

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6356252号  
(P6356252)

(45) 発行日 平成30年7月11日 (2018. 7. 11)

(24) 登録日 平成30年6月22日 (2018. 6. 22)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H02M 7/48 (2007.01)</b>	H02M 7/48 E
<b>B23K 9/073 (2006.01)</b>	B23K 9/073 530
	B23K 9/073 560

請求項の数 22 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2016-551084 (P2016-551084)	(73) 特許権者	516047522
(86) (22) 出願日	平成26年11月6日 (2014. 11. 6)		リンカーン グローバル, インコーポレ
(65) 公表番号	特表2016-537962 (P2016-537962A)		イテッド
(43) 公表日	平成28年12月1日 (2016. 12. 1)		Lincoln Global, Inc
(86) 国際出願番号	PCT/IB2014/002367		.
(87) 国際公開番号	W02015/068023		アメリカ合衆国 カリフォルニア サンタ
(87) 国際公開日	平成27年5月14日 (2015. 5. 14)		フェ スプリングス ノーウォーク ブ
審査請求日	平成29年9月7日 (2017. 9. 7)		ルヴァード 9160
(31) 優先権主張番号	14/248, 410		9160 Norwalk Boulev
(32) 優先日	平成26年4月9日 (2014. 4. 9)		ard, Santa Fe Sprin
(33) 優先権主張国	米国 (US)		gs, California, U. S
(31) 優先権主張番号	61/900, 635		. A.
(32) 優先日	平成25年11月6日 (2013. 11. 6)	(74) 代理人	110001302
(33) 優先権主張国	米国 (US)		特許業務法人北青山インターナショナル
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ACアーク溶接プロセス用の低い電流変動率をもたらすシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力電流を出力電流に変換するように構成された電力変換回路と、制御装置と、前記電力変換回路に動作可能に接続され、また溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る前記出力電流の向きを前記制御装置のコマンドに従って切り替えるように構成されたブリッジ回路と、前記ブリッジ回路に動作可能に接続され、前記出力電流の極性遷移中にアークを再点火させるのに十分な電圧を、前記溶接出力回路経路の電極と被加工物の間に誘起するように構成され、オーバーシュート電流を誘起して、前記出力電流の少なくとも負から正への極性遷移中にアーク再点火を容易にするようにさらに構成されたアーク調整回路とを備え、

10

前記アーク調整回路が、エネルギーを蓄積するように構成されたインダクタと、当該インダクタに調整した定電流を供給するように構成された定電流源とを備え、

前記アーク調整回路の出力が前記ブリッジ回路に接続されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記アーク調整回路が、前記オーバーシュート電流を供給するように構成された重畳キャパシタを備えることを特徴とする溶接電源。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の溶接電源において、前記アーク調整回路が、前記出力電流の前記負から正への極性遷移中に前記重畳キャパシタを選択的に放電するように構成された、独立し

20

た放電制御スイッチを備えることを特徴とする溶接電源。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の溶接電源において、前記インダクタのインダクタンス値が、約 10 ~ 100 ミリヘンリーの間であることを特徴とする溶接電源。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記定電流源が、2 アンペア ~ 10 アンペアの間の調整可能な電流を供給するように構成されることを特徴とする溶接電源。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記電力変換回路、前記ブリッジ回路、および前記アーク調整回路が、前記溶接電源の前記制御装置のコマンドに従って、DC 正溶接作業、DC 負溶接作業、および AC 溶接作業のうちの何れかを提供するように構成されることを特徴とする溶接電源。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記電力変換回路が、ハーフブリッジ出力トポロジを有するトランス・ベースであることを特徴とする溶接電源。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記電力変換回路が、DC 出力トポロジを含むことを特徴とする溶接電源。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記電力変換回路が、チョッパ・ベースの回路であることを特徴とする溶接電源。

20

【請求項 10】

請求項 1 に記載の溶接電源において、前記ブリッジ回路が、少なくとも 2 つのスイッチング・トランジスタを備えることを特徴とする溶接電源。

【請求項 11】

溶接電源において、

入力電流を出力電流に変換するための手段と、前記溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る出力電流の向きを切り替えて、少なくとも AC 溶接作業を提供するための手段と、前記出力電流の極性遷移中に前記溶接出力回路経路の溶接電極と溶接被加工物の間に電圧を誘起して、前記溶接電極と被加工物の間に逆極性のアークを自動的に回復する手段であって、前記電圧を誘起するための手段の出力が、前記出力電流の向きを切り替えるための手段に接続されている手段と、オーバーシュート電流を誘起して、前記出力電流の少なくとも負から正への極性遷移中にアーク再点火を容易にする手段であって、前記オーバーシュート電流を誘起するための手段が、インダクタと、調整された定電流を前記インダクタに供給するように構成された定電流源とを備える手段と、を含むことを特徴とする溶接電源。

30

【請求項 12】

溶接電源内で入力電流を出力電流に変換するステップと、前記溶接電源の制御装置のコマンドに従って、前記溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る出力電流の向きを、第 1 の向きから第 2 の向きに、ブリッジ回路を使用して切り替えるステップと、前記第 2 の向きに切り替えるステップの一環として、前記第 2 の向きで溶接電極と被加工物の間にアークを自動的に再点火するのに十分な電圧レベルを、前記溶接出力回路経路の前記溶接電極と前記被加工物の間に、アーク調整回路を使用して誘起するステップと、オーバーシュート電流を、アーク調整回路を用い誘起して、前記出力電流の少なくとも負から正への極性遷移中にアーク再点火を容易にするステップとを具え、前記オーバーシュート電流を誘起するステップが、前記アーク調整回路の定電流源から前記アーク調整回路のインダクタに調整された定電流を供給するステップを備えており、前記アーク調整回路の出力が、前記ブリッジ回路に接続されていることを特徴とする方法。

40

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法において、前記溶接電源の前記制御装置のコマンドに従って、

50

前記第2の向きから前記第1の向きに前記溶接出力回路経路を通る前記出力電流の向きを切り替えるステップと、前記第1の向きに切り替えるステップの一環として、前記第1の向きで前記溶接電極と前記被加工物の間にアークを自動的に再点火するのに十分な電圧レベルを、溶接出力回路経路の前記溶接電極と前記被加工物の間に誘起するステップとをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項14】

請求項12に記載の方法において、オーバーシュート電流を誘起するステップが、少なくとも1つの重畳キャパシタを有する前記アーク調整回路によって達成されることを特徴とする方法。

【請求項15】

10

溶接電源において、

AC溶接出力電流を供給するように構成されたブリッジ回路と、前記ブリッジ回路に動作可能に接続され、出力回路経路を通る前記AC溶接出力電流の極性が反転すると、溶接出力に接続された前記出力回路経路でアークを自動的に再点火するのに振幅が十分な電圧を、前記溶接電源の前記溶接出力に誘起するように構成され、オーバーシュート電流を誘起して、前記AC溶接出力電流の少なくとも負から正への極性遷移中にアーク再点火を容易にするようにさらに構成されたアーク調整回路とを備え、

前記アーク調整回路が、

エネルギーを蓄積するように構成されたインダクタと、

前記インダクタに調整された定電流を供給するように構成された定電流源とを備え、

20

前記アーク調整回路の出力が、前記ブリッジ回路に接続されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項16】

