

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3802384号

(P3802384)

(45) 発行日 平成18年7月26日(2006.7.26)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int. Cl.

F I

H05B 41/24 (2006.01)

H05B 41/24

Q

H05B 41/18 (2006.01)

H05B 41/18

Z

請求項の数 7 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2001-261369 (P2001-261369)	(73) 特許権者	000001133
(22) 出願日	平成13年8月30日(2001.8.30)		株式会社小糸製作所
(65) 公開番号	特開2003-77694 (P2003-77694A)		東京都港区高輪4丁目8番3号
(43) 公開日	平成15年3月14日(2003.3.14)	(74) 代理人	100069051
審査請求日	平成16年3月29日(2004.3.29)		弁理士 小松 祐治
		(72) 発明者	伊藤 昌康
			静岡県清水市北脇500番地 株式会社小糸製作所 静岡工場内
		(72) 発明者	武田 仁志
			静岡県清水市北脇500番地 株式会社小糸製作所 静岡工場内
		審査官	柿崎 拓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電灯点灯回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流入力電圧を受けて当該電圧を正極性及び負極性の出力電圧にそれぞれ変換するための直流－直流変換回路と、当該直流－直流変換回路による正極性及び負極性の出力電圧を受けて正負いずれかの極性電圧を出力する第1及び第2のハーフブリッジを有する直流－交流変換回路と、第1及び第2の放電灯に係る出力段での負荷ショートが発生について判断するとともに、各ハーフブリッジのスイッチング素子についてショート故障が発生したか否かを判断するための異常検出回路とを備え、各ハーフブリッジから起動回路を介して上記第1及び第2の放電灯に電力供給が行われるように構成された放電灯点灯回路において、

上記異常検出回路が、

上記正極性及び負極性の出力電圧を検出し、検出電圧が基準電圧よりも低い状態が基準時間以上に亘って持続した場合に上記第1又は第2の放電灯に係る負荷ショート異常が発生したと判断する第1の異常判断手段と、

上記正極性及び負極性の出力電圧が基準電圧よりも低い状態と高い状態とが繰り返される状況において、該正極性及び負極性の出力電圧の大きさが同時期に予め決められた閾値よりも低くなった場合に、あるいは上記した各ハーフブリッジの出力電圧の大きさが同時期に予め決められた閾値よりも低くなった場合に、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子のいずれかにショート故障が発生したと判断する第2の異常判断手段とを有する

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の放電灯点灯回路において、

上記第 1 又は第 2 の放電灯のうち一方の放電灯だけが点灯している時に、ハーフブリッジの構成素子の故障について異常状態が検出され、当該異常状態が第 1 の基準時間に亘って持続したことからショート故障発生と判断した場合には、当該放電灯が接続される方のハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定される

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の放電灯点灯回路において、

上記第 1 及び第 2 の放電灯が点灯している時に、ハーフブリッジの構成素子のショート故障について異常状態が検出された場合には、いずれか一方の放電灯が接続される第 1 のハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように一時的に規定するとともに、さらに当該異常状態が持続している場合には当該異常状態が第 1 の基準時間に亘って持続したときに第 2 のハーフブリッジの故障と判断して当該ハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定され、

10

また、上記第 1 及び第 2 の放電灯が点灯している時に上記異常状態が検出され、第 1 のハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定したときに上記異常状態が持続しない場合には、今度は第 2 のハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように一時的に規定し、そのときに異常状態が再開するか否かを検査し、再開した場合には当該異常状態が第 1 の基準時間に亘って持続したときに第 1 のハーフブリッジの故障と判断して当該ハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定される

20

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の放電灯点灯回路において、

一方のハーフブリッジについてショート故障が判断され、他方のハーフブリッジについてショート故障が判断されない場合に、上記他方のハーフブリッジが出力すべき電圧極性とは逆極性の電圧出力に対応する直流－直流変換回路の動作を一時的に停止させる

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の放電灯点灯回路において、

ハーフブリッジが交番動作する度に放電灯の点灯状態と消灯状態とが繰り返されるとともに、この状態が第 2 の基準時間に亘り又は第 1 の判定回数をもって継続された場合に直流－直流変換回路の動作を第 3 の時間に亘って中断させる

30

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の放電灯点灯回路において、

ハーフブリッジが交番動作する度に放電灯の点灯状態と消灯状態とが繰り返されるとともに、この状態が第 2 の基準時間より短い第 4 の基準時間に亘り継続された場合又は第 1 の判定回数より少ない第 2 の判定回数をもって継続された場合に、当該ハーフブリッジの交番出力が一定の周波数に固定される

40

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【請求項 7】

請求項 5 又は請求項 6 に記載の放電灯点灯回路において、

上記第 1 の放電灯に起動用パルスを供給する第 1 の起動回路及び上記第 2 の放電灯に起動用パルスを供給する第 2 の起動回路が、コンデンサ及びスイッチ素子をそれぞれ備えており、上記直流－直流変換回路に設けられた電圧供給回路を用いて該コンデンサが充電され、該コンデンサの電圧が閾値を越えたときに自己降伏によりスイッチ素子が導通して起動用パルスが発生される構成を備えていること、

そして、上記直流－直流変換回路の出力電圧が上記第 1 のハーフブリッジを介して上記第 1 の起動回路内のコンデンサの一端に供給され、かつ上記直流－直流変換回路の出力電

50

圧が上記第2のハーフブリッジを介して上記第2の起動回路内のコンデンサの一端に供給されるとともに、上記電圧供給回路と、上記第1の起動回路内のコンデンサとスイッチ素子との接続点を繋ぐ第1の経路で上記第1の起動回路内のコンデンサが充電され、上記電圧供給回路と、上記第2の起動回路内のコンデンサとスイッチ素子との接続点を繋ぎ、かつ上記第1の経路とは分離された第2の経路で上記第2の起動回路内のコンデンサが充電される

ことを特徴とする放電灯点灯回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は、複数の放電灯を点灯可能な点灯回路において、アークサージ等によって発生する虞のあるスイッチング素子の故障に対して速やかな保護対策を講じるとともに、故障していないスイッチング素子からなるブリッジに繋がれた放電灯についてはその点灯を保証するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

放電灯（メタルハライドランプ等）の点灯回路については、直流－直流変換回路、直流－交流変換回路、起動回路（所謂スタータ回路）を備えた構成が知られている。例えば、1つの放電灯を点灯させる場合において、DC－DCコンバータ及びフルブリッジ型回路（2つのアームをそれぞれ構成するスイッチング素子について交互にオン／オフ制御を行うように構成された回路）と、それらの制御回路を備えた構成が挙げられ、DC－DCコンバータ内のスイッチング素子の制御によって当該コンバータの出力が制御されるとともに、後段のフルブリッジ型回路によって得られる交流出力が放電灯に供給される。尚、フルブリッジ型回路の各アームは2つのスイッチング素子から構成されており、一方のアームを構成するスイッチング素子同士の接続点が起動回路を介して放電灯の一端に接続され、当該放電灯の他端が他方のアームを構成するスイッチング素子同士の接続点に接続される。

20

【0003】

ところで、放電灯の数が2つになった場合に、各放電灯に対応するそれぞれの点灯回路を別個に設けて放電灯を点灯させるのでは、部品点数やコスト面で不利益があるので、2つの放電灯についての点灯回路を共通化することが好ましい。例えば、DC－DCコンバータについては正極性及び負極性の出力が得られるように構成し、直流－交流変換回路を構成するフルブリッジ型回路については、これを2つのハーフブリッジからなる構成として、一方のアームにより起動回路を介して第1の放電灯に電力供給を行い、他方のアームにより起動回路を介して第2の放電灯に電力供給を行う構成とする。つまり、DC－DCコンバータ内のスイッチング素子の制御によって当該コンバータの出力が制御されるとともに、フルブリッジ型回路を構成する各アームのスイッチング素子に係る交番動作によって得られる矩形波状出力を放電灯に供給する際には、各放電灯に対して正極性出力と負極性出力とが交互に供給される（つまり、片方の放電灯について正極性出力を投入しているときには、他方の放電灯には負極性出力が投入される。）。

30

40

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の回路構成において、フルブリッジ型回路の各アームを構成するスイッチング素子のいずれかが故障した場合に（例えば、電界効果トランジスタを用いる場合における、ドレイン－ソース間のショート破壊）、その異常検出が容易でないことや、不十分な保護対策あるいは逆に過剰な保護対策に起因する弊害等が問題となる。

【0005】

つまり、フルブリッジ型回路を用いて1つの放電灯を点灯させる構成では、あるスイッチング素子の故障時においてDC－DCコンバータの出力段で貫通状態が起きた場合に供給電圧が急激に低下するので、これを所定電圧と比較することによって異常検出を容易に行

50

うことができる。そして、異常と判定した場合にフルブリッジ型回路を構成する全てのスイッチング素子をオフ状態とする指示を出せば、スイッチング素子の故障に起因する損傷や被害の拡大を防止することができるので事態は簡単である。

【0006】

これに対して、上記のようにフルブリッジ型回路を用いて2つの放電灯を点灯させる構成において、放電灯の数が1つの場合と同じ考え方をとった場合には、単純な電圧比較によって異常検出を行うことができず、十分な回路保護ができなかったり、あるいは、全てのスイッチング素子をオフ状態にする指示を出すことに伴う弊害（例えば、一方の放電灯及びこれを駆動するアームのスイッチング素子には何ら問題がないのに、他方の放電灯を駆動するアームのスイッチング素子が故障したために放電灯が2つとも消灯してしまう。このことは、車両用灯具の光源への適用を考えた場合に、車両運転者の走行安全性に関して問題があり、上記一方の放電灯（問題ない方の放電灯）については点灯させることが好ましい。）を伴うことになる。また、フルブリッジ型回路の両アームのうち、どちらのアームを構成するスイッチング素子が故障したのかを判別することの必要性や、スイッチング素子の故障に関して問題のない方のアームにより駆動される放電灯を確実に始動（あるいは起動）できるようにすることも必要になる。

10

【0007】

そこで、本発明は、フルブリッジ型構成の直流－交流変換回路を用いて2つの放電灯をそれぞれ点灯させることが可能な点灯回路において、スイッチング素子の故障を検出するとともに、必要かつ十分な保護対策を講じることを課題とする。

20

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記した課題を解決するために、直流入力電圧を受けて当該電圧を正極性及び負極性の出力電圧にそれぞれ変換するための直流－直流変換回路と、当該直流－直流変換回路による正極性及び負極性の出力電圧を受けて正負いずれかの極性電圧を出力する第1及び第2のハーフブリッジを有する直流－交流変換回路と、第1及び第2の放電灯に係る出力段での負荷ショートが発生について判断するとともに、各ハーフブリッジのスイッチング素子についてショート故障が発生したか否かを判断するための異常検出回路とを備え、各ハーフブリッジから起動回路を介して第1及び第2の放電灯に電力供給が行われるように構成された放電灯点灯回路において、異常検出回路が下記に示す第1及び第2の異常判断手段を有するものである。

30

・正極性又は負極性の出力電圧を検出し、検出電圧が基準電圧よりも低い状態が基準時間以上に亘って持続した場合に第1又は第2の放電灯に係る負荷ショート異常が発生したと判断する第1の異常判断手段。

・正極性及び負極性の出力電圧が基準電圧よりも低い状態と高い状態とが繰り返される状況において、該正極性及び負極性の出力電圧の大きさが同時期に予め決められた閾値よりも低くなった場合に、あるいは上記した各ハーフブリッジの出力電圧の大きさが同時期に予め決められた閾値よりも低くなった場合に、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子のいずれかにショート故障が発生したと判断する第2の異常判断手段。

【0009】

従って、本発明によれば、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子に故障が発生した場合の異常状態を確実に検出することができる。

40

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係る点灯回路の基本構成を示すものであり、放電灯点灯回路1は、直流電源2、直流－直流変換回路3、直流－交流変換回路4、起動回路5L及び5Rを備えている。

【0011】

直流－直流変換回路3は、直流電源2からの直流入力電圧（これを「Vin」と記す。）を受けて正極性及び負極性の出力電圧に変換するものであり、例えば、回路内部にトランス

50

及びスイッチング素子を有するとともに、制御回路7からの信号に応じてスイッチング素子の制御が行われてその出力電圧が制御される。直流－直流変換回路3としては、スイッチングレギュレータの構成を有するDC－DCコンバータ（フライバック式等。）が用いられ、正極性及び負極性の両出力を得るための回路を分離することなく構成した非分離型の形態と、各極性の出力電圧を各別の回路に分離して出力するように構成した分離型の形態が挙げられる。

【0012】

図2及び図3は直流－直流変換回路の構成例を示したものである。尚、図2では二次側に2つの回路3A、3Bを有し、また、図3では、一次及び二次ともに別の回路3'A、3'Bを有している。

