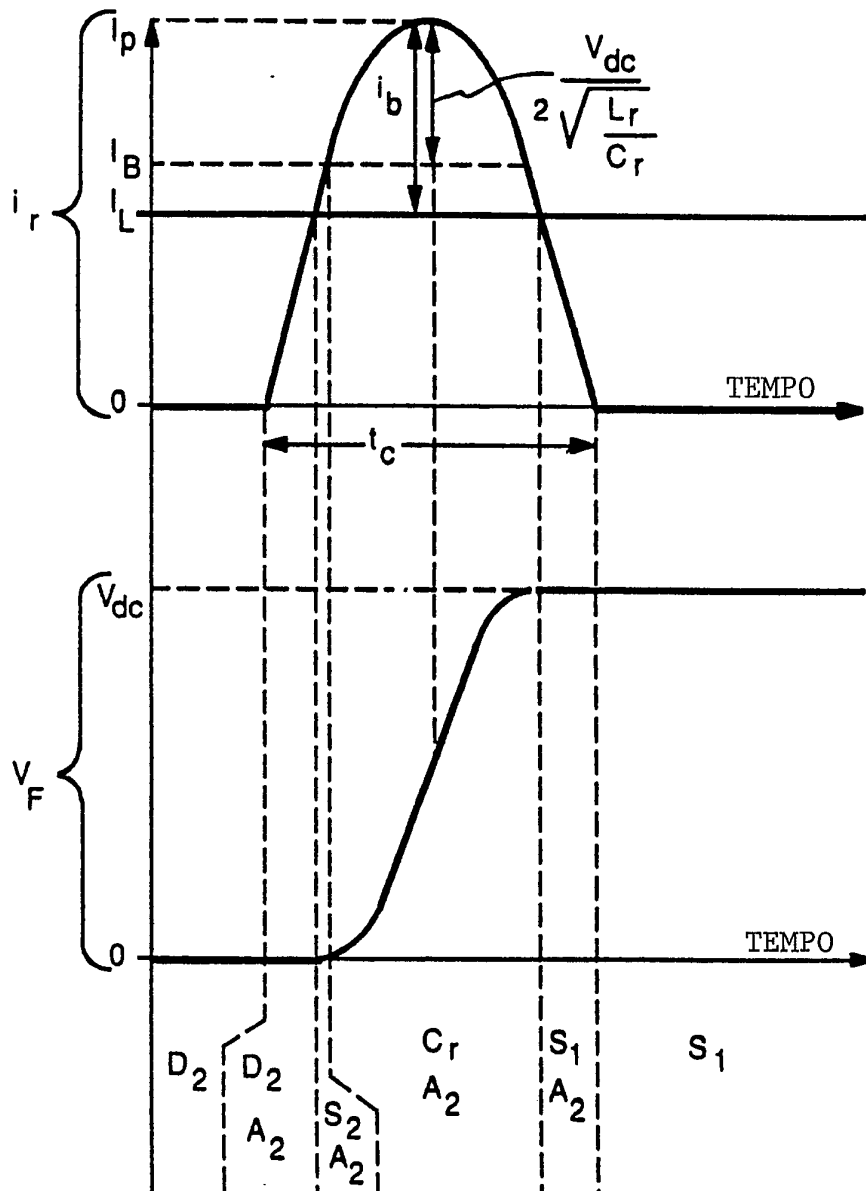


FIG. 4a

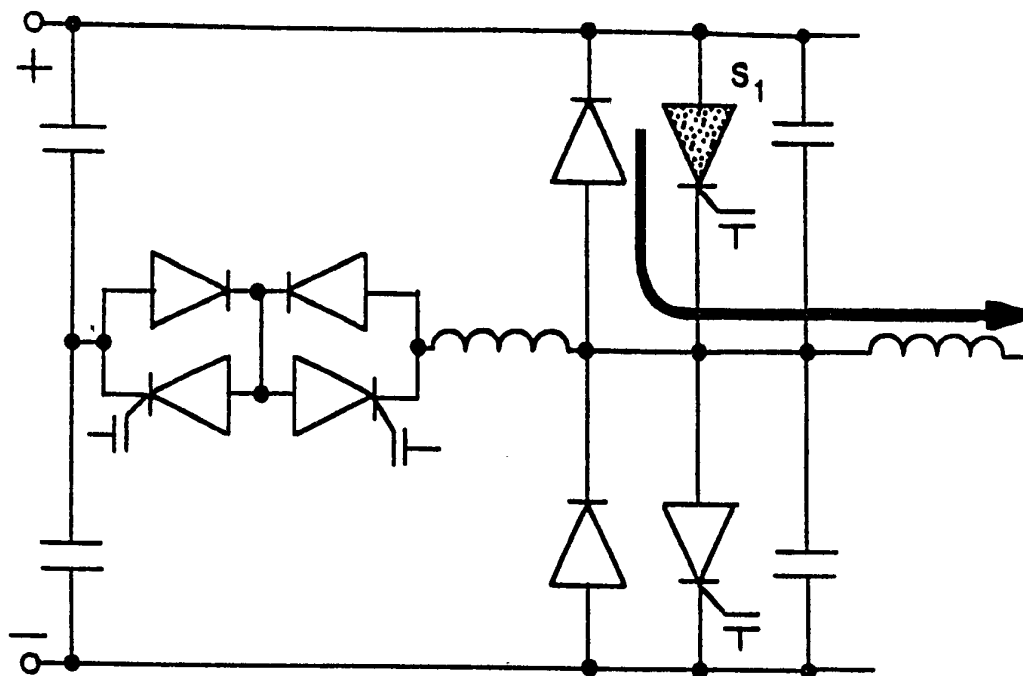