溶接電源において、

少なくとも1つのインダクタと、前記少なくとも1つのインダクタに直列に接続され、前記少なくとも1つのインダクタに調整された定電流を供給するように構成された少なくとも1つの定電流源と、少なくとも1つの重畳キャパシタとを備えている電流スイッチング回路を具え、前記少なくとも1つのインダクタと、前記少なくとも1つの定電流源と、前記少なくとも1つの重畳キャパシタが、前記溶接電源の溶接出力に接続された負荷を通る溶接出力電流の極性が反転すると、前記負荷の両端に溶接アークを再点火するのに十分な電圧を、前記負荷の両端に誘起するように構成されており、前記少なくとも1つの重畳キャパシタが、前記少なくとも1つのインダクタおよび前記少なくとも1つの定電流源に並列に接続されている

30

ことを特徴とする溶接電源。

【請求項17】

請求項16に記載の溶接電源において、前記電流スイッチング回路が、ハーフブリッジ回路またはフルブリッジ回路のうちの一方として構成されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項18】

請求項1に記載の溶接電源において、前記定電流源が、チョッパ・バック・レギュレータ、または電圧源と抵抗器のうちの少なくとも1つを備えていることを特徴とする溶接電源。

40

【請求項19】

請求項1に記載の溶接電源において、前記インダクタおよび前記定電流源が、前記アーク調整回路内で直列に接続されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項20】

請求項19に記載の溶接電源において、重畳キャパシタが、前記アーク調整回路内で前記インダクタおよび前記定電流源に並列に接続されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項21】

請求項1に記載の溶接電源において、前記電力変換回路が、外部電源から交流電流を受

50

け入れ、前記アーク調整回路および前記ブリッジ回路へ直流電流を出力するように構成されていることを特徴とする溶接電源。

【請求項 2 2】

入力電流を出力電流に変換するように構成された電力変換回路と、制御装置と、前記電力変換回路に動作可能に接続され、また溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る前記出力電流の向きを前記制御装置のコマンドに従って切り替えるように構成されたブリッジ回路と、前記ブリッジ回路に動作可能に接続され、前記出力電流の極性遷移中にアークを再点火させるのに十分な電圧を、前記溶接出力回路経路の電極と被加工物の間に誘起するように構成され、オーバーシュート電流を誘起して、前記出力電流の少なくとも負から正への極性遷移中にアーク再点火を容易にするようにさらに構成されたアーク調整回路とを備え、

10

前記アーク調整回路が、エネルギーを蓄積するように構成されたインダクタと、前記インダクタに調整された定電流を供給するように構成された定電流源と、どちらの極性でも高電圧レベルを選択的に誘起するよう構成された 2 つのスイッチング・トランジスタとを備えていることを特徴とする溶接電源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本米国特許出願は、2013年11月6日出願の米国仮特許出願第61/900,635号明細書、ならびに2014年4月4日出願の米国特許出願第14/248,410号明細書の優先権およびその利益を主張し、2012年9月24日出願の米国特許出願第13/625,177号明細書の一部継続出願であり、これらのそれぞれを参考としてそっくりそのまま本明細書に援用する。

20

【0002】

本発明のある実施形態は、アーク溶接に関する。より詳細には、本発明のある実施形態は、ACアーク溶接プロセス用の低い電流変動率をもたらしてアーク溶接性能を調整するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

30

ある種の従来技術の溶接システムは、溶接電源にブリッジ・トポロジを使用して、AC溶接機能を提供する。共通経路を共用し、したがって共用経路でそれぞれの出力が逆極性の流れを誘導できるように構成された、2重出力電流経路を有する溶接電源において、ハーフブリッジ・トポロジを使用してもよい。実際には、多くの溶接電源がこのように構成され、第2の経路を設けるために、整流器装置の第2のセットだけを必要とすることがある。各電源区間の非共用経路にスイッチを配置してもよく、接続された溶接出力電流経路を介した電流の流れの向きは、能動状態の区間によって確定される。フルブリッジ・トポロジは、ほとんどあらゆる電源のトポロジ、適応性、および既存設計の電源に追加する実現可能性を考慮して使用してもよい。フルブリッジ・トポロジによって、ゼロ交差支援回路を容易に実装できるようになる。ブロッキング・ダイオードを使用して、ゼロ交差の際に生じる高電圧過渡現象から電源内の各デバイスを保護することができる。たとえば、ACガス・タングステン・アーク溶接(GTAWもしくはTIG)プロセス、またはガス・メタル・アーク溶接(GMAWもしくはMIG)プロセスなど多くの溶接プロセスにおいて、溶接電流がゼロ交差するとき、電極と被加工物の間のアークが逆極性の向きに素早く再点火することが望ましい。

40

【0004】

溶接電源は、最大電圧レベル(たとえば100VDC)を有してもよく、それを出力するように設計される。AC溶接電流がゼロ交差するとき(すなわち極性が変化するとき)、アークの点火状態を保ち、アーク電流が低いときにアークをより安定になるようにし、電極と被加工物の間にアークを再点火するために、電源が供給できる電圧よりも高い電圧

50

(たとえば300VDC)が電源に要求されることがある。その結果、アークが消失し、回復しないことがある。(ワイヤ電極がない)TIG溶接では、アークが消失する場合、溶接電源は、アーク確立プロセス全体を繰り返した後に溶接が継続できるようになることがあり、その結果、溶接プロセスが非効率になる。一般に、低電流アーク溶接に伴うプラズマ柱は不安定になる傾向にあり、その結果、望ましくないアーク停止に至る可能性がある。

#### 【0005】

このようなシステムおよび方法を、添付図面を参照しながら本出願の残り部分に記載した本発明の実施形態と比較すると、通常手法、従来手法、および提案された手法のさらなる限界および欠点が当業者に明白になる。

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

本発明の実施形態は、溶接出力電流を調整し、また極性遷移中に再点火用の電圧を生成してアークの再点火を確実にするための手段を提供することによって、DCおよびACのアーク溶接プロセス用の低い電流変動率をもたらしてアーク溶接性能を調整するためのシステムおよび方法を含む。電源からの電圧が制限されていても、溶接電流の極性遷移時およびその前後に、溶接電極と被加工物の間の電圧レベルをさらに高くして、逆極性のアークを容易に、かつ信頼性高く再点火する。AC溶接、可変極性溶接(たとえば、いずれかの極性でのDC溶接)、および他のハイブリッド溶接プロセスが支援される。極性反転ブリッジ回路およびアーク調整回路の構成によって、溶接出力回路経路を介した出力溶接電流の向きの切替えが可能になり、また低い電流変動率が改善され、溶接電流の極性が変化するときにはアークの迅速な再点火が可能になる。インダクタおよび定電流源を有するアーク調整回路は、迅速かつ信頼性高くアークを再点火するために、電流極性遷移中に必要となる電圧を提供する。実施形態によっては、重畳キャパシタは、追加の蓄積エネルギーを供給して、極性遷移のうち的一方または両方においてアークの再点火を支援する。