10

【0013】

図2は非分離型の構成例3Nを示しており、トランスTの一次巻線Tpの一端が直流入力端子「ta」に接続されることで電圧Vinが入力されるようになっており、一次巻線Tpの他端は半導体スイッチング素子SW（図には単にスイッチの記号で示すが、電界効果トランジスタ等が用いられる。）及び電流検出用抵抗Rsを介して接地されている（この抵抗Rsについては任意であり、特に設けなくても良い）。尚、半導体スイッチング素子SWの制御端子（FETの場合にはゲート）には制御回路7（図1参照）からの信号「Sc」が供給されてそのスイッチング制御が行われる。

【0014】

トランスTの二次巻線Tsについては、その一端がダイオードD1のアノードに接続され、該ダイオードD1のカソードがコンデンサC1の一端に接続されるとともに端子「to1」に接続され、当該端子から出力電圧（これを「Vdcp」と記す。）が得られる。そして、コンデンサC1の他端は二次巻線Tsの中間タップに接続されるとともに、抵抗Riを介して接地されている。

20

【0015】

二次巻線Tsの他端はダイオードD2のカソードに接続されており、該ダイオードD2のアノードがコンデンサC2と端子「to2」に接続され、当該端子を介して出力電圧（これを「Vdcn」と記す。）が得られる。

【0016】

抵抗Riは、放電灯6に流れる電流に関する検出信号（相当信号）を得るための電流検出用素子であり、当該抵抗に流れる電流を電圧変換することで電流検出を行うものである。尚、抵抗Riと、コンデンサC1やC2との接続点には検出端子「toi」が接続されており、ここから検出信号「Vi」が得られる。

30

【0017】

以上のように構成例3Nは、正極性及び負極性の電圧Vdcp、Vdcnを2つの出力端子「to1」、「to2」から各別に出力する構成となっている。

【0018】

尚、トランスTの巻線に付した「・」印は巻き始めを示しており、例えば、二次巻線TsについてはダイオードD2との接続端及び中間タップにおける巻き始端にそれぞれ「・」印が付されている。

40

【0019】

図3は分離型の形態について一例を示したものであり、この構成例3Mでは、2つのトランスT1（一次巻線T1p、二次巻線T1s）、T2（一次巻線T2p、二次巻線T2s）を有する構成とされる。

【0020】

各トランスの一次巻線T1p、T2pの一方の端子が直流入力端子taに接続され、他方の端子がスイッチング素子SW1、SW2（これらにはFET等の半導体スイッチング素子が用いられるが、図には単にスイッチの記号で示す。）をそれぞれ介して接地されており、これらのスイッチング素子SW1、SW2を、制御回路7からの制御信号Sc1、Sc2によって各別にオン／オフ制御することで、各二次出力を独立に可変制御することが

50

できる。

【0021】

尚、一次巻線 $T1p$ 、 $T2p$ に対して並列に設けられたコンデンサ $C0$ は、その一端が直流入力端子 ta に接続されるとともに他端が接地されている。

【0022】

回路3'Aは、トランス $T1$ 及びスイッチング素子 $SW1$ 、そして二次巻線 $T1s$ に接続された整流用ダイオード $D1$ や平滑用コンデンサ $C1$ 、電流検出用抵抗 $Ri1$ を含む構成とされる。つまり、二次巻線 $T1s$ の一端がダイオード $D1$ のアノードに接続され、該ダイオードのカソードが出力端子 $to1$ に接続されるとともにコンデンサ $C1$ の一端に接続されている。そして、該コンデンサ $C1$ の他端が二次巻線 $T1s$ の巻き始端側端子に接続されるとともに、電流検出用抵抗 $Ri1$ を介して接地されている。

10

【0023】

よって、この回路では、制御信号 $Sc1$ に基づくスイッチング素子 $SW1$ のオン／オフ制御によってトランス $T1$ の一次巻線 $T1p$ に流れる電流が制御され、二次巻線 $T1s$ からダイオード $D1$ 、コンデンサ $C1$ を経て出力端子 $to1$ に正極性電圧 $Vdcp$ が得られる。尚、端子「 $toi1$ 」は、コンデンサ $C1$ と電流検出用抵抗 $Ri1$ との接続点に接続された電流検出端子であり、当該端子から検出信号「 $Vi1$ 」が得られる。

【0024】

他方、回路3'Bは、トランス $T2$ 及びスイッチング素子 $SW2$ 、そして二次巻線 $T2s$ に接続された整流用ダイオード $D2$ や平滑用コンデンサ $C2$ 、電流検出用抵抗 $Ri2$ を含む構成とされる。つまり、二次巻線 $T2s$ の一端（巻き始端側の端子）がダイオード $D2$ のカソードに接続され、該ダイオードのアノードが出力端子 $to2$ に接続されるとともにコンデンサ $C2$ の一端に接続されている。そして、該コンデンサ $C2$ の他端が二次巻線 $T2s$ の終端側端子に接続されるとともに、電流検出用抵抗 $Ri2$ を介して接地されている。

20

【0025】

よって、この回路では、制御信号 $Sc2$ に基づくスイッチング素子 $SW2$ のオン／オフ制御によってトランス $T2$ の一次巻線 $T2p$ に流れる電流が制御され、二次巻線 $T2s$ からダイオード $D2$ 、コンデンサ $C2$ を経て出力端子 $to2$ に電圧 $Vdcn$ が得られる。尚、端子「 $toi2$ 」は、コンデンサ $C2$ と電流検出用抵抗 $Ri2$ との接続点に接続された電流検出端子であり、当該端子から検出信号「 $Vi2$ 」が得られる。

30

【0026】

直流－直流変換回路3の後段に配置された直流－交流変換回路4（図1参照。）は、直流－直流変換回路3の出力電圧を交流電圧に変換した後で起動回路5L、5Rを介して放電灯6L、6Rにそれぞれ供給するために設けられており、直流－直流変換回路3の2つの出力端子からそれぞれ出力される正極性及び負極性の電圧が送出されてくる。

【0027】

図4は直流－交流変換回路4の基本構成例についてその要部を示したものであり、直流－直流変換回路3からの正極性及び負極性の出力電圧 $Vdcp$ 、 $Vdcn$ を受けて正負いずれかの極性電圧を出力するためにハーフブリッジ HBL 、 HBR を有する。

40

【0028】

つまり、これら2つのハーフブリッジからフルブリッジが構成されるものと考えた場合に、ハーフブリッジ HBL が左アームを形成し、ハーフブリッジ HBR が右アームを形成している。そして、各ハーフブリッジは上記出力電圧 $Vdcp$ と $Vdcn$ とを切り換えるために、それぞれ一対の半導体スイッチング素子（例えば、電界効果トランジスタ等）により構成されている。尚、図ではハーフブリッジ HBL が半導体スイッチング素子 $sw1$ 及び $sw2$ を用いて構成され、両素子の接続点が起動回路5Lを介して放電灯6Lに接続されている。また、ハーフブリッジ HBR が半導体スイッチング素子 $sw3$ 及び $sw4$ を用いて構成され、両素子の接続点が起動回路5Rを介して放電灯6Rに接続されている。そして、図では放電灯6L、6Rの一端が接地されているが、電流検出用抵抗を介して接地する形態

50

もある。

【0029】

これらの半導体スイッチング素子は、ブリッジ駆動回路DRVL、DRV Rによってそれぞれ交番動作され、その結果生成される交流電圧が放電灯6 L、6 Rにそれぞれ供給される。つまり、スイッチング素子sw 1、sw 2については、ブリッジ駆動回路DRVLからそれらの制御端子(FETではゲート)に信号が送出されることで相反的にオン／オフ制御される。また、スイッチング素子sw 3、sw 4については、ブリッジ駆動回路DRV Rからそれらの制御端子(FETではゲート)に信号が送出されることで相反的にオン／オフ制御される。尚、各ブリッジ駆動回路については、ハーフブリッジドライバとして既知のIC(集積回路)が使用され、例えば、制御部CCからの信号を受ける制御入力端子「IN」と、制御部CCからシャットダウン信号(ハーフブリッジを構成する2つのスイッチング素子とともにオフさせるための信号)を受ける端子「SD」を有している。

10

【0030】

各ハーフブリッジへの入力電圧は上記Vdcp、Vdcnであり、例えば、一方の放電灯6 Rだけを点灯維持する場合には、制御部CCからブリッジ駆動回路DRVLのSD端子にシャットダウン信号を供給してハーフブリッジHBLの構成素子sw 1、sw 2とともにオフ状態にし、ハーフブリッジHBRの構成素子sw 3、sw 4を交互にオン／オフさせて交番出力を放電灯6 Rに供給すれば良い(但し、放電灯の起動時、つまり、起動回路によって発生される高圧パルスを放電灯に印加する場合には、電圧極性を一時的に固定する期間が設けられるが、それ以外のときは基本的に交番出力が放電灯に供給され、例えば、素子sw 3のオン状態、素子sw 4のオフ状態において正極性電圧Vdcpが放電灯6 Rに供給され、素子sw 3のオフ状態、素子sw 4のオン状態において負極性電圧Vdcnが放電灯6 Rに供給される。)

20

【0031】

また、2つの放電灯を点灯させる場合には、各ハーフブリッジが互いに逆位相で動作するように制御部CCからブリッジ駆動回路DRVL、DRV Rの「IN」端子に信号が送られる(つまり、各ハーフブリッジの出力極性が互いに逆極性とされる。)。例えば、一方の放電灯6 Rに対して正極性出力を供給するタイミング(sw 3がオンでsw 4がオフ)では、他方の放電灯6 Lに対して負極性出力が供給されるように素子をオン／オフ状態(sw 1がオフでsw 2がオン)を制御する。このように、各ブリッジ駆動回路からそれぞれのスイッチング素子の制御端子に供給される信号により、ハーフブリッジHBRとHBLの状態について逆位相をもって駆動がなされ、同じハーフブリッジの構成素子同士については反相関係をもって、それぞれにハーフブリッジの交番動作が行われて直流電圧が交流電圧に変換される。

30

【0032】

尚、本例では、各ブリッジ駆動回路のSD端子にシャットダウン信号を送出することで、ハーフブリッジの構成素子を共にオフ状態とする構成を採っているが、これに限らず、例えば、各ブリッジ駆動回路に2つのIN端子(「IN1」、「IN2」)をそれぞれ設け、「IN1」端子への制御信号によってsw 1(又はsw 3)のオン／オフ状態を規定し、「IN2」端子への制御信号によってsw 2(又はsw 4)のオン／オフ状態を規定する形態でも良い。つまり、この場合には、それぞれのIN端子「IN1」、「IN2」への制御信号によって各ハーフブリッジの構成素子についてそれらの状態を各別に制御することができ、「IN1」端子及び「IN2」端子に所定の信号(例えば、Lレベル信号)を与えることでハーフブリッジに係る両素子をオフ状態にして、当該ハーフブリッジをシャットダウンさせることができる。

40

【0033】

いずれにしても、各放電灯への電力制御については、第1の放電灯に対してVdcpを出力し、第2の放電灯に対してVdcnを出力する場合に、Vdcpを出力するコンバータ(又は回路部)が第1の放電灯について制御し、Vdcnを出力するコンバータ(又は回路部)が第2の放電灯について制御するように動作が行われ、逆に、第2の放電灯に対してVdcpを

50

出力し、第1の放電灯に対してVdcnを出力する場合に、Vdcpを出力するコンバータ（又は回路部）が第2の放電灯について制御し、Vdcnを出力するコンバータ（又は回路部）が第1の放電灯について制御するように動作が行われる。こうして、ブリッジ（ハーフブリッジHBL、HBR）及びブリッジ駆動回路（DRVL、DRV R）を用いて2つの放電灯について点灯制御を行うことができるので、回路構成の簡単化及びコストや部品点数等の低減を実現できる。

【0034】

起動回路5L、5R（図1、図4参照。）は、各放電灯に対する起動用の高電圧パルス信号（起動用パルス）を発生させて放電灯に起動をかけるために設けられており、当該信号は直流－交流変換回路4の出力する交流電圧に重畳されて各放電灯に印加される。尚、図10には各放電灯につき、それぞれに起動回路が設けられているが、起動回路内に設けられるトランスの一次巻線を共通化し、複数の二次巻線をそれぞれ介して各放電灯に起動用の高電圧パルス信号を各別に供給する形態もある。

【0035】

各放電灯に流れる電流を検出するための検出回路としては、例えば、上記した電流検出用抵抗「Ri」や「Ri1」、「Ri2」を用いて放電灯に流れる電流値を検出する電流検出回路が設けられている。また、各放電灯にかかる電圧を検出する電圧検出回路については、例えば、既知のように分圧抵抗等を使って出力電圧を検出する回路（を設けて出力電圧（Vdcp、Vdcn）の検出信号を得ることができる。