FIG. 4b

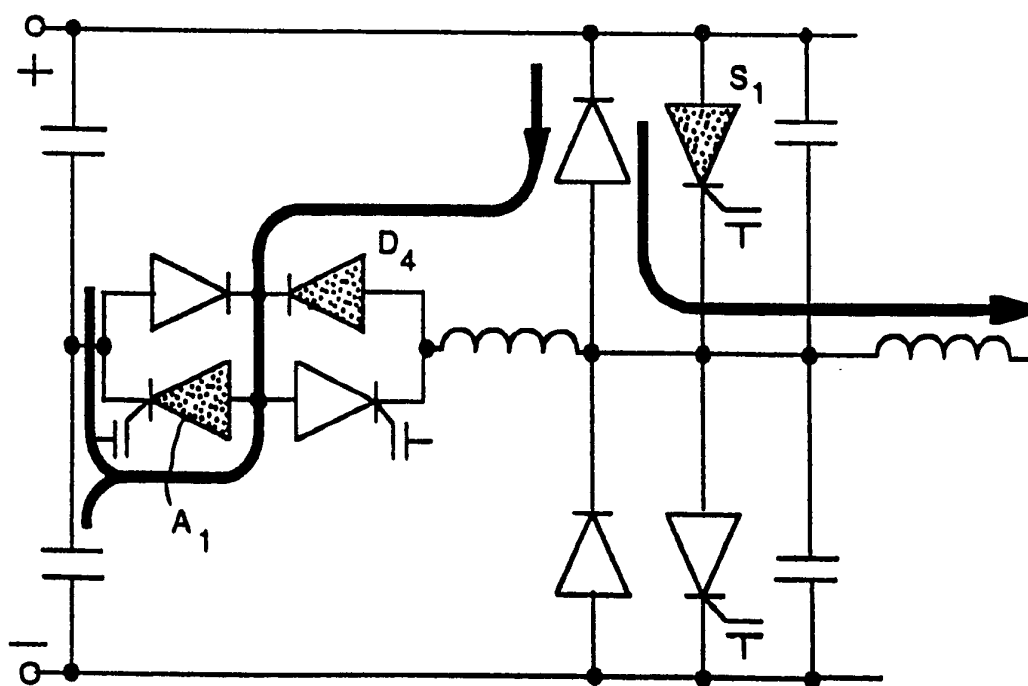




FIG. 4c