#### 【0007】

本発明の一実施形態は、溶接電源である。溶接電源は、制御装置、および入力電流を出力電流に変換するように構成された電力変換回路を備える。電力変換回路は、ハーフブリッジ出力トポロジを有するトランス・ベースでもよい。電力変換回路は、DC出力トポロジを含んでもよい。電力変換回路は、たとえば、インバータ・ベースの回路またはチョップ・ベースの回路でもよい。溶接電源はまた、電力変換回路に動作可能に接続され、また溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る出力電流の向きを制御装置のコマンドに従って切り替えるように構成されたブリッジ回路を備える。ブリッジ回路は、たとえば、ハーフブリッジ回路として、またはフルブリッジ回路として構成してもよい。ブリッジ回路は、たとえば、少なくとも2つのスイッチング・トランジスタを備えてもよい。溶接電源はさらに、ブリッジ回路に動作可能に接続され、出力電流の極性遷移中にアークを再点火させるのに十分な電圧を、溶接出力回路経路の電極と被加工物の間に誘起するように構成されたアーク調整回路を備える。アーク調整回路は、たとえば、少なくとも1つのインダクタ、および少なくとも1つの定電流源を備えてもよい。定電流源は、たとえば、アーク全体にわたって2~10アンペアの間の調整された定電流を供給し、低い電流変動率を可能にする。様々な実施形態によれば、少なくとも1つのインダクタの値は、約10~100ミリヘンリーの間(たとえば20ミリヘンリー)でもよい。電力変換回路、ブリッジ回路、およびアーク調整回路は、溶接電源の制御装置のコマンドに従って、DC正溶接作業、DC負溶接作業、およびAC溶接作業のうちの何れを提供するように構成してもよい。一代替実施形態によれば、ブリッジ回路およびアーク調整回路は、溶接電源の外部にあってもよく、たとえば溶接電源に動作可能に接続するモジュールの形態でもよい。

#### 【0008】

本発明の一実施形態は、溶接電源である。溶接電源は、入力電流を出力電流に変換するための手段、および溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る

10

20

30

40

50

出力電流の向きを切り替えて、少なくともＡＣ溶接作業を提供するための手段を備える。溶接電源はまた、出力電流の極性遷移中に溶接出力回路経路の溶接電極と溶接被加工物の間に電圧を誘起して、溶接電極と被加工物の間に逆極性のアークを自動的に回復する手段を備える。

【０００９】

本発明の一実施形態は、方法である。この方法は、溶接電源で入力電流を出力電流に変換するステップを含む。この方法はまた、溶接電源の制御装置のコマンドに従って、溶接電源の溶接出力に動作可能に接続された溶接出力回路経路を通る出力電流の向きを第１の向きから第２の向きに切り替えるステップを含む。この方法はさらに、第２の向きに切り替えるステップの一環として、この第２の向きで電極と被加工物の間にアークを自動的に再点火するのに十分な電圧レベルを、溶接出力回路経路の溶接電極と被加工物の間に誘起するステップを含む。この方法はまた、溶接電源の制御装置のコマンドに従って、第２の向きから第１の向きに溶接出力回路経路を通る出力電流の向きを切り替えるステップと、さらに、第１の向きに切り替えるステップの一環として、この第１の向きで電極と被加工物の間にアークを自動的に再点火するのに十分な電圧レベルを、溶接出力回路経路の溶接電極と被加工物の間に誘起するステップとを含む。電圧レベルを誘起する各ステップは、少なくとも１つのインダクタ、および少なくとも１つの定電流源を有するアーク調整回路によって達成することができる。

10

【００１０】

本発明の一実施形態は、溶接電源である。溶接電源は、ＡＣ溶接出力電流を供給するように構成されたブリッジ回路を備える。溶接電源はさらに、ブリッジ回路に動作可能に接続され、出力回路経路を通る溶接出力電流の極性が反転すると、溶接出力に接続された出力回路経路でアークを自動的に再点火するのに振幅が十分な電圧を、溶接電源の溶接出力に誘起するように構成されたアーク調整回路を備える。アーク調整回路は、少なくとも１つのインダクタ、および少なくとも１つの定電流源を備えてもよい。

20

【００１１】

本発明の一実施形態は、溶接電源である。溶接電源は、少なくとも１つのインダクタおよび少なくとも１つの定電流源を有する電流スイッチング回路を備え、この少なくとも１つのインダクタおよび少なくとも１つの定電流源は、負荷を通る溶接出力電流の極性が反転すると、この負荷の両端に溶接アークを再点火するのに十分な電圧を、溶接電源の溶接出力に接続された負荷の両端に誘起するように構成される。電流スイッチング回路は、たとえば、ハーフブリッジ回路、またはフルブリッジ回路のうちの１つとして構成してもよい。以下の説明、特許請求の範囲、および各図面から、さらに実施形態を考えることができる。

30

【００１２】

以下の説明および図面から、本発明の例示した実施形態の詳細がより完全に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】図１は、溶接電極および被加工物に動作可能に接続された溶接電源の例示的な実施形態の概略ブロック図を示す。

40

【図２】図２は、ブリッジ回路および双極性アーク調整回路を有する、図１の溶接電源の一部分の第１の例示的な実施形態の概略図を示す。

【図３Ａ】図３Ａは、ＡＣ溶接出力電流波形を実現するときの、図２の溶接電源の動作を示す。

【図３Ｂ】図３Ｂは、ＡＣ溶接出力電流波形を実現するときの、図２の溶接電源の動作を示す。

【図３Ｃ】図３Ｃは、ＡＣ溶接出力電流波形を実現するときの、図２の溶接電源の動作を示す。

【図４】図４は、ブリッジ回路および双極性アーク調整回路を有する、図１の溶接電源の

50

一部分の第 2 の例示的な実施形態の概略図を示す。

【図 5】図 5 は、ブリッジ回路および双極性アーク調整回路を有する、図 1 の溶接電源の一部分の第 3 の例示的な実施形態の概略図を示す。

【図 6】図 6 は、ブリッジ回路および双極性アーク調整回路を有する、図 1 の溶接電源の一部分の第 4 の例示的な実施形態の概略図を示す。

【図 7 A】図 7 A は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、任意選択の重畳キャパシタを備える、図 2 の溶接電源の動作を示す。

【図 7 B】図 7 B は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、任意選択の重畳キャパシタを備える、図 2 の溶接電源の動作を示す。

【図 8 A】図 8 A は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、重畳キャパシタを備える溶接電源の別の実施形態の動作を示す。

【図 8 B】図 8 B は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、重畳キャパシタを備える溶接電源の別の実施形態の動作を示す。

【図 9 A】図 9 A は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、重畳キャパシタの独立した放電制御を含む、溶接電源の別の実施形態の動作を示す。

【図 9 B】図 9 B は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、重畳キャパシタの独立した放電制御を含む、溶接電源の別の実施形態の動作を示す。

【図 9 C】図 9 C は、A C 溶接出力電流波形を実現するときの、重畳キャパシタの独立した放電制御を含む、溶接電源の別の実施形態の動作を示す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下は、この開示内で使用してもよい例示的な用語の定義である。全ての用語の単数形と複数形は両方とも、それぞれの意味の範囲内に含まれる。

【0015】

本明細書では「ソフトウェア」または「コンピュータ・プログラム」は、それだけには限定されないが、1 つまたは複数のコンピュータ読取り可能および / または実行可能な命令を含み、これらの命令により、コンピュータまたは他の電子装置が、機能、動作、および / または挙動を所望の方式で実施するようになる。各命令は、ダイナミック・リンク・ライブラリからの別々のアプリケーションまたはコードを含むルーチン、アルゴリズム、モジュール、またはプログラムなど、様々な形態に埋め込んでもよい。ソフトウェアはまた、独立型のプログラム、関数呼出し、サブレット、アプレット、アプリケーション、メモリに記憶された命令、オペレーティング・システムの一部、または別のタイプの実行可能命令など、様々な形態で実施してもよい。ソフトウェアの形態は、たとえば所望の用途の要求事項、ソフトウェアが実行される環境、および / または設計者 / プログラムの要望などによって決まることが当業者には理解されよう。