【0036】

制御回路7（図1参照。）は、放電灯にかかる電圧や当該放電灯に流れる電流の検出信号を受けて放電灯に投入する電力を制御するとともに直流－直流変換回路3の出力を制御する。つまり、放電灯の状態に応じた供給電力を制御するために設けられており、直流－直流変換回路3に対して制御信号を送出することで、その出力電圧を制御する。また、上記したブリッジ駆動回路（DRVL、DRV R）に対して制御信号を送出してブリッジの極性切換について制御を行う（つまり、図4に示す制御部CCの機能を備えている。）。尚、放電灯の点灯前には当該放電灯への供給電圧をあるレベルまで高めることで、放電灯の点灯を確実にするための出力制御を行うことも制御回路7の役目である。また、電力制御方式としては、PWM（パルス幅変調）方式、PFM（パルス周波数変調）方式等が知られている。

【0037】

ところで、上記に説明した2放電灯の制御において、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子が常に正常に動作することが保証される訳ではなく、アークサージ等の発生によって故障した場合において、異常検出及び保護対策が必要である。

【0038】

1つの放電灯を点灯させるための点灯回路がフルブリッジ型回路を有する場合、例えば、図4の構成において放電灯6R及び起動回路5Rがないものとし、放電灯6Lの一端が接地されずにハーフブリッジHBRの構成素子sw3とsw4との接続点に繋がれている構成を想定する（但し、素子sw1、sw3には正極性又は負極性の供給電圧「Vdc」が供給され、素子sw2、sw4の非制御端子のうち、起動回路及び放電灯に接続されない方の一端がグラウンドラインに接続されるものとする。）。このとき、スイッチング素子に電界効果トランジスタが使われていて、右アーム（HBR）の素子sw3に故障が発生した（ドレイン－ソース間のショート破壊）と仮定する。素子sw4がオン状態となるタイミングでは、直流－直流変換回路の出力段が貫通状態となり、供給電圧「Vdc」が急激に低下するので、この状態で当該電圧を所定の基準電圧と比較することで異常検出が可能である。そして、スイッチング素子の故障について判断している最中に放電灯が点灯しているか否かには関係なく、全て素子をオフ状態にするための信号（シャットダウン信号）を生成してブリッジ駆動回路に送出することで、被害の拡大を防止できる。この時、故障したスイッチング素子がブリッジの右アーム（HBR）の構成素子であろうと左アーム（HBL）の構成素子であろうと、とにかく全て素子をオフにすれば良いので話は簡単で

10

20

30

40

50

ある。

【0039】

しかしながら、上記のようにHBL、HBRによるフルブリッジ構成を用いて2つの放電灯の点灯制御を行う場合に、1つの放電灯の場合と同じ考え方をそのまま踏襲することはできない。それは、下記の(A)乃至(C)に示す理由に基づく。

【0040】

(A) どちらのハーフブリッジの構成素子が故障したのかを判別することが必要であること。

【0041】

(B) ハーフブリッジの構成素子を共にオフ状態にただけでは保護の対応が充分でない場合があること。 10

【0042】

(C) 素子故障のないハーフブリッジに繋がれた方の放電灯を点灯させたい場合に当該放電灯を確実に起動できるようにすること。

【0043】

まず、(A)の事項については、一方のハーフブリッジ(例えば、右アーム)を構成する素子のいずれかが故障したとしても、他方のハーフブリッジ(左アーム)については正常に動作させる必要があり、これによって当該ハーフブリッジに繋がれた放電灯の点灯が保証される。つまり、1つの放電灯の場合と同じように4つのスイッチング素子全てをオフ状態にはできない。従って、素子故障について異常検出がなされた場合には、どちらのハーフブリッジについてスイッチング素子が故障したのかを正しく判別するとともに、故障 20
が起きた方のブリッジについては保護対策を講じ、故障のないブリッジについてはこれを正常に動作させることが望ましい。

【0044】

図5は、2つの放電灯の点灯において、右アーム(HBR)の構成素子sw3が故障したときの様子を示しており、「Vdcp」、「Vdcn」について示す期間「Ta」では、左アーム(HBL)の構成素子sw1と右アーム(HBR)の構成素子sw4にオン指示がそれぞれ出されており、期間「Tb」では、右アーム(HBR)の構成素子sw3と左アーム(HBL)の構成素子sw2にオン指示がそれぞれ出されている。

【0045】

図示のように、期間Taにおいて右アームで貫通を起こしているので、Vdcp、Vdcnがともにグランド(GND)電位に近い電圧まで下がっている。また、期間Tbでは貫通が発生せず、Vdcp、Vdcnの各電圧は次第に上昇する(例えば無負荷の場合には、それぞれについて規定したコンバータの出力電圧(所謂オープン・サーキット電圧「O.C.V」)に向かって上昇する。)。そしてまた、期間Taで電圧が下がるといったことが繰り返されることになる。従って、Vdcp及びVdcnあるいは左右両アームの出力がともに同じタイミングをもってその大きさがほぼ同レベルの電圧となっているため、単純な電圧比較を行うだけではどちらのハーフブリッジの素子に故障が起きたのかを判断できないことが理解される。 30

【0046】

また、上記事項(B)については、(A)の判別問題が無事に解決され、故障と判断されたハーフブリッジの構成素子に対してオフ指示が出されたとしても残される問題である。 40

【0047】

例えば、右アームの構成素子sw3に故障が起きたことが判断されて、その保護対策としてハーフブリッジHBRの構成素子sw3、sw4にオフ指示が出され、また、このとき既に放電灯6Rが点灯していた場合を想定する。図6は、そのような状況において、右アームの出力電圧「Vhbr」と放電灯6Rに流れる電流「I6R」の波形を概略的に示している。尚、図中に示す「Ta」、「Tb」については既述の通りであり、時刻「t1」が故障発生時点、時刻「t2」が故障判断時点をそれぞれ示している。

【0048】

放電灯 6 R の通常点灯（起動時を除く安定点灯）において、時刻 t_1 で右アーム（H B R）の構成素子 $s w 3$ にショート故障が起きたときには、素子 $s w 4$ がオンするタイミング、つまり期間 $T a$ で貫通が発生する。そして、期間 $T b$ では貫通が発生しないので、図示するように出力電圧「 V_{hbr} 」が、ある極性をもって交番し、その繰り返しを時間又は回数で検出することにより故障の判断が可能になる。そして、時刻 t_2 で右アームの構成素子をとともをオフさせるための指示を出すと、貫通は発生しなくなるが、その代わりに H B R の出力電圧が V_{dcp} となって固定されてしまう。この時の振る舞いについては、他方の放電灯 6 L の状態によっても異なるが、例えば、当該放電灯が通常点灯している場合には、左アームのスイッチング素子 $s w 1$ がオン状態となるタイミングでは V_{dcp} が放電灯 6 L の点灯制御電圧となる。これとは逆のタイミング、即ち、左アームのスイッチング素子 $s w 2$ がオン状態となるときには、 V_{dcp} が放電灯 6 R の点灯制御電圧となる。その結果、故障している方のアームに接続された放電灯 6 R については、故障している素子 $s w 3$ を介して直流（D C）点灯が維持されてしまうため、当該放電灯の劣化やスイッチング素子の異常発熱を招く原因となる。

10

【0049】

上記事項（C）については、起動回路を構成するスイッチ素子、例えば、自己降伏する放電ギャップ素子を用いる場合に、放電電圧のバラツキを考慮する必要があること及び放電電圧の低い方の放電ギャップ素子によって常に起動用パルスが発生されてしまう事態を回避することを要する。

【0050】

20

放電灯の起動時にはブリッジの電圧極性を、一時的に正極性又は負極性に固定することが点灯の安定性の面で好ましいことが知られており、よって、2つの放電灯のうち、一方の放電灯を点灯させたい場合には、当該放電灯が接続されるハーフブリッジの出力極性を一時的に固定すれば良い（例えば、正極性とする。）。但し、スイッチング素子の故障が発生したとしても、故障していない方のハーフブリッジに接続される放電灯については当該放電灯の点灯を意図する場合に確実に起動用パルス（スタータパルス）が発生されることを要する。

【0051】

例えば、起動回路の構成として、D C - D C コンバータの出力電圧から得られる所定の供給電圧を受けてコンデンサを充電し、当該コンデンサの両端電圧がある閾値を越えたときに放電ギャップ素子により起動用パルスが発生されてこれがトランスを介して放電灯に印加される場合を想定する。放電灯 6 R を点灯させたい場合には、図 4 において、右アーム（H B R）のスイッチング $s w 3$ をオン状態とし、左アーム（H B L）についてはシャットダウンとするか、あるいはスイッチング素子 $s w 2$ をオン状態とすれば、H B R の出力極性を正極性に規定することができる。今、D C - D C コンバータのスイッチング制御によって V_{dcp} がある電圧、例えば、オープン・サーキット電圧 350 V となり、起動回路 5 R への供給電圧として 700 V が得られるものとする、当該起動回路内のコンデンサには最大で $350 + 700 = 1050$ V に相当する電荷を蓄えることができる。他方、起動回路 5 L 内のコンデンサについては、 $700 + V_{dcn}$ の電圧相当までしか充電できないので、例えば 800 V 程度で自己降伏するギャップ素子を用いた場合には起動回路 5 R でのみ起動用パルスが発生されて放電灯 6 R に印加されることになる。

30

40

【0052】

しかしながら、例えば、左アーム（H B L）のスイッチング素子 $s w 1$ がショート故障した場合を想定すると、当該故障の検出及び判定が行われて左アームのハーフブリッジがシャットダウンされ、この状態で放電灯 6 R を点灯しようとするとき、右アーム（H B R）のスイッチング素子 $s w 3$ にはオン指示が出されて起動回路 5 R 内のコンデンサについて充電が開始される。この場合、スイッチング素子 $s w 1$ の故障により起動回路 5 L 内のコンデンサについても充電が開始される。つまり、両起動回路には最大で 1050 V の電圧供給が行われるので、放電ギャップ素子に係る個々の特性バラツキにより、放電電圧（閾値）が低い方のギャップ素子を持った起動回路によって先に高圧パルスが発生されてしま

50

う。放電灯 6 R を起動させようと意図しているにも関わらず、起動回路 5 L によって先にパルスが発生されたとすると、意図しない方の放電灯 6 L が点灯してしまうことにもなりかねない。尚、このとき、左アームのスイッチング素子についてはシャットダウンされているので、矩形波の極性反転で放電灯 6 L が消灯した場合であっても、点灯の再試行時に各起動回路内のコンデンサの端子電圧が同様のレベルになっている場合には、やはり放電電圧（閾値）が低いギャップ素子をもつ方の起動回路によって先に起動用パルスが発生されてしまう。

【0053】

このように、点灯を意図しない方の放電灯に対して起動用パルスが印加されることなく、意図する放電灯に対して起動用パルスを印加して当該放電灯を確実に点灯しなければならない。

10

【0054】

上記（A）乃至（C）への対策について、以下、順を追って説明するが、先ず、スイッチング素子の故障が発生した否かに関する検出及び判断のための構成及び方法について説明する。

【0055】

図 1 に示す異常検出回路 8 は、各ハーフブリッジのスイッチング素子について故障が発生したか否か等についてを検出するものであり、直流－直流変換回路 3 による正極性及び負極性の出力電圧、あるいは各ハーフブリッジの出力電圧を検出対象として、これらの電圧の大きさが同時期に予め決められた閾値よりも低くなった場合に、スイッチング素子に故障が発生したと判断するものである。そして、故障発生時の判断時には、例えば、直接に又は制御回路 7 を介して直流－直流変換回路 3 の制御状態について変更したり、直接に又は制御回路 7 を介して直流－交流変換回路 4 の制御状態について変更する。尚、一方のハーフブリッジにおいて故障が発生した場合に、スイッチ手段を制御して直流－直流変換回路 3 及びそれ以降への電源供給を遮断する方法は採らない（何故なら、当該方法では故障していないハーフブリッジに繋がれた放電灯まで点灯できなくなってしまうからである。従って、両ハーフブリッジがともに故障した場合には当該方法の採用が許される。）。

20

【0056】

図 7 は異常検出回路の構成例 9 を示したものであり、本例では V_{dcp} 、 V_{dcn} を検出対象としている。

30

【0057】

直流－直流変換回路 3 の出力電圧 V_{dcp} については、分圧抵抗 10、11 によって検出され、電圧バッファ 12 を構成する演算増幅器 13 の非反転入力端子に送られる。

【0058】

演算増幅器 13 の出力信号は、アナログスイッチ A_{sw1} （図には簡略記号で示す。）を介してコンパレータ 14 の正入力端子に供給されるとともに、アナログスイッチ A_{sw3} （図には簡略記号で示す。）を介してコンパレータ 15 の正入力端子に供給される。尚、アナログスイッチ A_{sw1} には、ハーフブリッジ HBL 、 HBR の構成素子を制御して交番出力を得るために所定の周波数をもった信号（以下、これを「極性反転信号」といい、「 $CKBR$ 」と記す。）が制御端子に供給されることで当該素子のオン／オフ状態が規定されるようになっている。また、アナログスイッチ A_{sw3} には、その制御端子に極性反転信号 $CKBR$ が NOT （論理否定）ゲート 16 を介して供給されることで当該素子のオン／オフ状態が規定されるようになっている。