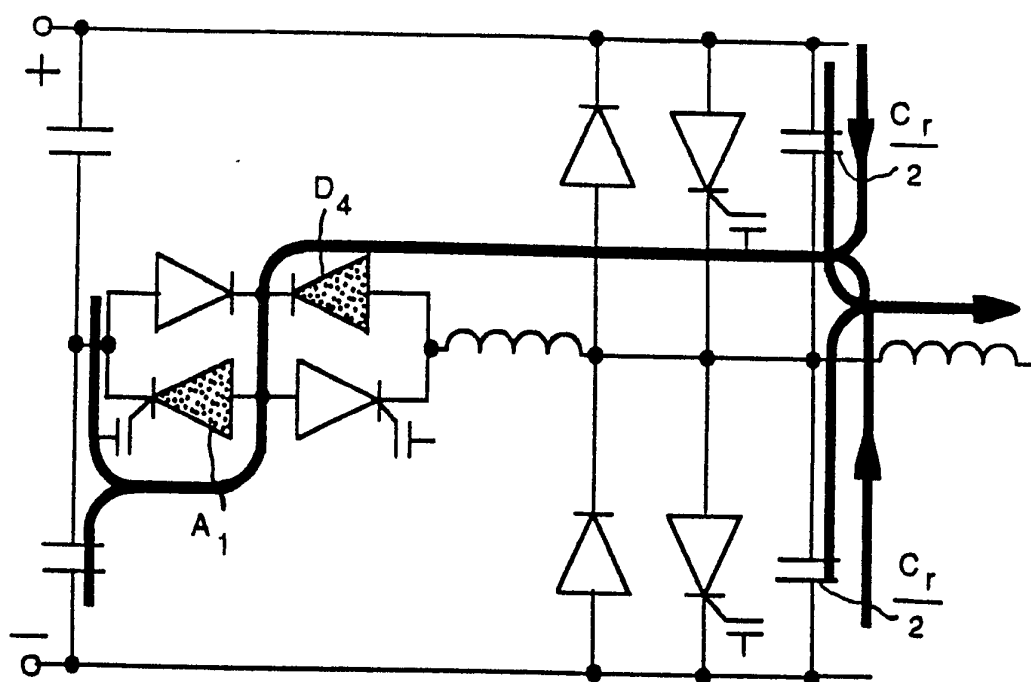
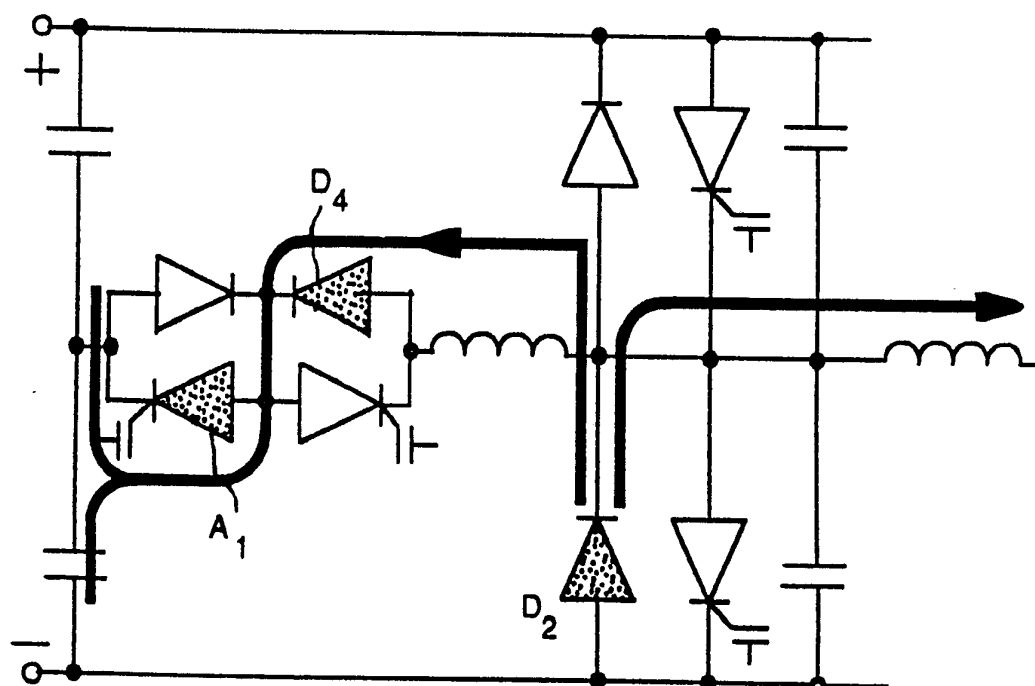