【0016】

本明細書では、「コンピュータ」または「処理要素」または「コンピュータ装置」は、それだけには限定されないが、データを記憶し、取り出し、処理することができる、任意のプログラム済みまたはプログラム可能な電子装置を備える。「持続的でコンピュータ読取り可能な媒体」には、それだけには限らないが、C D - R O M、取外し可能なフラッシュ・メモリ・カード、ハード・ディスク・ドライブ、磁気テープ、およびフロッピー・ディスクが含まれる。

【0017】

本明細書では、「溶接工具」は、それだけには限定されないが、溶接ガン、溶接トーチ、または、溶接電源によって溶接電極に電力を供給するための消耗性もしくは非消耗性溶接電極を使用可能にする任意の溶接装置を指す。

【0018】

本明細書では、「溶接出力回路経路」は、溶接電源の溶接出力の第 1 の側部から、第 1 の溶接ケーブル（または溶接ケーブルの第 1 の側部）を通して、溶接電極、被加工物に至り（溶接電極と被加工物の間の短絡またはアークの何れかによって）、第 2 の溶接ケーブ

ル（または溶接ケーブルの第２の側部）を通り、溶接電源の溶接出力の第２の側部に戻る電気経路を指す。

【００１９】

本明細書では、「溶接ケーブル」は、溶接電源と溶接電極および被加工物との間に（たとえば、溶接ワイヤ供給装置を介して）接続して、電力を供給し、溶接電極と被加工物と間にアークを生成することのできる電気ケーブルを指す。

【００２０】

本明細書では、「溶接出力」は、溶接電源の電気出力回路もしくは出力ポートもしくは端子、または溶接電源の電気出力回路もしくは出力ポートが供給する電力、電圧、もしくは電流、または溶接電源の出力に接続された負荷を指してもよい。

10

【００２１】

本明細書では、「コンピュータ記憶装置」は、コンピュータまたは処理要素によって取り出すことができるデジタル・データまたはデジタル情報を記憶するように構成された記憶装置を指す。

【００２２】

本明細書では、「制御装置」は、論理回路および／または処理要素、ならびに溶接電源を制御する際に必要となる関連するソフトウェアまたはプログラムを指す。

【００２３】

用語「信号」、「データ」、および「情報」は、本明細書において区別なく使用することができ、デジタル形式またはアナログ形式でもよい。

20

【００２４】

用語「ＡＣ溶接」は、本明細書において全般に使用され、実際のＡＣ溶接、正極性と負極性両方でのＤＣ溶接、可変極性溶接、および他のハイブリッド式溶接プロセスを指してもよい。

【００２５】

低電流アーク溶接に伴うプラズマ柱は不安定になる傾向にあり、その結果、望ましくないアーク停止に至る可能性がある。さらに、ＡＣ溶接プロセスでは、ゼロ遷移の際にアーク電流が停止して向きを変える。溶接部を囲繞するアークのプラズマおよびガスの状態に応じて、アークは再点火してもしなくてもよい。本発明の実施形態は、著しい量のインダクタンスが高エネルギー定電流源を提供して、アーク・プラズマを安定化させる、良好に制御された電流を供給する低電流アーク調整回路を含む。極性変更の際、アーク電流は、逆極性に移行する前にゼロまで減少する。この極性遷移時間中、アークとアーク調整回路からの電流は両方とも、高電圧スナバ回路に流れ込む。スナバ回路によって印加される高電圧によって、アーク・エネルギーの全てがなくなる。しかし、アーク調整回路のエネルギーは、そのほんのわずかな部分しかなくなる。溶接回路のインダクタンスのエネルギーがなくなると、溶接出力は極性を反転することができる。アーク再点火電圧は、アーク調整回路のインダクタに蓄積されたエネルギーによって供給され、高電圧スナバ回路によって制限される。アークが回復すると、アーク調整回路からの電流がアークまで戻り、アークを維持するのに必要な電圧まで急激に電圧が低下する。

30

【００２６】

図１には、溶接電極Ｅおよび被加工物Ｗに動作可能に接続された溶接電源１００の例示的な実施形態の概略ブロック図が示してある。溶接電源１００は、溶接電極Ｅと被加工物Ｗの間に溶接出力電力を供給する、電力変換回路１１０を備える。電力変換回路１１０は、ハーフブリッジ出力トポロジを有するトランス・ベースでもよい。たとえば、電力変換回路１１０は、たとえば、溶接トランスのそれぞれ１次側および２次側で示す、入力電力側および出力電力側を含むインバータ・タイプでもよい。たとえば、ＤＣ出力トポロジを有するチョップ・タイプなど、他のタイプの電力変換回路も実現可能である。任意選択のワイヤ供給装置５は、消耗性ワイヤの溶接電極Ｅを、被加工物Ｗに向けて供給してもよい。あるいは、ＧＴＡＷプロセスの場合のように、電極Ｅは非消耗性でもよく、ワイヤ供給装置５を使用しなくてもよく、またはこれを使用して溶接ワイヤを被加工物Ｗに向けて供

40

50



給してもよい。ワイヤ供給装置 5、消耗性溶接電極 E、および被加工物 W は、溶接電源 100 の一部ではなく、溶接出力ケーブルを介して溶接電源 100 に動作可能に接続してもよい。

#### 【0027】

溶接電源 100 はさらに、波形発生器 120 および制御装置 130 を備える。波形発生器 120 は、制御装置 130 のコマンドに従って溶接波形を生成する。波形発生器 120 によって生成された波形は、電力変換回路 110 の出力を変調して、電極 E と被加工物 W の間に溶接出力電流を生成する。

#### 【0028】

溶接電源 100 はさらに、電圧帰還回路 140 および電流帰還回路 150 を備えて、電極 E と被加工物 W の間での溶接出力電圧および出力電流を監視し、監視された電圧および電流を制御装置 130 に戻してもよい。フィードバック電圧および電流を制御装置 130 が使用して、波形発生器 120 が生成した溶接波形を修正することについて決定を下してもよく、かつ/または、たとえば溶接電源 100 の安全操作に影響を及ぼす他の決定を下してもよい。

#### 【0029】

溶接電源 100 はまた、ブリッジ回路 160 およびアーク調整回路 170 を有する電流スイッチング回路 180 を備える。ブリッジ回路 160 は、電力変換回路 110 に動作可能に接続され、また溶接電源 100 の溶接出力に動作可能に接続された低インピーダンス溶接出力回路経路（電極 E および被加工物 W を含む）を通る出力電流の向きを制御装置 130 のコマンドに従って切り替えるように構成される。アーク調整回路は、ブリッジ回路に動作可能に接続され、（たとえば、出力電流の極性遷移中にアークを再点火するのに十分な電圧を、溶接出力回路経路の電極 E と被加工物 W の間に誘起することによって）良好に調整された低い値での電流供給を提供して、最低レベルでの溶接を安定化させ、ゼロを中心とした電流の極性遷移を支援するように構成される。このようなブリッジおよびアーク調整回路の詳細な例および動作を、後ほど本明細書で詳細に説明する。

#### 【0030】

図 2 には、ブリッジ回路 160 および双極性アーク調整回路 170 を有する、図 1 の溶接電源 100 の一部分の第 1 の例示的な実施形態の概略図が示してある。電力変換回路 110 の一部分 210 も図 2 に示してあり、ここで電力変換回路 110 は、センター・タップまたはハーフブリッジのトポロジ（たとえば、インバータ・ベースの回路）である。図 2 の電流スイッチング回路 180 は、ハーフブリッジ・トポロジの形式であり、ここで電力変換回路 110 は、共通経路を共用し、したがって共用経路でそれぞれの出力経路が逆極性の流れを誘導できるように構成された 2 重出力電流経路を提供する。