40

【0059】

直流－直流変換回路 3 の出力電圧 V_{dcn} については、反転アンプ 17 を構成する演算増幅器 18 により検出され、抵抗 19 を介して当該演算増幅器の反転入力端子に供給される。そして、演算増幅器 18 の出力信号は、アナログスイッチ A_{sw2} （図には簡略記号で示す。）を介してコンパレータ 15 の正入力端子に供給されるとともに、アナログスイッチ A_{sw4} （図には簡略記号で示す。）を介してコンパレータ 14 の正入力端子に供給される。尚、アナログスイッチ A_{sw2} には、極性反転信号 $CKBR$ が制御端子に供給される

50

ことで当該素子のオン／オフ状態が規定されるようになっている。また、アナログスイッチ A s w 4 には、その制御端子に極性反転信号 C K B R が N O T ゲート 1 6 を介して供給されることで当該素子のオン／オフ状態が規定されるようになっている。

【0060】

コンパレータ 1 4、1 5 のそれぞれの負入力端子には、基準電圧「E ref」（図には定電圧源の記号で示す。）が供給されており、各コンパレータの出力信号はそれぞれの後段に設けられた異常判断部 2 0、2 1 に送出されるとともに、2 入力 O R（論理和）ゲート 2 2 を介して異常判断部 2 3 に送出される。

【0061】

異常判断部 2 0 は、コンパレータ 1 4 の出力信号を受けて出力負荷のショート検出について判断するものである。つまり、コンパレータ 1 4 の出力信号が L（ロー）レベルである状態が判定基準時間以上に亘って持続した場合に、放電灯 6 R に係る出力段でショート異常が発生したと判断して、図示しない保護回路（所謂フェイルセーフ回路）に信号を送って当該放電灯への電力供給を遮断する。

10

【0062】

同様に、異常判断部 2 1 は、コンパレータ 1 5 の出力信号を受けて出力負荷のショート検出について判断するものである。つまり、コンパレータ 1 5 の出力信号が L レベルである状態が判定基準時間以上に亘って持続した場合に、放電灯 6 L に係る出力段でショート異常が発生したと判断して、図示しない保護回路（所謂フェイルセーフ回路）に信号を送って当該放電灯への電力供給を遮断する。

20

【0063】

異常判断部 2 3 は、O R ゲート 2 2 からの信号を受けてハーフブリッジの構成素子にショート故障が発生した否かについて判断するものである。

【0064】

前記したように、ブリッジを構成する 4 つのスイッチング素子のうち、いずれかに故障が起きたときには、あるタイミングで V dcp、V dcn に関して貫通状態が発生し、このとき、V dcp、V dcn がゼロボルト近くまで低下する（放電灯の電圧が通常点灯では考えられない程に低下して 0 V に近くなる。）。

【0065】

例えば、図 5 に示すように、右アームの構成素子 s w 3 がショート故障した場合には、素子 s w 1、s w 4 がオン状態となる期間 T a において電圧の異常低下が起こる。

30

【0066】

尚、図中に示す記号の意味は下記の通りである。

【0067】

- ・「s h」＝基準電圧 E ref に対応する閾値
- ・「S cmp14」＝コンパレータ 1 4 の出力信号
- ・「S cmp15」＝コンパレータ 1 5 の出力信号
- ・「S or22」＝O R ゲート 2 2 の出力信号。

【0068】

図中の「H」はハイレベルを示し、「L」はローレベルを示す。

40

【0069】

上記した出力負荷ショート状態との相違点は、V dcp、V dcn が同じタイミングでもって 0 V 近くまで低下することである。つまり、負荷ショート状態では、V dcp 又は V dcn の検出電圧が所定の基準電圧よりも低い状態が持続するので、この状態が一定時間以上継続したときに異常が検出されるが、スイッチング素子のショート故障に係る異常判断を行う場合には、ブリッジの極性に依じて電圧が高くなったり低くなったりする。よって、後者の状態において負荷ショートの異常判断は行われない。換言すれば、スイッチング素子故障に係る異常判断については、ブリッジの極性に依じて V dcp や V dcn の検出電圧が所定の基準電圧より低い状態と高い状態が繰り返されることであり、図ではこの事がコンパレータ 1 4、1 5 において検出され、O R ゲート 2 2 の出力信号 S or22 が L レベルになった場合に

50

異常判定がなされる。つまり、正極性及び負極性の出力電圧の大きさがともに予め決められた閾値よりも低くなった場合に、コンパレータ14、15の出力信号がともにLレベルとなって、ORゲート22がLレベル信号を出力するので、これによって、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子に故障が発生したことが判断される。

【0070】

尚、検出電圧に係る異常状態を一回検出しただけで素子故障を判断するのは早計に過ぎるので、当該異常状態が予め決められた判定基準時間又は回数に亘って持続した場合に素子故障が発生したとの判断を下すことが、判断の確実さの面で好ましい。そのために、異常判断部には、例えば、異常状態の持続時間を計測するためのタイマーやカウンタ、遅延回路等が設けられる（図9参照。）。

10

【0071】

次に、スイッチング素子の故障判断について下記の場合分けに従って説明する。

【0072】

(1) 2つの放電灯のうち一方だけが点灯している時に異常が検出される場合

(2) 2つの放電灯が点灯している時に異常が検出される場合。

【0073】

先ず、(1)は片方の放電灯が点灯している場合であり、他方の放電灯については対応するハーフブリッジがシャットダウン状態とされる。従って、ハーフブリッジの構成素子の故障について異常状態（つまり、検出電圧の異常低下状態）が検出されるのは、点灯している方の放電灯に対応するハーフブリッジである。その際には、例えば、異常状態が所定の判定基準時間（第1の基準時間）に亘って持続したことから故障発生の有無を判断することが好ましく、当該判断結果により、故障と判断されたハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定することで損傷や被害の拡大を防止することができる。尚、そのためには、図4の例において該当するハーフブリッジのブリッジ駆動回路のSD端子にシャットダウン用信号を供給すれば良い（例えば、当該信号をHレベルに規定した場合に、ハーフブリッジの構成素子をともにオフにする指示が出される。）。

20

【0074】

上記(2)では、2つの放電灯が点灯している場合に、どちらのハーフブリッジの構成素子が故障したのかを判別する必要がある。つまり、これは前記事項(A)に対応しており、図7においてORゲート22の出力信号Sor22を得ただけでは故障した方のハーフブリッジを特定できない。そこで、ブリッジの故障について異常状態が検出された場合に、検査のためにいずれか一方のハーフブリッジをシャットダウンして素子の動作を止めることを試みる。そして、それでも異常状態が消えずに持続された場合には当該異常を維持した方のハーフブリッジ（つまり、他方のハーフブリッジ）が故障したと判断して保護対策を講じる。

30

【0075】

処理手順について箇条書きにすると以下の(イ)乃至(ト)に示すようになる。

【0076】

(イ) 2つの放電灯の点灯中にハーフブリッジの構成素子の故障について異常状態が検出される

40

(ロ) 一方の放電灯が接続される第1のハーフブリッジの構成素子がともにオフとなるよう一時的に規定する

(ハ) (ロ)の状態でも、さらに異常状態が持続しているか検査する

(ニ) 異常状態が第1の基準時間持続したときには、第2のハーフブリッジの故障と判断して当該ハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定する

(ホ) (ハ)で異常状態が持続しない場合には、(ロ)の一時規定（シャットダウン）を止めて、今度は第2のハーフブリッジの構成素子がともにオフとなるよう一時的に規定する

(ヘ) (ホ)の状態で異常状態が再開するか否かを検査する

(ト) 異常状態が再開した場合には当該異常状態が第1の基準時間持続したときに第1の

50

ハーフブリッジの故障と判断して当該ハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定する。

【0077】

例えば、右アーム（HBR）の構成素子sw3が故障した場合を例にすると、先ず、（イ）で異常状態が検出されるので、（ロ）でハーフブリッジHBRをシャットダウンさせてみると、（ハ）では異常状態が持続しないと判断される。よって、（ホ）で今度はHBLをシャットダウンしてみると（ヘ）では異常状態が再開するので、（ト）でその持続時間が第1の判定基準時間と比較される。その結果、HBRの故障と判断されてsw3及びsw4にオフ指示が出される（シャットダウン）。つまり、この場合には、「第1のハーフブリッジ」がHBRである。

10

【0078】

尚、（ロ）で第1のハーフブリッジを左アーム（HBL）に選んだ場合には、（ハ）で異常状態が持続され、（ニ）でその持続時間が第1の判定基準時間と比較される。その結果、第2のハーフブリッジ（HBR）の故障と判断されてsw3及びsw4に対するオフ指示が出される（シャットダウン）。

【0079】

図8は回路構成の要部について一例24を示したものであり、各記号の意味は下記の通りである。

【0080】

- ・「CK」＝基準クロック信号
- ・「SDR_in」＝ハーフブリッジHBRをシャットダウンして放電灯6Rを点灯させないための指示信号
- ・「SDL_in」＝ハーフブリッジHBLをシャットダウンして放電灯6Lを点灯させないための指示信号
- ・「FSR」＝放電灯6Rについての異常判断（スイッチング素子故障の異常判断を含む。）及び回路保護のための信号
- ・「FSL」＝放電灯6Lについての異常判断（スイッチング素子故障の異常判断を含む。）及び回路保護のための信号
- ・「SDR_out」＝ハーフブリッジHBRをシャットダウンさせるための出力信号
- ・「SDL_out」＝ハーフブリッジHBLをシャットダウンさせるための出力信号。

20

30

【0081】

尚、SDR_inやSDL_inは点灯させない方の放電灯に接続されるハーフブリッジをシャットダウンさせるための信号であり、Hレベル信号のときに当該ハーフブリッジがシャットダウンされる。また、FSR、FSLは、放電灯や点灯回路について異常（例えば、負荷ショートや出力オープン、出力電圧の低下異常、出力電流の異常等）が起こったと判断された場合にHレベルを示す信号である。そして、信号SDR_outやSDL_outについては、SDR_outが図4に示すブリッジ駆動回路DRV RのSD端子に送られ、SDL_outがブリッジ駆動回路DRV LのSD端子に送られるもので、いずれもHレベルの場合に該当ハーフブリッジの構成素子をともにオフにしてシャットダウンさせる。

【0082】

回路構成については、ブリッジ素子の故障検出に係る信号Sor22（図7のORゲート22の出力信号）がNOTゲート25を介してカウンタ26のリセット端子（RST）に供給される。

40

【0083】

そして、カウンタ26における所定段位の出力端子（Q4）から得られる信号がNOTゲート27を介してJKフリップフロップ28のクロック信号入力端子及び2入力ANDゲート29の一方の入力端子に送られる。尚、出力端子（Q4）の信号は2入力ORゲート30にも送られて、ここでクロック信号CKとの間で論理和演算がなされた上でカウンタ26のクロック信号入力端子（CKN）に供給される。

【0084】

50

J Kフリップフロップ28においては、そのJ端子及びK端子にHレベル信号が供給され（Tフリップフロップ）、Q端子から得られる信号（Q出力）が2入力AND（論理積）ゲート31における一方の入力端子に送られるとともに、当該Q出力はNOTゲート32を介して2入力ANDゲート33における一方の入力端子に送られるようになっている。

【0085】

信号SDR_inと信号FSRは2入力ORゲート34に送られ、当該ゲートの出力信号が2入力ANDゲート35及び2入力NOR（否定論理和）ゲート36に送出される。

【0086】

また、信号SDL_inと信号FSLは2入力ORゲート37に送られ、当該ゲートの出力信号が2入力ANDゲート38及び2入力NORゲート36に送出される。

10

【0087】

NORゲート36の出力信号は2入力ANDゲート29に送られて、ここでNOTゲート27からの信号との間で論理積演算が行われた後、当該ANDゲートの出力信号はANDゲート31及び33に送られるとともに、NOTゲート39を介してANDゲート35及び38に送られる。

【0088】

ANDゲート31では、ANDゲート29の出力信号とJ Kフリップフロップ28のQ出力との間で論理積演算が行われて、その結果が2入力ORゲート40の一方の入力端子に送られる。

【0089】

ANDゲート35では、NOTゲート39の出力信号とORゲート34の出力信号との間で論理積演算が行われて、その結果が2入力ORゲート40の残りの入力端子に送られる。

20

【0090】

また、ANDゲート33では、ANDゲート29の出力信号とNOTゲート32の出力信号との間で論理積演算が行われて、その結果が2入力ORゲート41の一方の入力端子に送られる。