FIG. 4d



9/12

100
100
100

[Handwritten signature]

FIG. 4e

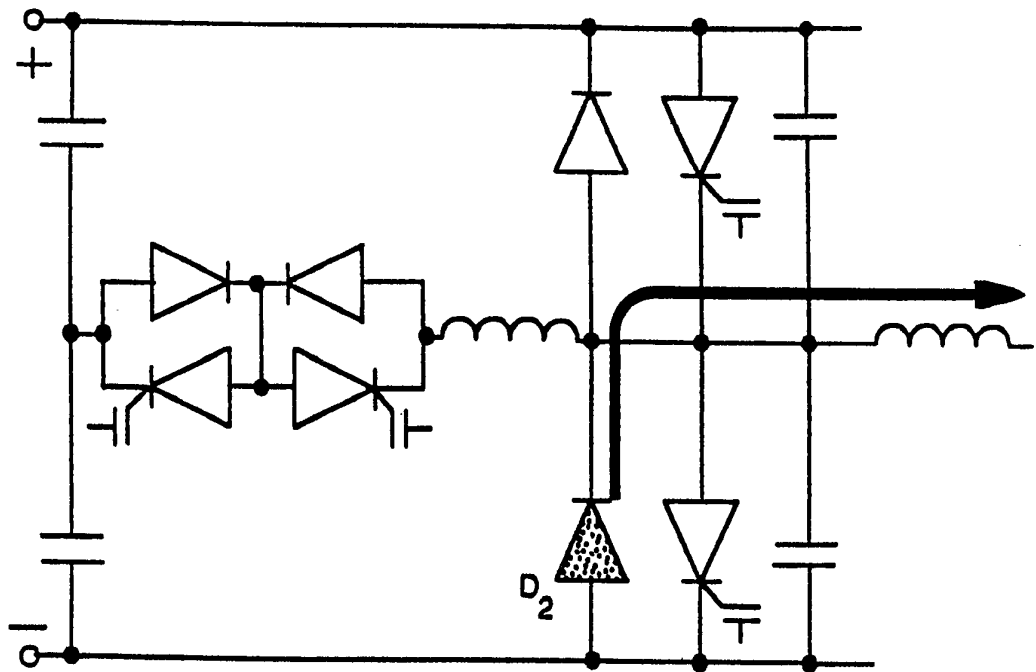




FIG. 5