#### 【0031】

ブリッジ回路 160 は、スイッチング・トランジスタ 211 および 212 を備える。アーク調整回路 170 は、スイッチング・トランジスタ 213 および 214、インダクタ 215、定電流源 216、ダイオード 217 ~ 220、ならびに、場合によっては重畳キャパシタ 221 を備える。一実施形態によれば、スイッチング・トランジスタは、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ（IGBT）である。しかし、他の実施形態によっては、他のタイプのスイッチング・トランジスタも使用してよい（たとえば金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ、すなわち MOSFET）。一実施形態によれば、定電流源は、（たとえば、2 アンペア ~ 10 アンペアの間で）調整可能でもよい。ダイオード 182 およびキャパシタ 183 を有するアクティブ・スナバ回路 181 を使用し、電流スイッチング回路 180 の両端の電圧を（たとえば、300 V ~ 600 V の間のどこかに）制限して、出力回路経路を通る出力電流を急速に減少させ、アーク再点火電圧レベルを制限し、すなわち限度内にとどめるようにする。スイッチング・トランジスタ 211 および 212 の逆平行のダイオードが、スナバ/減少電流を運ぶ。インダクタがエネルギーを蓄積し、（溶接プロセスの開始時点ですべて）初期アーク点火機能を、または（ゼロ交差時点で）アーク再点火機能を、いつでもさらに迅速に実行できるよう、（たとえば、アーク調整回路 170 の各

10

20

30

40

50

トランジスタの両端を短絡させることによる)インダクタの事前充電が必要になる場合がある。

#### 【0032】

アーク調整回路170の任意選択の重畳キャパシタ221を使用して、極性切替え時に、ゼロ電流を介して穏やかなオーバーシュートをもたらしてもよい。キャパシタ221は、ブリッジの不感時間中に、アーク調整回路のインダクタからのエネルギーを蓄積してもよい。このエネルギーは、アークが逆極性で回復されるときに解放してもよく、定電流源およびインダクタによって供給される電流とともに昇圧またはオーバーシュートをさらに実施してもよい。図2では、キャパシタは、電流源216およびインダクタ215の両端に直接接続される。不感時間中、インダクタはキャパシタを充電し、ブリッジ回路160がオンに戻ると、このキャパシタがエネルギーを負荷に解放する。このサイクルは、極性変更毎に生じる。キャパシタ221の頂部は、インダクタ215の代わりにダイオード217のカソードに接続してもよく、依然として両方の半周期に充電することができるが、負から正への遷移時にのみエネルギーを解放し、したがってサイクル毎の所要の不感時間を最小限に抑えて、蓄積エネルギーを最大化しながら充電できるようにする。

10

#### 【0033】

図2の電流スイッチング回路180は、AC溶接作業を提供し、溶接プロセスの極性反転中に電極Eと被加工物Wの間に溶接アークを回復するのに振幅が十分な電圧を溶接電源の溶接出力で誘起するが、任意選択の重畳キャパシタ221がない場合の図3A~3Cについては本明細書に記載の通りである。溶接出力端子191および192が図示しており、溶接ケーブル経路を介して電極Eおよび被加工物Wを接続してもよい、溶接電源の溶接出力を表す。

20

#### 【0034】

一実施形態によれば、インダクタ215は、約10~100ミリヘンリーの間の(通常は、溶接出力回路経路の総合インダクタンスよりもはるかに大きい)インダクタンス値を有し、定電流源216は、2アンペア~10アンペアの範囲の定電流を供給する。定電流源216は、たとえば、チョップ・バック・レギュレータまたは簡略な電圧源および抵抗器を含む、いくつかの異なるタイプのうちの何れでもよい。電極と被加工物の間に十分高い電圧を誘起しながら相対的に安定した電流を生成するようにインダクタをサイズ調整して、出力電流の切替え向き(極性反転/切替え)が原因でアークが消失した直後に、迅速かつ信頼性高くアークを再点火する。ゼロ電流交差(極性反転/切替え)時には、電流がゼロに達するとアークが消滅し、アーク調整回路170のインダクタ215からのエネルギーによって誘起される高電圧(たとえば、200~400VDC)を使用して、逆極性でアークを回復する。インダクタ215は、電流の流れを維持し、スナバ回路181によって設定された限界(たとえば400VDC)まで高電圧を誘起する。インダクタ215は、スイッチング・トランジスタ211および212とともにスイッチング・トランジスタ213および214の状態によって決定されるように(すなわち、何れかの向きからゼロ電流ポイントと交差するとき)、どちらの極性においても高電圧レベルを誘起することができる。

30

#### 【0035】

一実施形態によれば、アーク調整回路内のスイッチング・トランジスタおよびダイオードは、バックグラウンド電流(たとえば、2~10アンペア未満)のみを運び、ブリッジ回路のスイッチング・トランジスタを共用して、アーク調整回路のフルブリッジ経路を完成する。アーク調整回路内のダイオードは、電源電流経路と、アーク調整回路の各区間によって形成される意図しないフリーホイーリング電流経路とを阻止する。アーク調整回路内のスイッチング・トランジスタを使用して簡略な昇圧電源を形成してもよく、この昇圧電源を使用して、スナバ回路のキャパシタを事前充電してもよい(ブリッジ回路はオフ)。同様に、アーク調整回路内のスイッチング・トランジスタを使用して、アーク調整回路のインダクタを事前充電してもよい。一実施形態によれば、100ミリヘンリーのインダクタを約20ミリ秒で10アンペアまで充電してもよい(アーク電圧と電流源用の電圧源

40

50

との間に50Vの差があると仮定する)。したがって、DCでのGTAWプロセス(または他の任意のプロセス)を開始し、安定化させるための時間は、追加手段がなにもない場合、アーク調整回路のインダクタを事前充電するのに十分な時間より長くしなければならない。

#### 【0036】

図3A~3Cには、任意選択の重畳キャパシタ221がない場合での、AC溶接出力電流波形(たとえば、簡略な矩形波形として表してある)を実現するときの、図2の溶接電源の動作が示してある。図3A~3Cに示す負荷230は、電極Eと被加工物Wの間のアークの抵抗値およびインダクタンス、ならびに電極Eおよび被加工物Wを溶接電源に接続する溶接ケーブル経路(すなわち、溶接出力回路経路)を表す。しかし、電極E、被加工物W、および溶接ケーブル経路は、溶接電源の一部ではない。

10

#### 【0037】

図3Aの上部を参照すると、溶接電源が生成するAC波形300の正の電流部分(波形300の黒い太線参照)では、電流は、主に電力変換回路210から、ブリッジ回路160のスイッチング・トランジスタ211を通り、(正の向きで)負荷230を通り、共通経路を通過して、電力変換回路210まで戻る(太い矢印参照)。また、アーク・レギュレータ回路170が供給する変動率の低い電流は、定電流源216から、インダクタ215を通り(インダクタにエネルギーを蓄積する)、ダイオード217を通り、ブリッジ回路160のスイッチング・トランジスタ211を通り、(正の向きで)負荷230を通り、アーク調整回路170のダイオード219およびスイッチング・トランジスタ214を通過して、定電流源216まで戻る(細い矢印参照)。