【0091】

ANDゲート38では、NOTゲート39の出力信号とORゲート37の出力信号との間で論理積演算が行われて、その結果が2入力ORゲート41の残りの入力端子に送られる。

30

【0092】

そして、ORゲート40の出力信号がSDR_outとなり、ORゲート41の出力信号がSDL_outとなって、図示しないブリッジ駆動回路にそれぞれ送出される。

【0093】

本回路において、Sor22がHレベルの場合（素子故障なしの場合）には、所定時間（例えば、信号CKの周波数を2kHzとすると、約4ミリ秒）後にカウンタ26の出力（Q4）がHレベルになる。よって、NOTゲート27の出力するLレベル信号がANDゲート29を経てNOTゲート39で否定されてHレベルとなってANDゲート35、38に送られるので、SDR_in又はFSRがHレベル信号の場合には当該信号がそのままSDR_outとなり、同様にSDL_in又はFSLがHレベル信号の場合には当該信号がそのままSDL_outとなる。

40

【0094】

Sor22がLレベルになると、NOTゲート25の出力するHレベル信号によってカウンタ26がリセットされてQ4出力がLレベルとなる。

【0095】

図5に示すように、素子故障時にSor22がHレベルとLレベルとを繰り返した場合でもカウンタ26の出力がLレベルであり、ORゲート34、37の入力がLレベル信号である場合にのみ、SDRoutやSDLoutがJ Kフリップフロップ28の出力によって規定され、一方がHレベルのとき他方がLレベルとなる。

50

【0096】

例えば、右アーム（HBR）が故障している場合において、JKフリップフロップ28のQ出力がHレベルであるとする。ORゲート34、37の出力がともにLレベルの場合にNORゲート36の出力するHレベル信号と、NOTゲート27で反転されたHレベル信号がANDゲート29を経てANDゲート31に送られるので、ANDゲート31の出力するHレベル信号がORゲート40を介してSDR_outとなる（HBRのシャットダウン）。他方、ANDゲート33、38の各出力信号がLレベルであり、よってSDL_outはLレベルとなる。

【0097】

つまり、この場合にはHBRが選ばれてシャットダウンがなされる。よって、Sor22はHレベルとなり（つまり、素子故障の異常状態が検出されなくなる。）、カウンタ26のQ4出力が一旦Hレベルになる。これにより、ANDゲート29、31の各出力信号がLレベルとなって、SDR_outのLレベルによりHBRのシャットダウンが解除される。

10

【0098】

すると、再びSor22がHレベルとLレベルを繰り返して異常状態が検出され、カウンタ26のQ4出力がLレベルになり、NOTゲート27の出力信号がLレベルからHレベルに変化するので、JKフリップフロップ28が反転して、そのQ出力がLレベルになる。その結果、ANDゲート33の出力するHレベル信号がORゲート41を経てSDL_outとなるので、今度は左アーム（HBL）についてシャットダウンされる。

【0099】

20

右アーム（HBR）についてはシャットダウンされていないために、Sor22がHレベルとLレベルを繰り返すとともにこの状態が持続される。そして、当該状態について、例えば、判定基準時間に亘る維持が上記異常判断部23により判定された場合には、シャットダウンしていない方のハーフブリッジ（本例ではHBR）が故障したものと判断される。そして、当該判断結果がFSRのHレベル信号としてORゲート34に供給され、ANDゲート29からNOTゲート39を経てHレベル信号がANDゲート35に供給されるために、ANDゲート35の出力するHレベルがSDR_outとなる。その結果、故障している方のHBRがシャットダウンされて保護対策が講じられる。

【0100】

尚、最初にJKフリップフロップ28のQ出力がLレベルである場合には、SDL_outがHレベルとなってHBLが一時的にシャットダウンされるが、Sor22は依然HレベルとLレベルを繰り返すのでカウンタ26のQ出力がLレベルである。そして、この状態の持続時間が判定基準時間と比較される結果、FSRがHレベルになると上記と同様に故障している方のHBRがシャットダウンされることになる。

30

【0101】

また、本回路によれば、上記した（1）の場合についても網羅している。例えば、放電灯6Rを点灯させ、放電灯6LについてはHBLをシャットダウンしている状態では、SDR_outがLレベル、SDL_outがHレベルとして出力される。もしも、右アームHBRが故障しているとする、信号Sor22がHレベルとLレベルを繰り返してこの状態が持続されるので、持続時間が所定の基準時間以上に亘る場合にHBRの故障が判断され、これがシャットダウンされることになる。

40

【0102】

図9は異常判断部23の回路構成例を示したものである。

【0103】

極性反転信号CKBRがDフリップフロップ42のD端子に供給されるとともに、2入力Ex-NOR（排他的否定論理和）ゲート43における一方の入力端子に供給されるようになっており、Dフリップフロップ42のクロック信号入力端子には図示しない信号発生部からのクロック信号CKが送られてくる。

【0104】

Ex-NORゲート43の出力信号は、ブリッジの極性が反転するタイミングでパルスの

50

に発生される信号であり（以下、これを「極性反転パルス信号」といい、「CKBP」と記す。）、当該信号はDフリップフロップ44、45のクロック信号入力端子にそれぞれ送出される。

【0105】

Dフリップフロップ44のD端子には、Sor22がNOTゲート46を介して供給される。そして、Q出力が後段のDフリップフロップ45のD端子及びNOR（否定論理和）ゲート47に送出される。

【0106】

Dフリップフロップ45のQ出力信号がNORゲート47に送られ、当該ゲートの出力信号が3入力ORゲート48、49にそれぞれ送られる。

10

【0107】

3入力ORゲート48には、NORゲート47の出力信号の他に、SDR_out、FSRが入力され、当該ORゲートの出力信号がカウンタ50のリセット端子(RST)に供給される。

【0108】

また、3入力ORゲート49には、NORゲート47の出力信号の他に、SDL_out、FSLが入力され、当該ORゲートの出力信号がカウンタ51のリセット端子(RST)に供給される。

【0109】

カウンタ50、51のそれぞれのクロック信号入力端子(CKN)には所定周波数のクロック信号「CK2」が供給され、一方のカウンタ50のQ3出力、Q4出力が2入力ANDゲート52に送られる。また、他方のカウンタ51のQ3出力、Q4出力が2入力ANDゲート53に送られる。

20

【0110】

そして、ANDゲート52、53の各出力信号が図示しない保護回路（所謂フェイルセーフ回路）に送られるようになっている。

【0111】

尚、各基準信号の周波数については、例えば、CKBRが500Hz、CKが2kHz、CK2が250Hzとされる。

【0112】

本回路では、Sor22が極性反転パルス信号CKBPによってDフリップフロップ44、45でサンプリングされ、2回連続してHレベルが得られない限りNORゲート47はHレベル信号を出力する。つまり、素子故障の場合にはNORゲート47がLレベル信号を出力する。

30

【0113】

3入力ORゲート48、49はHBR及び放電灯6Rと、HBL及び放電灯6Lについて区別するものであり、ORゲート48の出力信号がHレベルのときにカウンタ50が計数動作しない。同様にORゲート49の出力信号がHレベルのときにカウンタ51が計数動作しないようになっている。

【0114】

よって、SDR_inやFSRがLレベルの場合に、素子故障によりNORゲート47がLレベル信号を出力すると、カウンタ50が動作を開始する。この状態が所定時間（上記第1の基準時間に相当し、本例では約50ミリ秒である。）継続すると、当該カウンタのQ4、Q3出力ともにHレベルとなって、ANDゲート52の出力するHレベル信号が保護回路に送られる。同様に、SDL_inやFSLがLレベルの場合に、素子故障によりNORゲート47がLレベル信号を出力すると、カウンタ51が動作を開始する。この状態が所定時間（上記第1の基準時間に相当し、本例では約50ミリ秒である。）継続すると、当該カウンタのQ4、Q3出力ともにHレベルとなって、ANDゲート53の出力するHレベル信号が保護回路に送られる。

40

【0115】

50

尚、S D R_outやS D L_out、あるいはF S RやF S LがHレベル信号の場合には、カウンタ50や51にリセットがかかるのでC K 2の計数動作を行わない。

【0116】

次に、上記事項（B）への対応について説明する。

【0117】

そのための対策は、D C（直流）点灯状態が維持されないようにすること及び半波点灯状態を一時的に禁止（中断）することである。

【0118】

先ず、前者については、異常判断がなされた方のハーフブリッジにより出力すべき電圧極性（正常なハーフブリッジの出力電圧極性とは逆極性）をもつD C－D Cコンバータの動作を止めることにより実現できる。

10

【0119】

図10はその様子を概略的に示したものであり、右アーム（H B R）の構成素子s w 3についてショート故障を想定している。図中に示す各記号の意味は以下の通りである。

【0120】

- ・「V hbr」＝ハーフブリッジH B Rの出力電圧
- ・「I 6R」＝放電灯6 Rに流れる電流。

【0121】

- ・「t 1」＝素子故障時点
- ・「t 2」＝故障判断時点。

20

【0122】

t 1の時点で素子s w 3が故障してから、前記した故障判断によってt 2の時点でハーフブリッジH B Rがシャットダウンしても、素子s w 3の故障によってV dcpはH B Rの出力である。つまり、素子s 3、s 4へのオフ指示により貫通状態はなくなっても、s w 3の故障によりV dcpが維持されてしまう結果、前記したように極性が固定されてD C点灯状態となってしまう（図6参照）。

【0123】

そこで、故障した方のハーフブリッジ（本例ではH B R）が出力すべき電圧極性（本例ではV dcp）に対応する直流－直流変換回路の動作を停止させれば、t 2以後にスイッチング素子s w 2がオン状態となるタイミング、つまり、期間T bでH B Rの出力電圧（V dcp）がゼロの状態になる。これにより放電灯6 Rは電力供給を受けられなくなるので、当該放電灯が消灯することによってD C点灯の状態が起きないように防止できる。

30

【0124】

尚、このような直流－直流変換回路の動作停止については、構成素子の故障に起因する異常が判断された場合に限らず、出力異常等を含む他の異常が判断された場合にも適用することが好ましい。

【0125】

図11は回路構成例54を示すものであり、各記号の意味は以下の通りである。

【0126】

- ・「f s r 1～N」＝放電灯6 R及びH B Rに関して各種の異常判断部（スイッチング素子故障に係る異常判断部を含む。）によってそれぞれ得られる出力信号
- ・「f s l 1～N」＝放電灯6 L及びH B Lに関して各種の異常判断部（スイッチング素子故障に係る異常判断部を含む。）によってそれぞれ得られる出力信号。

40

【0127】

尚、これらの信号についてはHレベルの場合に異常を示すものとする。また、信号S c 1やS c 2は前記したように制御回路7から直流－直流変換回路3 M内のスイッチング素子（図3参照）に送られて正極性、負極性の出力電圧を制御するための駆動信号（例えば、パルス幅変調信号）である。

【0128】

信号f s r 1～Nは多入力O Rゲート55に送られ、当該ゲートの出力信号がラッチ回路

50

56を経て信号FSRとなる。このFSRは、アナログスイッチa sw 1（図には簡略記号で示す。）及びNOTゲート57を介して2入力ANDゲート58に送られるとともに、アナログスイッチa sw 2（図には簡略記号で示す。）及びNOTゲート59を介して2入力ANDゲート60に送られる。尚、アナログスイッチa sw 1については、その制御端子に極性反転信号CKBRが供給されることでオン／オフ制御され、また、アナログスイッチa sw 2については、その制御端子にNOTゲート61を介して極性反転信号CKBRが供給されることでオン／オフ制御される。

【0129】

信号f s l 1～Nは多入力ORゲート62に送られ、当該ゲートの出力信号がラッチ回路63を経て信号FSLとなる。このFSLは、アナログスイッチa sw 3（図には簡略記号で示す。）及びNOTゲート59を介して2入力ANDゲート60に送られるとともに、アナログスイッチa sw 4（図には簡略記号で示す。）及びNOTゲート57を介して2入力ANDゲート58に送られる。尚、アナログスイッチa sw 3については、その制御端子に極性反転信号CKBRが供給されることでオン／オフ制御され、また、アナログスイッチa sw 4については、その制御端子にNOTゲート61を介して極性反転信号CKBRが供給されることでオン／オフ制御される。

10

【0130】

ANDゲート58にはNOTゲート57の出力信号及び駆動信号Sc 1が入力されるので、NOTゲート57の出力信号がHレベルの場合にSc 1がそのままゲートを通過する。

【0131】

また、ANDゲート60にはNOTゲート59の出力信号及び駆動信号Sc 2が入力されるので、NOTゲート59の出力信号がHレベルの場合にSc 2がそのままゲートを通過する。