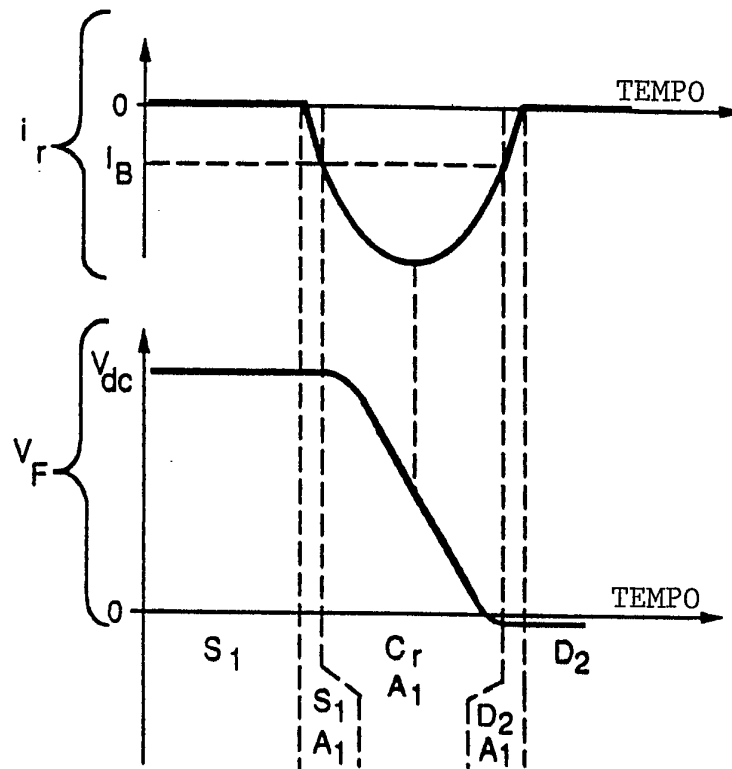


FIG. 6a

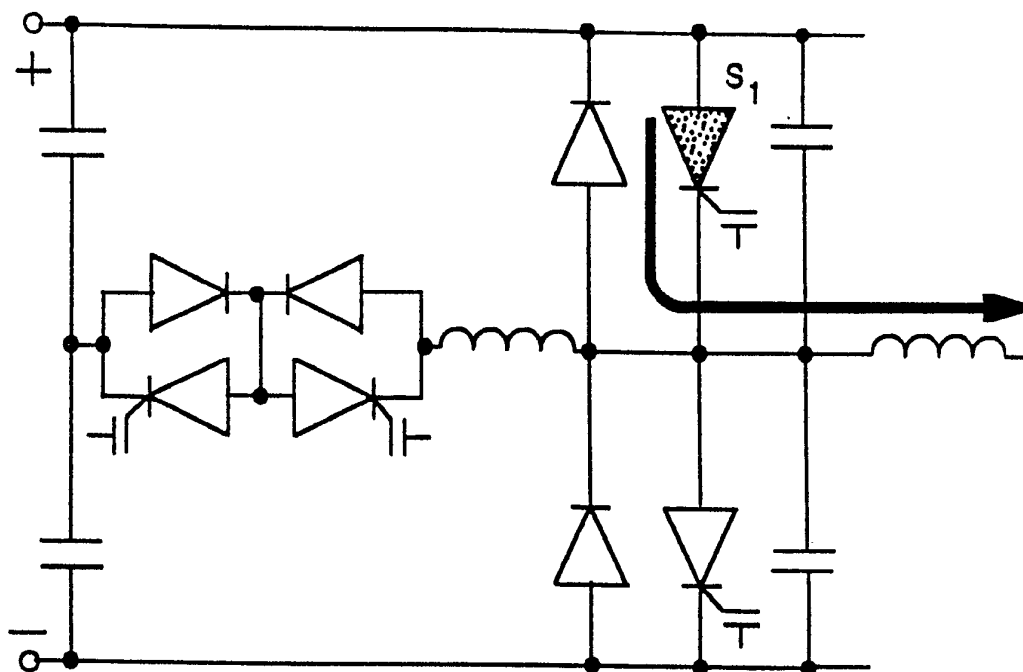
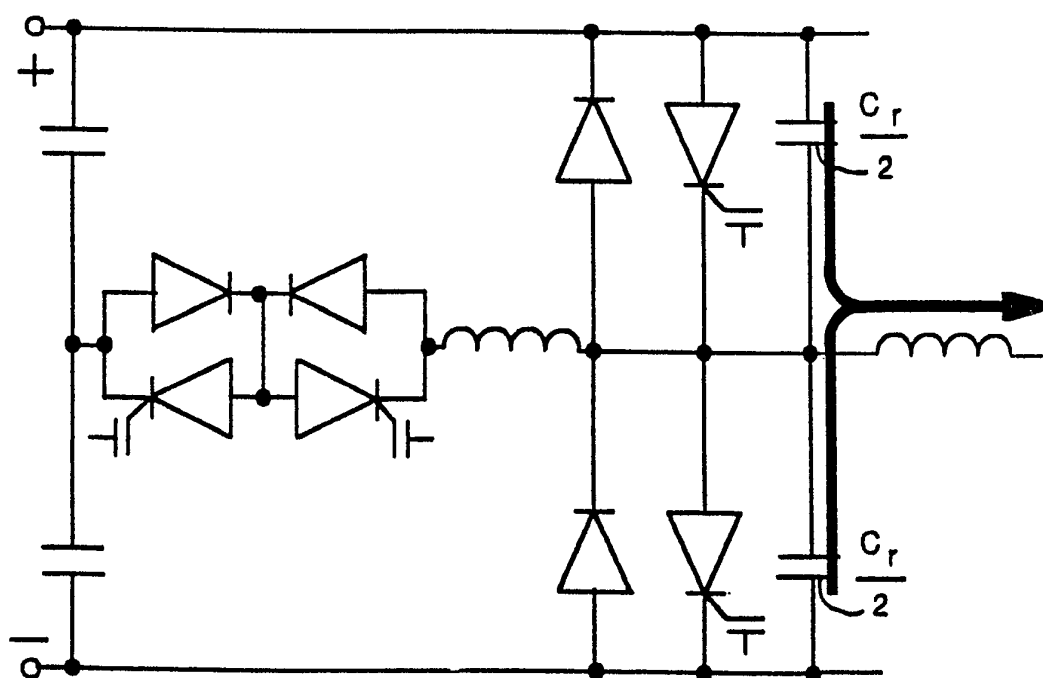