20

#### 【0038】

図3Aの下部を参照すると、AC波形300の正の電流減少部分(波形300の黒い太線参照)では、負荷230が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷230から、(フリーホイーリングのように)電力変換回路210を通り、アクティブ・スナバ回路181を通り、ブリッジ回路160のスイッチング・トランジスタ212の逆平行ダイオードを通過して流れ、(正の向きで(太い矢印参照))負荷230に戻った後、完全に減少する。また、アーク・レギュレータ回路170が供給する変動率の低い電流は、定電流源216から、インダクタ215を通り(インダクタにエネルギーを蓄積する)、ダイオード217を通り、スナバ回路181を通り、アーク調整回路170のダイオード220を通過して、定電流源216まで戻る(細い矢印参照)。負荷230を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路170からの電流は流れを保持する。

30

#### 【0039】

電流が減少している間に、ブリッジ回路160が極性を変更する。しかし、アーク電流が依然として正である限り、インダクタ215は、スナバ回路181によって生成された高電圧経路を徐々になくしていく。アーク調整回路170は、スナバ回路181に2~10アンペアを供給する。負荷を通る電流がゼロに向けて降下するとき、アークが消失し、アーク調整回路が、負荷の両端に高電圧を印加して、逆極性でアークを再点火する。

#### 【0040】

40

図3Bを参照すると、AC波形300の極性遷移部分(波形300の黒い太線参照)では、電力変換回路210によって供給される電流がほとんどない。電極Eと被加工物Wの間のアークは、短時間で消失する。しかし、インダクタ215に蓄積されたエネルギーが、電極Eと被加工物Wの間にアーク点火電圧を誘起する。電力変換回路からの電流は、負荷を通過して逆向きに再び流れ始めることができる。アーク電流が迅速に回復し、溶接出力電流の任意のアンダーシュートまたはオーバーシュートが、インダクタ215によって制御される。アーク調整回路がない場合、電力変換回路がアークを回復しようとするはずである。しかし、電力変換回路が供給する電圧は、通常(たとえば100VDCに)制限されるので、アークの回復が起きないことがある。アーク調整回路170のインダクタ215からのエネルギーが解放されると、電流は、インダクタ215から、スイッチング・ト

50

ランジスタ 213 を通り、ダイオード 218 を通り、(負の向きで)負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通り、ダイオード 220 を通り、定電流源 216 を通って、インダクタ 215 まで戻る(矢印参照)。その結果、電極 E と被加工物 W の間のアークが、負の向きで迅速に再点火し、電源が電流を供給するのに十分低い電圧レベルに落ち着く。

#### 【0041】

図 3 C の上部を参照すると、溶接電源が生成する AC 波形 300 の負の電流部分(波形 300 の黒い太線参照)では、電流は、主に電力変換回路 210 から、(負の向きで)負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通って、電力変換回路 210 まで戻る(太い矢印参照)。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り(インダクタにエネルギーを蓄積する)、スイッチング・トランジスタ 213 を通り、ダイオード 218 を通り、(負の向きで)負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 220 を通って、定電流源 216 まで戻る(細い矢印参照)。

10

#### 【0042】

図 3 C の下部を参照すると、AC 波形 300 の負の電流減少部分(波形 300 の黒い太線参照)では、負荷 230 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 230 から、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 の逆平行ダイオードを通り、アクティブ・スナバ回路 181 を通り、(フリーホイーリングのように)電力変換回路 210 を通って、負荷 230 に戻る(太い矢印参照)。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り(インダクタにエネルギーを蓄積する)、ダイオード 217 を通り、スナバ回路 181 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 220 を通って、定電流源 216 まで戻る(細い矢印参照)。負荷 230 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 170 からの電流は流れを保持する。

20

#### 【0043】

図 3 B の場合と同様にして、波形 300 の正の部分に遷移して戻ると(すなわち、波形が繰り返される)、インダクタ 215 は、負荷を通し(ただし正の向きで)、ダイオード 217、スイッチング・トランジスタ 211、ダイオード 219、スイッチング・トランジスタ 214、および定電流源 216 を介してその蓄積エネルギーを解放することになり、したがって、電極 E と被加工物 W の間のアークが、正の向きで迅速に再点火できるようになる。アーク調整回路 170 は、良好に調整された低い値の電流を、電源によって供給された溶接出力電流に絶えず加算して、電力変換回路が供給する電流がゼロに向けて減少するときにアークを安定化させ、ただちに逆極性でアークを再点火する。

30

#### 【0044】

図 4 には、ブリッジ回路 160 および双極性アーク調整回路 170 を有する、図 1 の溶接電源 100 の一部分の第 2 の例示的な実施形態の概略図が示してある。電力変換回路 110 の一部分 210 も図 4 に示してあり、ここで電力変換回路 110 は、センター・タップまたはハーフブリッジのトポロジ(たとえば、インバータ・ベースの回路)である。図 4 の電流スイッチング回路 180 は、ハーフブリッジ・トポロジの形式であり、ここで電力変換回路 110 は、共通経路を共用し、したがって共用経路でそれぞれの出力経路が逆極性の流れを誘導できるように構成された 2 重出力電流経路を提供する。図 4 の溶接電源部分の動作は、図 2 の動作と同様である。しかし、図 4 には、4 つのスイッチング・トランジスタを有するフルブリッジのアーク調整回路 170 が示してあり、その結果、図 2 の構成を上回る低い電流変動率およびアーク点火性能を改善できる、さらに多少洗練された実装形態が得られる。

40

#### 【0045】

ブリッジ回路 160 は、スイッチング・トランジスタ 411 および 412 を備える。アーク調整回路 170 は、スイッチング・トランジスタ 413、414、415、および 4

50

16、インダクタ417、定電流源418、ダイオード419、ならびに、場合によっては事前充電スイッチング・トランジスタ420を備える。一実施形態によれば、スイッチング・トランジスタは、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ（IGBT）である。しかし、他の実施形態によっては、他のタイプのスイッチング・トランジスタも使用してよい（たとえば金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ、すなわちMOSFET）。ダイオード482およびキャパシタ483を有するアクティブ・スナバ回路481を使用し、電流スイッチング回路180の両端の電圧を（たとえば、300V～600Vの間のどこかに）制限して、出力回路経路を通る出力電流を急速に減少させ、アーク再点火電圧レベルを制限し、すなわち限度内にとどめるようにする。スイッチング・トランジスタ411および412の逆平行のダイオードが、スナバ/減少電流を運ぶ。アーク調整回路170の任意選択の事前充電スイッチング・トランジスタ420を使用して、インダクタ417にエネルギーを事前蓄積してもよい。事前充電トランジスタ420がオンのとき、インダクタ417からの電流が、この事前充電トランジスタ420を通して流れる。代替選択肢として、アーク調整回路170のトランジスタ（たとえば、413および414、または415および416）の両端を短絡することによって、インダクタの事前充電を遂行してもよい。インダクタがエネルギーを蓄積し、（溶接プロセスの開始時点で）初期アーク点火機能を、または（ゼロ交差時点で）アーク再点火機能を、いつでもさらに迅速に実行できるよう、インダクタの事前充電が必要になる場合がある。

#### 【0046】

図4の電流スイッチング回路180は、AC溶接作業を提供し、溶接プロセスの極性反転中に電極Eと被加工物Wの間に溶接アークを回復するのに振幅が十分な電圧を溶接電源の溶接出力で誘起する。溶接出力端子191および192が図示しており、溶接ケーブル経路を介して電極Eおよび被加工物Wを接続してもよい、溶接電源の溶接出力を表す。

#### 【0047】

一実施形態によれば、インダクタ417は、約10～100ミリヘンリーの間のインダクタンス値を有し、定電流源418は、2アンペア～10アンペアの範囲の定電流を供給する。定電流源418は、たとえば、チョップ・バック・レギュレータまたは簡略な電圧源および抵抗器を含む、いくつかの異なるタイプのうちの何れでもよい。電極と被加工物の間に十分高い電圧を誘起しながら相対的に安定した電流を生成するようにインダクタをサイズ調整して、出力電流の切替え向き（極性反転/切替え）が原因でアークが消失した直後に、迅速かつ信頼性高くアークを再点火する。