20

【0132】

本回路では、例えば、信号f s r 1～NのうちのいずれかがHレベルとなった場合にORゲート55の出力するHレベル信号がラッチ回路56で保持される。そして、当該信号は、例えば、図8のFSRとして用いられ、ANDゲート58の出力をLレベルにしてSc 1に対応するスイッチング素子の駆動を停止するものである。つまり、ラッチ回路56の出力がHレベルになると、極性反転信号CKBRがHレベルのときにアナログスイッチa sw 1がオンしてNOTゲート57を経たLレベル信号がANDゲート58に送られるのでSc 1を通さなくなる。尚、極性反転信号CKBRがLレベルのときにはアナログスイッチa sw 2がオンしてNOTゲート59を経たLレベル信号がANDゲート60に送られる。

30

【0133】

同様に、ORゲート62の出力信号に対するラッチ信号（ラッチ回路63の出力信号）は、例えば、図8のFSLとして用いられ、ANDゲート60の出力をLレベルにしてSc 2に対応するスイッチング素子の駆動を停止するものであり、ラッチ信号がHレベルになると、極性反転信号CKBRがHレベルのときにアナログスイッチa sw 3がオンしてNOTゲート59を経たLレベル信号がANDゲート60に送られるのでSc 2を通さなくなる。尚、極性反転信号CKBRがLレベルのときにはアナログスイッチa sw 4がオンしてNOTゲート59を経たLレベル信号がANDゲート58に送られる。

40

【0134】

このようにして、故障又は異常が判断されたハーフブリッジについては、当該ブリッジが出力すべき電圧極性に対応したコンバータ動作（直流－直流変換動作）が停止される。尚、右アームに故障が起きて当該アームがシャットダウンされた場合でも、放電灯6Lを点灯させ又は点灯維持のために左アーム（HBL）を駆動する場合には、HBLの構成素子sw 1がオン状態となるタイミング、つまり、期間TaではVdcpが左右両アームの出力電圧となり、これによって放電灯6Rに電流が流れたり、あるいはその点灯制御が行われてしまう可能性が残っている。例えば、図2、図3に示したように電流検出用抵抗（シャント抵抗）をDC－DCコンバータの出力段に配置した構成において、放電灯6Lを点灯

50

(DC-DCコンバータの出力電圧や電流による電力制御)しているつもりが、実際には放電灯6Lが消灯していて放電灯6Rの点灯制御を行っていたという事態が考えられる。つまり、故障している方(右アーム)のハーフブリッジに繋がれた放電灯6Rについては、図10に示すように極性反転周期(CKBRの周期)で点灯と消灯を繰り返しており(半波点灯状態)、本当に点灯させたい方の放電灯6Lについては制御対象の取り違いにより正しい認識がなされていないため(点灯制御上の誤認)、点灯できないままの状態が起り得る。そこで、このような不都合を避けるには、放電灯6Rについては半波点灯を禁止(あるいは中断)させて、放電灯6Lを正しく点灯させる必要が生じる。

【0135】

解決策としては、例えば、ハーフブリッジが交番動作する度に放電灯の点灯状態と消灯状態とが繰り返された場合に、この状態の持続を時間又は点消灯の回数により検出して、直流-直流変換回路の動作を、ある一定時間に亘って中断させることが好ましい。つまり、下記の形態が挙げられる。

【0136】

(I) 点消灯の繰り返し状態が所定の判定基準時間(第2の基準時間)に亘って継続された場合に直流-直流変換回路の動作を一定時間(第3の時間)に亘って停止させる形態

(II) 点消灯の繰り返し状態が所定の判定回数(第1の判定回数)をもって継続された場合に直流-直流変換回路の動作を一定時間(第3の時間)に亘って停止させる形態。

【0137】

放電灯の点灯においてブリッジの極性反転周期で点消灯を繰り返す半波点灯が殆ど起り得ないこと及び仮に起きたとしても短時間又は数回でおさまることを考慮し、点消灯状態の繰り返しが長時間に亘って発生し、又は繰り返しの回数が多い場合には、直流-直流変換回路の動作を一旦止めて放電灯へのエネルギー供給を中断させる。それから改めて放電灯に起動用パルスを加えて点灯をやり直せば良い。つまり、半波点灯状態の持続は上記「点灯制御上の誤認」が高いことを意味すると判断し、当該状態を禁止するために直流-直流変換回路の動作を中断させて放電灯の再始動により事態を打開することで好転が期待できる。

【0138】

そして、同時に、点消灯状態が第2の基準時間より短い第4の基準時間に亘り継続された場合又は第1の判定回数より少ない第2の判定回数をもって継続された場合に、当該ハーフブリッジの交番出力の周波数を一定値(例えば、500Hz)に固定することが望ましい。その理由は、点消灯状態についての判定期間中、起動のためのDC点灯期間(電圧極性が一時的に固定される期間)が生じることに起因する弊害を防止するためである。即ち、半波点灯の持続について上記第2の基準時間との比較によって判定する形態をとった場合には、当該基準時間の経過前にDC点灯期間が発生してしまうと点消灯の繰り返し回数が激減するため、判定の正確性が悪化する。また、半波点灯の持続について上記第1の判定回数との比較によって判定する形態をとった場合には、判定前にDC点灯期間が発生してしまうと判定結果が得られるまでに要する時間が長くなってしまふことによる弊害(放電灯の短寿命化や劣化、故障による被害の拡大等)が問題になる。これはDC点灯期間の長さが極性反転周期に比べて長いことに起因する。

【0139】

いずれの形態にしてもDC点灯期間を含むことなく一定周期で極性反転を行うことで、より確実に、しかも迅速に判断できるようにすることが望ましい。そのために、第4の基準時間を第2の基準時間よりも短い時間に設定し、あるいは第2の判定回数を第1の判定回数よりも少ない回数に設定して、極性反転動作が一定周波数をもって行われるようにする。

【0140】

尚、直流-直流変換回路の動作停止(中断)時間である、上記第3の時間に関しては、その長さが短すぎても、また長すぎても問題がある。つまり、当該時間が短い(例えば、数ミリ秒)と、放電灯の状態にもよるが、中断後の復帰時に起動用パルスによる点灯動作が

10

20

30

40

50

なされずに半波点灯を始めてしまう可能性があり、逆に当該時間が長いと放電灯の消灯時間が長くなるので、例えば、車両用灯具への適用において運転者の視界等に与える影響（違和感等）が問題になる。

【0141】

図12乃至図14は回路構成例を示したものであり、上記形態（I I）を採用している。尚、第1の判定回数を24回に設定し、第3の時間を16ミリ秒に設定しており、第2の判定回数については1回としている。

【0142】

図12に示す各記号の意味は下記の通りである。

【0143】

- ・「S6R」＝放電灯6Rが点灯状態にあるか否かを示す信号（Hレベルのとき点灯状態、Lレベルのとき消灯状態を示す。）
- ・「S6L」＝放電灯6Lが点灯状態にあるか否かを示す信号（Hレベルのとき点灯状態、Lレベルのとき消灯状態を示す。）
- ・「ST」＝直流－直流変換回路の動作を中断させるための制御用信号（Hレベルのときに中断指示を示す。）
- ・「SCP」＝極性反転周期（あるいは周波数）を一定にするための制御用信号（Hレベルのときに一定周期の指示を示す。）

【0144】

尚、S6R、S6Lを得るための回路には、放電灯に流れる電流を閾値と比較することで判断する構成形態や、放電灯の光や熱等を検知して判断する構成形態等が知られている。

【0145】

図12に示す回路64では、信号S6RがDフリップフロップ65のD端子に入力され、当該DフリップフロップのQ出力が後段のDフリップフロップ66のD端子及び2入力Ex-OR（排他的論理和）ゲート67の一方の入力端子に送られる。そして、Dフリップフロップ66のQ出力がEx-ORゲート67の残りの入力端子に供給される。尚、Dフリップフロップ65、66の各クロック信号入力端子には極性反転パルス信号CKBPがサンプリング用パルスとしてそれぞれ供給される。

【0146】

信号S6LについてはDフリップフロップ68のD端子に入力され、当該DフリップフロップのQ出力が後段のDフリップフロップ69のD端子及び2入力Ex-OR（排他的論理和）ゲート70の一方の入力端子に送られる。そして、Dフリップフロップ69のQ出力がEx-ORゲート70の残りの入力端子に供給される。尚、Dフリップフロップ68、69の各クロック信号入力端子には極性反転パルス信号CKBPがサンプリング用パルスとしてそれぞれ供給される。

【0147】

Ex-ORゲート67、70の各出力信号は2入力ORゲート71に送られ、当該ゲートの出力信号がNOTゲート72を介してカウンタ73のリセット端子（RST）及び2入力ANDゲート74に送られる。

【0148】

上記信号FSRとFSLが2入力ORゲート75を介してANDゲート74に供給され、当該ゲートではORゲート71の出力信号との間で論理積演算が行われ、その結果が信号SCPとなる。

【0149】

カウンタ73のクロック信号入力端子（CKN）には、極性反転パルス信号CKBPが供給され、当該信号を上記第1の判定回数だけカウントしたときにQ4及びQ5出力としてHレベル信号を2入力ANDゲート76に送出する。

【0150】

Dフリップフロップ77はLアクティブのプリセット端子（PR）及びリセット端子（R）を備えており（図には各記号にオーバーラインを付して示す。）、D端子、PR端子に

10

20

30

40

50

Hレベル信号が供給されている。そして当該フリップフロップのクロック信号入力端子にはANDゲート76の出力信号が供給される。

【0151】

カウンタ78は、そのクロック信号入力端子にクロック信号CK2（例えば、250Hz）が供給されるとともに、当該信号をカウントして上記第3の時間が経過したときに、Q1及びQ3出力としてHレベル信号をNAND（否定論理積）ゲート79に送出する。

【0152】

NANDゲート79の出力信号はDフリップフロップ77のリセット端子（R）に供給され、当該フリップフロップのQ出力が上記中断用信号STとなり、当該信号はNOTゲート80を介してカウンタ78のリセット端子（RST）に供給される。

10

【0153】

本回路において、どちらかの放電灯が点灯状態から消灯状態に、あるいは消灯状態から点灯状態に変化するときにEX-ORゲート67又は70の出力信号がHレベルとなる。例えば、S6RがH（L）レベルからL（H）レベルに変化するときにEX-ORゲート67がHレベル信号を出力する。

【0154】

この信号がORゲート71を介してANDゲート74に送られるので、ORゲート75の出力信号がHレベルの場合、つまり、FSR又はFSLについて異常判断がなされている場合にORゲート71の出力信号がANDゲート74を素通りして信号SCPとなる。

【0155】

20

そして、カウンタ73のリセット入力については、NOTゲート72を経てLレベル信号になると、CKBPの計数を開始する。そして24回の計数によりカウントアップする（つまり、半波点灯状態が24回繰り返されて持続されたことを意味する。）と、ANDゲート76の出力するHレベル信号によりDフリップフロップ77のQ出力がHレベルになり、従って信号STがHレベルになる（中断開始）。

【0156】

信号STがLレベルである間はカウンタ78がNOTゲート80を経たHレベル信号によりリセットされているが、信号STがHレベルになるとCK2のカウントを開始する。そして、16ミリ秒後にQ1、Q3出力がHレベルとなってNANDゲート79からDフリップフロップ77のリセット端子（R）にLレベル信号が供給されると、Q出力がLレベル、つまり信号STがLレベルになり（中断解除）、カウンタ78がリセットされる。

30

【0157】

尚、直流－直流変換回路3の動作が停止している間は、両放電灯がともに消灯しているので（S6R、S6LがLレベル）、ORゲート71の出力するLレベル信号がNOTゲート72で反転されてカウンタ73がリセットされる。

【0158】

上記の例では、各EX-ORゲートの入力段において2段のフリップフロップを設けているが、その段数を増やせば回数や時間を長くすることができる。また、放電灯の点消灯状態を回数ではなく、時間によって判定するために計時手段を設ける等、各種の実施形態が可能である。

40

【0159】

図13は信号SCPを用いた処理回路の一例81を示すものである。

【0160】

カウンタ82において、そのリセット端子（RST）には信号SCPが供給され、当該カウンタのクロック信号入力端子（CKN）にはクロック信号CK（例えば、2kHz）が2入力ORゲート83を経て供給される。カウンタ82のQ4出力はORゲート83の入力端子に送られるとともに、信号選択回路84（図には等価スイッチとして概念的に示す。）への制御出力として送られる。

【0161】

信号選択回路84には、DC点灯期間のための極性固定用制御信号「S_dc」と、一定周

50

波数（例えば、500Hz）の矩形波信号「S_{cc}」が入力され、上記カウンタ82の出力信号がHレベルの場合にS_{dc}が選択されて極性反転信号CKBRとなり、また当該カウンタの出力信号がLレベルの場合にS_{cc}が選択されて極性反転信号CKBRとなる。