FIG. 6b



12/12

[Handwritten signature]

FIG. 6c

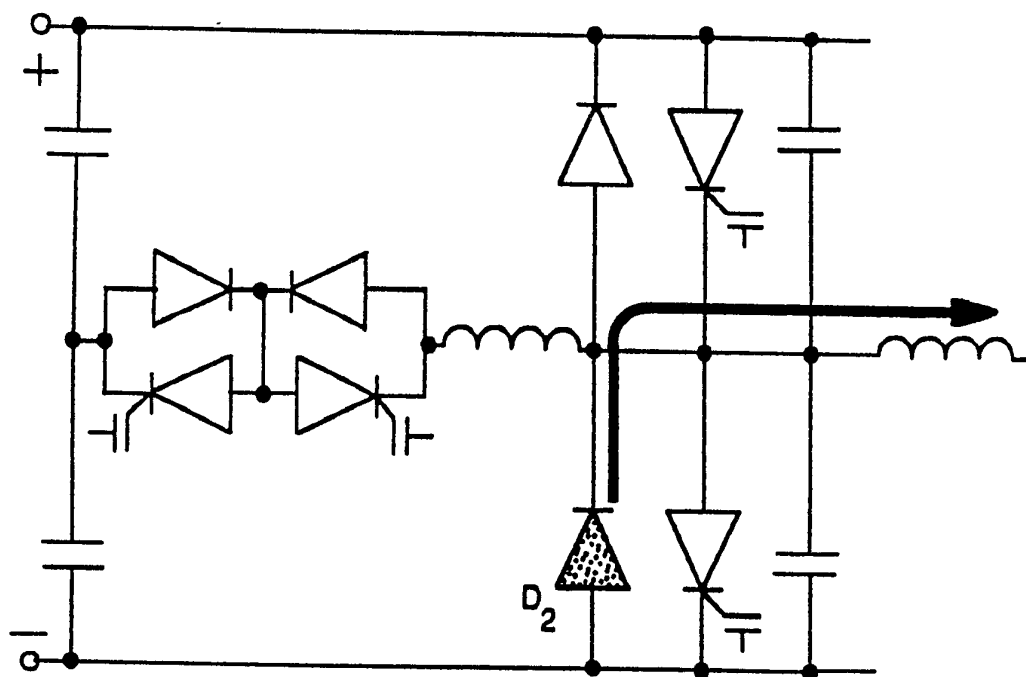


FIG. 7