#### 【0048】

ゼロ電流交差（極性反転/切替え）時には、アークが消滅し、アーク調整回路170のインダクタ417からのエネルギーによって誘起される高電圧を使用して、逆極性でアークを回復する。インダクタ417は、電流の流れを維持し、スナバ回路481によって設定された限界（たとえば400VDC）まで高電圧を誘起する。インダクタ417は、各スイッチング・トランジスタの状態によって決定されるように（すなわち、何れかの向きからゼロ電流ポイントと交差するとき）、どちらの極性においても高電圧レベルを誘起する。

#### 【0049】

図5には、ブリッジ回路160および双極性アーク調整回路170を有する、図1の溶接電源100の一部分の第3の例示的な実施形態の概略図が示してある。電力変換回路110の一部分210も図5に示してあり、ここで電力変換回路110は、センター・タップまたはハーフブリッジのトポロジ（たとえば、インバータ・ベースの回路）である。図5の電流スイッチング回路180は、ハーフブリッジ・トポロジの形式であり、ここで電力変換回路110は、共通経路を共用し、したがって共用経路でそれぞれの出力経路が逆極性の流れを誘導できるように構成された2重出力電流経路を提供する。図5の溶接電源部分の動作は、図2の動作と同様である。しかし、図5には、2つの結合されたインダクタおよび2つの定電流源を有する2重のアーク調整回路170が示してあり、その結果、図2の構成を上回る低い電流変動率およびアーク調整性能を改善できる、さらに洗練され

た実装形態が得られる。

#### 【0050】

ブリッジ回路160は、スイッチング・トランジスタ511および512を備える。アーク調整回路170は、結合されたインダクタ513および514、定電流源515および516、ダイオード517および519、ならびに、場合によっては事前充電スイッチング・トランジスタ518を備える。一実施形態によれば、スイッチング・トランジスタは、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ(IGBT)である。しかし、他の実施形態によっては、他のタイプのスイッチング・トランジスタも使用してよい(たとえば金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ、すなわちMOSFET)。ダイオード582およびキャパシタ583を有するアクティブ・スナバ回路581を使用し、電流スイッチング回路180の両端の電圧を(たとえば、300V~600Vの間のどこかに)制限して、出力回路経路を通る出力電流を急速に減少させ、アーク再点火電圧レベルを制限し、すなわち限度内にとどめるようにする。スイッチング・トランジスタ511および512の逆平行のダイオードが、スナバ/減少電流を運ぶ。アーク調整回路170の任意選択の事前充電スイッチング・トランジスタ518を使用して、インダクタ513および514にエネルギーを事前蓄積してもよい。事前充電トランジスタ518がオンするとき、インダクタからの電流が、この事前充電トランジスタを通して流れる。その代わりとして、スイッチング・トランジスタの両端を短絡することによって事前充電を実行してもよい。インダクタがエネルギーを蓄積し、(溶接プロセスの開始時点で)初期アーク点火機能を、または(ゼロ交差時点で)アーク再点火機能を、いつでもさらに迅速に実行できるよう、インダクタの事前充電が必要になる場合がある。

#### 【0051】

図5の電流スイッチング回路180は、AC溶接作業を提供し、溶接プロセスの極性反転中に電極Eと被加工物Wの間に溶接アークを回復するのに振幅が十分な電圧を溶接電源の溶接出力で誘起する。溶接出力端子191および192が図示しており、溶接ケーブル経路を介して電極Eおよび被加工物Wを接続してもよい、溶接電源の溶接出力を表す。

#### 【0052】

一実施形態によれば、インダクタ513および514はそれぞれ、約10~100ミリヘンリーの間のインダクタンス値を有し、定電流源515および516はそれぞれ、2アンペア~10アンペアの範囲の定電流を供給する。定電流源515および516は、たとえば、チョッパ・バック・レギュレータまたは簡略な電圧源および抵抗器を含む、いくつかの異なるタイプのうちの何れでもよい。電極と被加工物の間に十分高い電圧を誘起するようにインダクタをサイズ調整して、出力電流の切替え向き(極性反転/切替え)が原因でアークが消失した直後に、迅速かつ信頼性高くアークを再点火する。

#### 【0053】

ゼロ電流交差(極性反転/切替え)時には、アークが消滅し、アーク調整回路170の対応するインダクタからのエネルギーによって誘起される高電圧を使用して、逆極性でアークを回復する。各インダクタは、電流の流れを維持し、スナバ回路581によって設定された限界(たとえば400VDC)まで高電圧を誘起する。各インダクタは、各スイッチング・トランジスタの状態によって決定されるように(すなわち、何れかの向きからゼロ電流ポイントと交差するとき)、どちらの極性においても高電圧レベルを誘起する。

#### 【0054】

図6には、ブリッジ回路160および双極性アーク調整回路170を有する、図1の溶接電源100の一部分の第4の例示的な実施形態の概略図が示してある。電力変換回路110の一部分610も図6に示してあり、ここで電力変換回路110は、DC+出力(たとえば、チョッパ・ベースの回路)を提供する。図6の電流スイッチング回路180は、ほとんどあらゆる電源のトポロジに使用してもよいフルブリッジ・トポロジの形態であり、適応性、および既存設計の電源に追加する実現可能性を提供する。図6には、共用Hブリッジ・スイッチング・トポロジが示してあり、図2の構成の実装形態を上回る低い電流変動率および再点火性能を改善できる実装形態が得られる。

## 【 0 0 5 5 】

ブリッジ回路 1 6 0 は、スイッチング・トランジスタ 6 1 1、6 1 2、6 1 3、および 6 1 4 を備え、フル H ブリッジ構成を形成する。アーク調整回路 1 7 0 は、インダクタ 6 1 5、定電流源 6 1 6、ダイオード 6 1 7、および、場合によっては事前充電スイッチング・トランジスタ 6 1 8 を備える。一実施形態によれば、スイッチング・トランジスタは、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ ( I G B T ) である。しかし、他の実施形態によっては、他のタイプのスイッチング・トランジスタも使用してよい (たとえば金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ、すなわち M O S F E T )。ダイオード 6 8 2 およびキャパシタ 6 8 3 を有するアクティブ・スナバ回路 6 8 1 を使用し、電流スイッチング回路 1 8 0 の両端の電圧を (たとえば、3 0 0 V ~ 6 0 0 V の間のどこかに) 制限して、出力回路経路を通る出力電流を急速に減少させ、アーク再点火電圧を制限し、すなわち限度内にとどめるようにする。スイッチング・トランジスタ 6 1 1 ~ 6 1 4 の逆平行のダイオードが、スナバノ減少電流を運ぶ。アーク調整回路 1 7 0 の任意選択の事前充電スイッチング・トランジスタ 6 1 8 を使用して、インダクタ 6 1 5 にエネルギーを事前蓄積してもよい。事前充電トランジスタ 6 1 8 がオンのとき、インダクタからの電流が、この事前充電トランジスタを通して流れる。やはり、その代わりとして、スイッチング・トランジスタの両端を短絡することによって事前充電を実行してもよい。インダクタがエネルギーを蓄積し、(溶接プロセスの開始時点で) 初期アーク点火機能を、または (ゼロ交差時点で) アーク再点火機能を、いつでもさらに迅速に実行できるよう、インダクタの事前充電が必要になる場合がある。