【0162】

よって、信号SCPが一旦Hレベルになるとその後Lレベルに変化しても、少なくとも4ミリ秒間はカウンタ82のQ4出力がLレベルになり、これが信号選択回路84に送出される結果、S_{cc}が選択されてCKBRが強制的に一定周波数の信号となるように規定される。尚、信号SCPがLレベルからHレベルに変化した場合には、直ちにカウンタ82がリセットされてQ4出力がLレベルになる。

【0163】

図14は信号STを用いた処理回路の一例85を示すものである。

【0164】

上記信号fsr1～Nが多入力ORゲート86からラッチ回路87を経た上で2入力ORゲート88における一方の入力端子に供給され、当該ORゲートの他方の入力端子には信号STが供給される。そして、ORゲート88の出力信号がFSRとなる。

【0165】

また、信号fs11～Nが多入力ORゲート89からラッチ回路90を経た上で2入力ORゲート91における一方の入力端子に供給され、当該ORゲートの他方の入力端子には信号STが供給される。そして、ORゲート91の出力信号がFSLとなる。

【0166】

このように信号STについてはラッチされずに、当該信号がHレベルの場合にはORゲート88、91を素通りしてFSRやFSLとなる必要がある。その理由は信号STが中断を目的とするものであり、当該信号がラッチされたのでは直流－直流変換回路3の動作を再開できなくなってしまうからである。従って、信号STがHレベルを示している中断の最中は、直流－直流変換回路3の動作が停止している。その際、直流－交流変換回路を構成する両ハーフブリッジの状態についてはシャットダウンさせる形態とシャットダウンさせない形態が挙げられるが、どちらでもあっても構わない。

【0167】

最後に上記事項（C）への対策について説明する。

【0168】

放電ギャップ素子について特性のバラツキがあって、放電電圧の低いギャップ素子を備えた起動回路だけが起動用パルスが発生することが問題となる。つまり、各起動回路によって交互にパルスが発生させれば、故障していないハーフブリッジに接続された放電灯を点灯させることができるとともに、当該放電灯が一旦点灯すれば、上記した「点灯制御上の誤認」の問題もなくなり、故障しているハーフブリッジに接続された放電灯が点灯することもない。ある起動回路によってパルスが発生させた後に、別の起動回路によりパルスが発生させるためには、各起動回路の作動タイミング等について強制的に交番させるための制御回路を設けることが考えられるが、回路構成が複雑になったり、コスト面で問題があるので、起動回路内のコンデンサへの充電経路について工夫することが好ましい。

【0169】

図15はそのような回路構成の一例92を示すものであり、直流－直流変換回路を構成するコンバータトランスT1の二次巻線T1s以降の部分について要部を示している。

【0170】

各起動回路5L、5Rについては、トランスとコンデンサ及びスイッチ素子を備えており、コンデンサの両端電圧が閾値を越えたときにスイッチ素子（放電ギャップ素子）が導通して起動用パルスが発生される構成を有する。

【0171】

例えば、起動回路5L内のトランス93Lについては、その二次巻線93Lsの一端が左アームのスイッチング素子sw1とsw2（図にはスイッチの記号でそれぞれ示す。）との接続点に接続され、二次巻線93Lsの他端が放電灯6Lに接続されている。そして、

10

20

30

40

50

トランス 93L の一次巻線 93Lp の一端が素子 sw1 と sw2 との接続点及びコンデンサ 94L の一端に接続されており、一次巻線 93Lp の他端はスイッチ素子 95L (図にはスイッチの記号で示す。) を介してコンデンサ 94L の他端に接続されている。

【0172】

尚、起動回路 5R についても、5L と全く同じ構成をしているので、当該回路については、上記説明において各部に用いた符号中の「L」を「R」に置換するとともに、「sw1」を「sw3」、「sw2」を「sw4」に置換する等、適宜読み替えば良い (よってその説明は省略する。)

【0173】

コンバータトランス T1 の二次巻線 T1s には、ダイオード D1 及びコンデンサ C1 の他に、多数のダイオード D2 乃至 D5 とコンデンサ C2 乃至 C5 からなる電圧供給回路 (あるいは電荷供給回路) 96 が構成されている。尚、当該回路の動作について詳細な説明を行うことは話が徒らに複雑化したまたそれほど益もないので、ここでは各コンデンサへの充電やダイオードを介したコンデンサ間の電荷移送の結果、コンデンサ C4 とダイオード D4 との接続点や、コンデンサ C5 とダイオード D5 との接続点から起動用パルスの発生に必要な電圧が得られるように構成されているものとして話を進める。

【0174】

コンデンサ C4 とダイオード D4 との接続点がダイオード 97 及び抵抗 98 を介して起動回路 5L 内のコンデンサ 94L とスイッチ素子 95L との接続点に接続され、また、コンデンサ C5 とダイオード D5 との接続点がダイオード 99 及び抵抗 100 を介して起動回路 5R 内のコンデンサ 94R とスイッチ素子 95R との接続点に接続されている。

【0175】

本回路において、例えば、放電灯 6R を点灯させる場合には、右アーム (HBR) の構成素子 sw3 だけをオン状態にし、左アーム (HBL) についてはシャットダウンにするか又は素子 sw2 をオン状態にする。正極性出力に係るコンバータの動作により Vdcp が、例えば、オープン・サーキット電圧 = 350V まで上昇したとして、上記電圧供給回路 96 においてコンデンサ C5 とダイオード D5 との接続点からダイオード 99 及び抵抗 100 を介して得られる電圧が仮に「-700V」とすると、起動回路 5R 内のコンデンサ 94R には最大で 1050V に相当する電荷を蓄積できる (これに対して、起動回路 5L 内のコンデンサ 94L については、スイッチング素子 sw1 がオフ状態であるため、「700 + Vdcn」の電圧に相当する分しか充電できない。)。よって、スイッチ素子 95R として、例えば、800V 程度で自己降伏するギャップ素子を用いれば、予定通りに放電灯 6R に対してのみ起動用パルスが供給されることになる。

【0176】

本回路において重要な点は、上記電圧供給回路 96 の途中から各起動回路内のコンデンサへの充電経路を分けていること及び直流-直流変換回路の動作が中断しているときにコンデンサ間で電荷移動が起きないように構成していることである。これにより、図 16 に示すように、各起動回路によって起動用パルスが交互に発生されるようになる。尚、図中に示す記号の意味は下記の通りである。

【0177】

- ・「VC94L」= 起動回路 5L 内のコンデンサ 94L の端子電圧
- ・「VC94R」= 起動回路 5R 内のコンデンサ 94R の端子電圧。

【0178】

尚、期間「Tst」において直流-直流変換回路の動作が中断されるとともに、図には中断と再開が繰り返される時の様子を示している。

【0179】

前記した事項 (C) の説明については、例えば、図 15 に示す構成においてコンデンサ C5 とダイオード D5、99 を取り去るとともに、抵抗 100 の一端をダイオード 97 のアノードに接続した構成にして、例えば、左アーム (HBL) の構成素子 sw1 が故障した場合に状況を想定すれば良い。つまり、この場合に放電灯 6R を点灯させようとして右ア

10

20

30

40

50

ームの構成素子 $sw3$ をオンにしてコンデンサ $94R$ を充電する際には、素子 $sw1$ の故障によりコンデンサ $94L$ も同様に充電されるので、その結果起動用パルスを発生させることができるのは、決まって放電電圧の低いギャップ素子を持つ起動回路となってしまう。

【0180】

これに対して、図15の構成では一方の起動回路、例えば、5Rにおいて起動用パルスが発生すると、当該起動回路内のコンデンサ $94R$ にたまった電荷が放電されて当該コンデンサの両端電圧がゼロボルトに近くなる。今回起動用パルスを発生できなかった他方の起動回路である、5Lについてはコンデンサ $94L$ が、ギャップ素子の放電電圧近くまで充電されたままであるので、例えば、期間 T_{st} での中断後に直流－直流変換回路の動作が再開するとコンデンサ $C94L$ が充電されてその両端電圧がギャップ素子の放電電圧に達したときに起動用パルスを発生させることができる（図16参照）。

10

【0181】

尚、製造時や出荷検査時等における感電防止の目的で起動回路内のコンデンサに対して並列に抵抗（感電防止用抵抗）を設けることがあるが、図15の構成では当該抵抗や抵抗 98 、 100 を介して各コンデンサ $94L$ 、 $94R$ が同じ電圧にならないようにし（放電電圧の低いギャップ素子だけが常に放電しないようにするため。）、抵抗を介して2つのコンデンサ間で電荷移動が起こらないよう配慮している。

【0182】

【発明の効果】

20

以上に記載したところから明らかなように、請求項1に係る発明によれば、ハーフブリッジを構成するスイッチング素子に故障が発生した場合の異常状態を確実に検出することができる。よって、誤検出等に起因する弊害を防止することができる。

【0183】

請求項2に係る発明によれば、異常状態が所定時間に亘って持続したことから故障発生と判断してハーフブリッジの構成素子がともにオフ状態となるように規定することにより、回路損傷等の拡大を防止することができる。

【0184】

請求項3に係る発明によれば、故障したハーフブリッジを特定するために、一方のハーフブリッジの構成素子をともにオフとし、この状態で異常状態が依然続いているか否かを判断し、どのハーフブリッジが故障したのかを判別して必要かつ十分な保護対策を講じることができる。つまり、故障していない方のハーフブリッジについては、これに接続される放電灯を正常に点灯させることができる。

30

【0185】

請求項4に係る発明によれば、故障したハーフブリッジの構成素子を介して当該ハーフブリッジに接続された放電灯がDC点灯を維持することがないようにし、放電灯の劣化やスイッチング素子の発熱等を防ぐことができる。

【0186】

請求項5や請求項6に係る発明によれば、故障したハーフブリッジに接続された放電灯の半波点灯を中断させて、故障のないハーフブリッジに接続された放電灯を正常に点灯させることができる。また、前記した点灯制御上の誤認に関して確実に迅速に判断を下すことができる。

40

【0187】

請求項6に係る発明によれば、放電灯の点消灯状態の繰り返しに関する判断時においてハーフブリッジの交番出力が一定周波数となるように固定することで、判断期間中にDC点灯期間が発生することに起因する弊害を防止できる。

【0188】

請求項7に係る発明によれば、特定のスイッチ素子だけによって起動用パルスが発生することなく、各起動回路によって起動用パルスが交互に発生されるように構成することで、故障していないハーフブリッジに接続された放電灯を点灯させる場合において当該放電

50

灯に対して起動用パルスを印加することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る放電灯点灯回路の基本構成を示す回路ブロック図である。

【図 2】直流－直流変換回路について非分離型の回路構成例を示す回路図である。

【図 3】直流－直流変換回路について分離型の回路構成例を示す回路図である。

【図 4】直流－交流変換回路の基本構成例について要部を示す図である。

【図 5】2つの放電灯の点灯において右アームの構成素子 $s w 3$ が故障したときの様子について説明するための図である。

【図 6】右アームが故障した場合の当該アームの出力電圧と放電灯に流れる電流の波形を概略的に示す図である。

10

【図 7】素子故障に係る異常判断についての構成例を示す回路図である。

【図 8】ハーフブリッジの故障判別に係る回路構成例の要部を示す図である。

【図 9】異常判断部の構成例を示す回路図である。

【図 10】異常判断がなされた右アームのハーフブリッジにより出力すべき電圧極性の DC－DC コンバータの動作停止について説明するための図である。

【図 11】DC－DC コンバータの動作を停止させるための構成例を示す回路図である。

【図 12】半波点灯状態を中断させるための構成例を示す回路図である。

【図 13】極性反転信号 $C K B R$ について一定周期に固定するための構成例について説明するための図である。

【図 14】中断用信号 $S T$ についての処理回路例を示す図である。

20

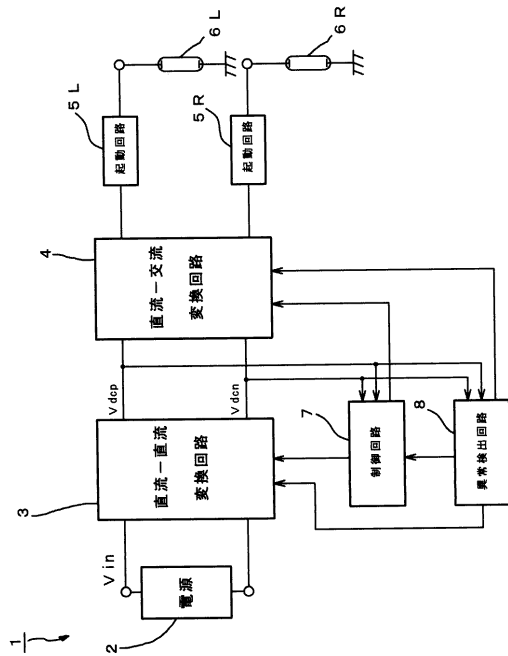
【図 15】各放電灯への起動用パルスの生成について説明するための回路図である。

【図 16】各起動回路内のコンデンサの充放電状態について説明するための図である。

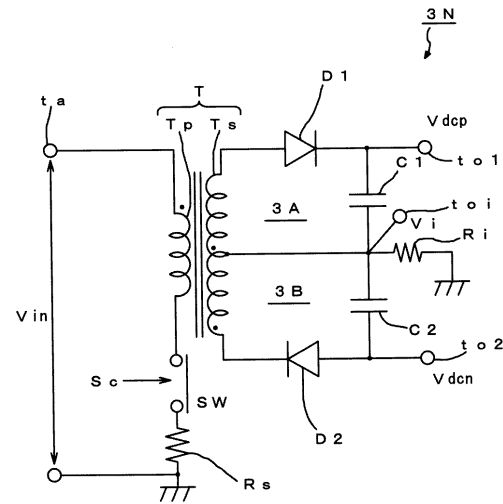
【符号の説明】

1…放電灯点灯回路、3…直流－直流変換回路、4…直流－交流変換回路、5 L、5 R…起動回路、6 L、6 R…放電灯、8…異常検出回路、20、21…第1の異常判断手段、23…第2の異常判断手段、94 L、94 R…コンデンサ、95 L、95 R…スイッチ素子、96…電圧供給回路、 $s w 1 \sim 4$ …スイッチング素子、H B L、H B R…ハーフブリッジ

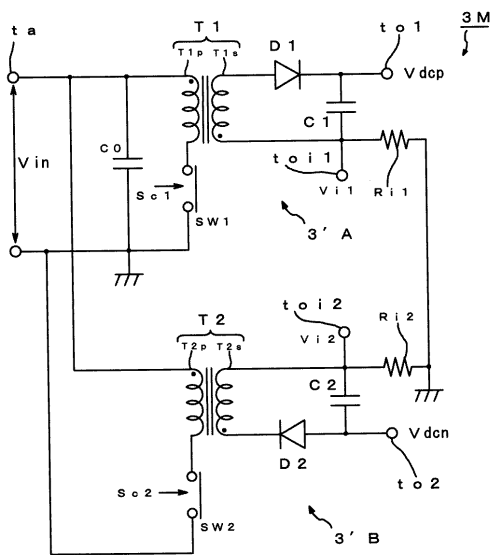
【図 1】



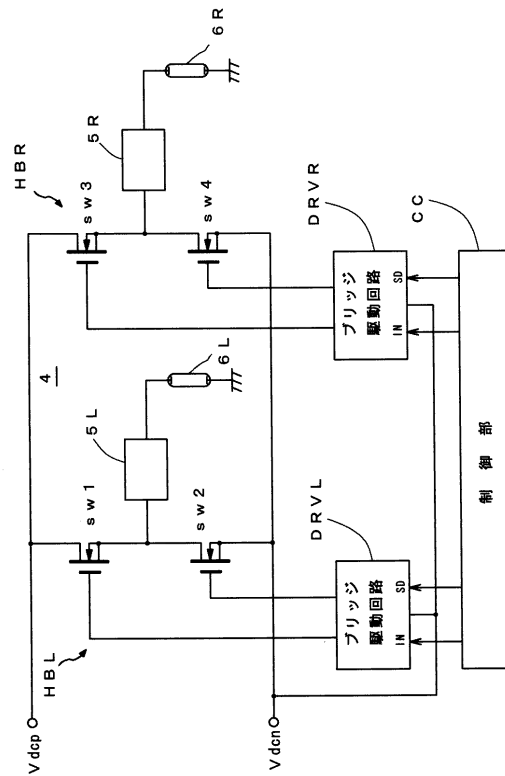
【図 2】



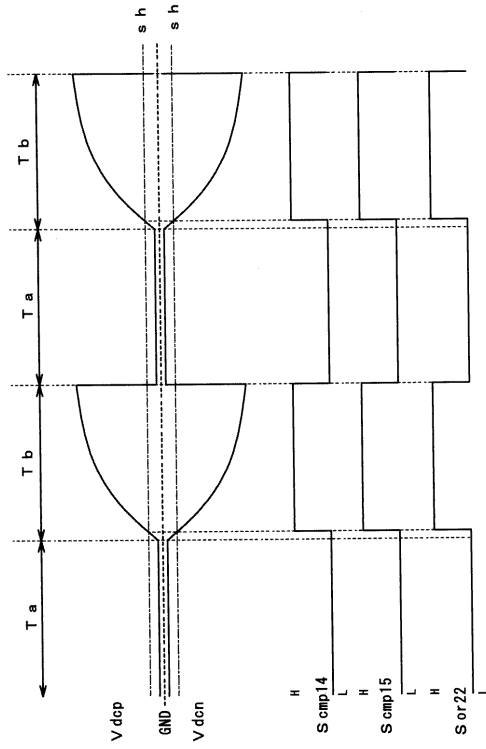
【図 3】



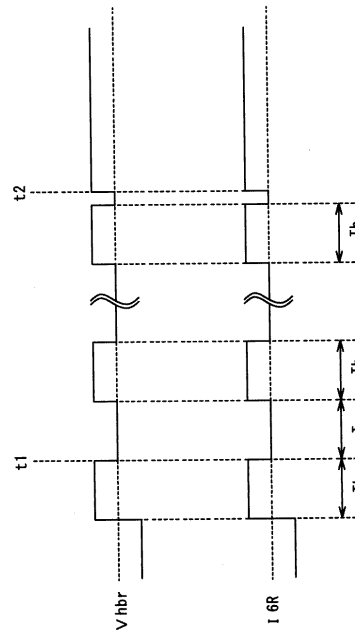
【図 4】



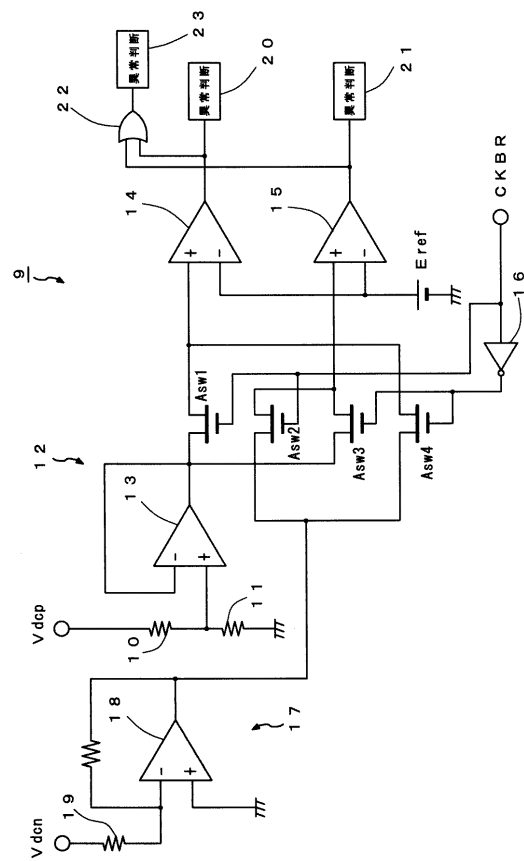
【図 5】



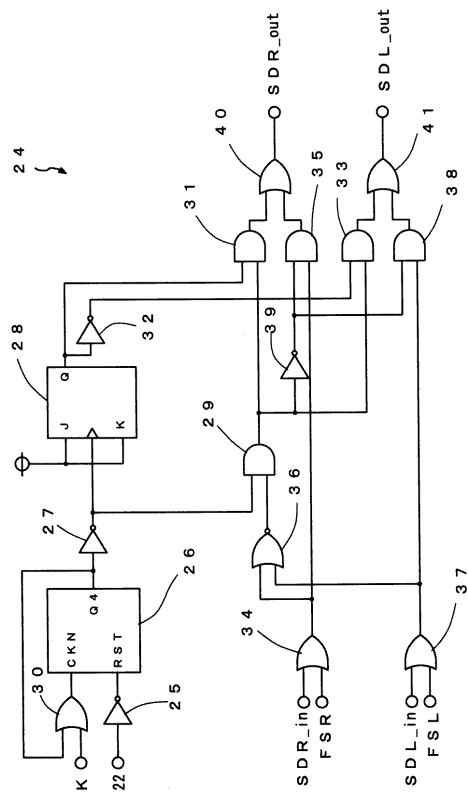
【図 6】



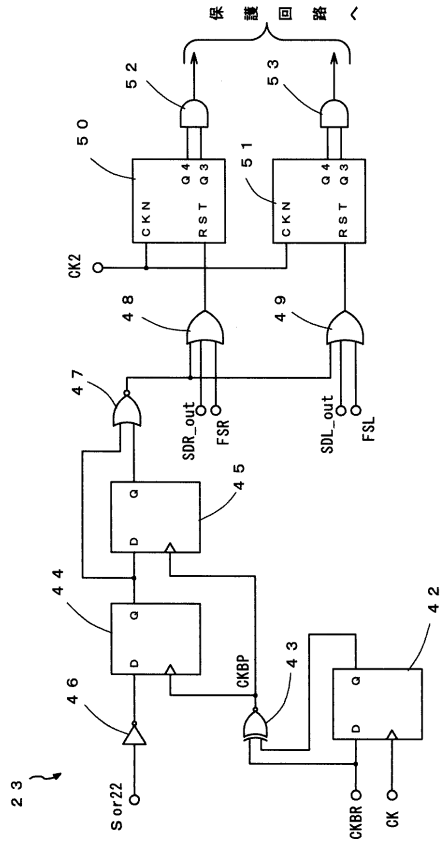
【図 7】



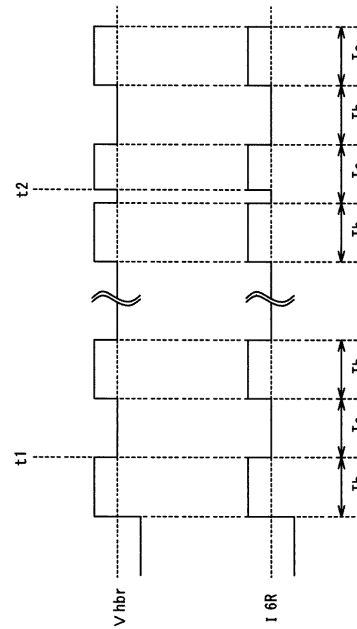
【図 8】



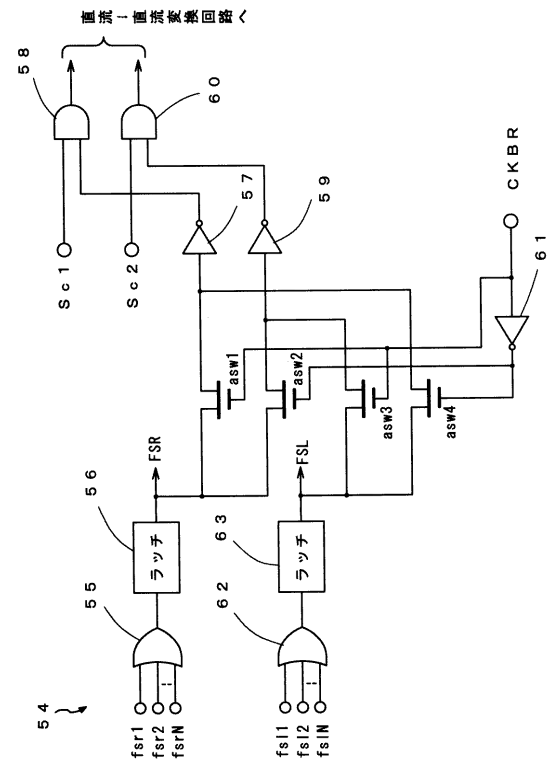
【 図 9 】



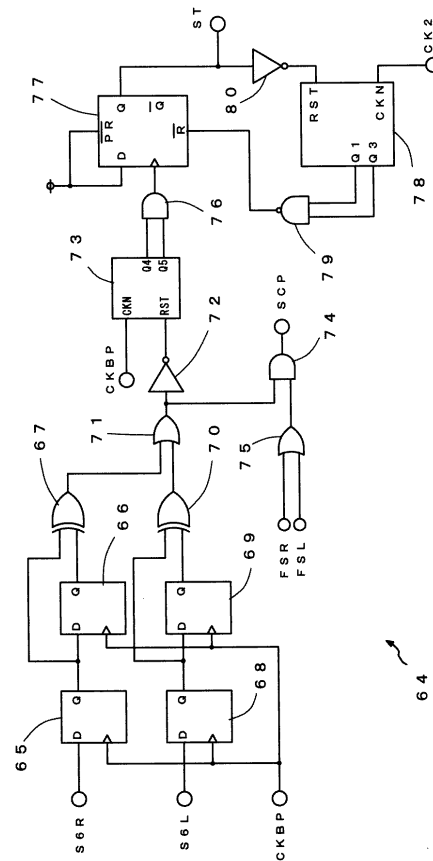
【図 10】



【図 1 1】



【图 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-203086 (JP, A)
特開2000-260588 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 41/24