10

20

## 【 0 0 5 6 】

図 6 の電流スイッチング回路 1 8 0 は、A C 溶接作業を提供し、溶接プロセスの極性反転中に電極 E と被加工物 W の間に溶接アークを回復するのに振幅が十分な電圧を溶接電源の溶接出力で誘起する。溶接出力端子 1 9 1 および 1 9 2 が図示しており、溶接ケーブル経路を介して電極 E および被加工物 W を接続してもよい、溶接電源の溶接出力を表す。

## 【 0 0 5 7 】

一実施形態によれば、インダクタ 6 1 5 は、約 1 0 ~ 1 0 0 ミリヘンリーの間のインダクタンス値を有し、定電流源 6 1 6 は、2 アンペア ~ 1 0 アンペアの範囲の定電流を供給する。定電流源 6 1 6 は、たとえば、チョップ・バック・レギュレータまたは簡略な電圧源および抵抗器を含む、いくつかの異なるタイプのうちの何れでもよい。電極と被加工物の間に十分高い電圧を誘起しながら相対的に安定した電流を生成するようにインダクタをサイズ調整して、出力電流の切替え向き (極性反転 / 切替え) が原因でアークが消失した直後に、迅速かつ信頼性高くアークを再点火する。

30

## 【 0 0 5 8 】

ゼロ電流交差 (極性反転 / 切替え) 時には、アークが消滅し、アーク調整回路 1 7 0 のインダクタからのエネルギーによって誘起される高電圧を使用して、逆極性でアークを回復する。インダクタは、電流の流れを維持し、スナバ回路 6 8 1 によって設定された限界 (たとえば 4 0 0 V D C ) まで高電圧を誘起する。インダクタは、各スイッチング・トランジスタの状態によって決定されるように (すなわち、何れかの向きからゼロ電流ポイントと交差するとき)、どちらの極性においても高電圧レベルを誘起する。

40

## 【 0 0 5 9 】

実施形態によっては、アーク調整回路は、エネルギーを蓄積し、追加サージとしてこの蓄積されたエネルギーを解放して、アークの再点火を容易にする。追加サージは、両方の向きでの極性遷移で実施してもよく、または、通常は回復するのが困難であった負から正への遷移など、極性遷移の一方の向きだけに限定してもよい。図 7 ~ 9 において、図 2 ~ 3 と共通のこれら構成要素は、以下の考察では同じ参照番号によって識別されるが、場合によっては、図 7 ~ 9 から省かれて、各図が明確になるように保つ。

## 【 0 0 6 0 】

図 7 A ~ 7 B には、任意選択の重畳キャパシタ 7 2 1 を使用することを含め、A C 溶接出力電流波形 (たとえば、簡略な矩形波形として表してある) を実現するときの、図 2 の

50

溶接電源の動作が示してある。図 7 A ~ 7 B に説明してある重畳キャパシタ 7 2 1 を含む  
アーク調整回路 1 7 0 は、各極性間の所定の不感時間中に重畳キャパシタを充電し、ブリ  
ッジ回路 1 6 0 が何れかの極性に戻ったときに、このエネルギーを負荷に解放する。以下  
に述べるように、溶接電源の動作中の出力電流 7 0 0 およびキャパシタ電圧 7 1 0 が示し  
てある。

#### 【 0 0 6 1 】

図 7 A ~ 7 B に示す負荷 2 3 0 は、電極 E と被加工物 W の間のアークの抵抗値およびイン  
ダクタンス、ならびに電極 E および被加工物 W を溶接電源に接続する溶接ケーブル経路  
(すなわち、溶接出力回路経路)を表す。しかし、電極 E、被加工物 W、および溶接ケー  
ブル経路は、溶接電源の一部ではない。

10

#### 【 0 0 6 2 】

図 7 A の上部を参照すると、溶接電源が生成する A C 波形 7 0 0 の正の電流部分(波形  
7 0 0 の黒い太線参照)では、電流は、主に電力変換回路 2 1 0 から、ブリッジ回路 1 6  
0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 1 を通り、(正の向きで)負荷 2 3 0 を通り、共通  
経路を通過して、電力変換回路 2 1 0 まで戻る(太い矢印参照)。また、アーク・レギュレ  
ータ回路 1 7 0 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5  
を通過して(インダクタにエネルギーを蓄積する)、ダイオード 2 1 7 を通り、ブリッジ回路  
1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 1 を通り、(正の向きで)負荷 2 3 0 を通り、  
アーク調整回路 1 7 0 のダイオード 2 1 9 およびスイッチング・トランジスタ 2 1 4 を通  
って、定電流源 2 1 6 まで戻る(細い矢印参照)。さらに、重畳キャパシタ 7 2 1 が放電  
して、追加電流を供給し、この電流は、ダイオード 2 1 7 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 の  
スイッチング・トランジスタ 2 1 1 を通り、(正の向きで)負荷を通過して、アーク調整回路  
1 7 0 のダイオード 2 1 9 およびスイッチング・トランジスタ 2 1 4 を通過して、重畳キャ  
パシタ 7 2 1 まで戻る(破線矢印参照)。重畳キャパシタ 7 2 1 の放電によって、出力電  
流遷移として出力電流に初期サージが正の向きに生じて、アークを確立または回復する。  
キャパシタは、パルスに先行する不感時間から既に充電されている。回復中、キャパシタ  
に蓄積された電圧によって、2 1 0 の正の整流器が逆バイアスされる。したがって、アーク  
への電流がキャパシタから流れ、残ったエネルギーが、低電流バックグラウンド回路の  
インダクタ 2 1 5 に蓄積される。重畳キャパシタによって初期サージ(アークのインピー  
ダンスによってのみ制限される)がもたらされ、これが、図 7 A の波形図に示してある。  
キャパシタの電圧が電源 2 1 0 の最大出力電圧を下回って低下すると、正の整流器が再び  
順バイアスされ、電源がアーク電流を再び供給することができる。

20

30

#### 【 0 0 6 3 】

図 7 A の下部を参照すると、A C 波形 7 0 0 の正の電流減少部分(波形 7 0 0 の黒い太  
線参照)では、負荷 2 3 0 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。  
電流は、負荷 2 3 0 から、(フリーホイーリングのように)電力変換回路 2 1 0 を通り、  
アクティブ・スナバ回路 1 8 1 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トラン  
ジスタ 2 1 2 の逆平行ダイオードを通過して流れ、(正の向きで(太い矢印参照))負荷 2  
3 0 に戻った後、完全に減少する。また、アーク・レギュレータ回路 1 7 0 が供給する変  
動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5 を通過して、重畳キャパシタ 7 2  
1 を通過して(キャパシタを充電する)、定電流源 2 1 6 まで戻る(破線矢印参照)。エネ  
ルギーは、インダクタ 2 1 5 に既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最  
大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける(キャパシタにそのエネルギーを供給  
している間ずっと減少している)のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 2 3 0 を  
通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 1 7 0 からの電流は  
流れを保持して、極性変更の不感時間中に重畳キャパシタ 7 2 1 を充電する。極性変更中  
の不感時間を調節して、重畳キャパシタに所望の充電を実施してもよい。

40

#### 【 0 0 6 4 】

電流が減少している間に、ブリッジ回路 1 6 0 が極性を変更する。負荷を通る電流がゼロ  
に向けて降下するとき、アークが消失し、重畳キャパシタを有するアーク調整回路が、

50



負荷の両端に高電圧を印加して、逆極性でアークを再点火する。

【 0 0 6 5 】

図 7 B の上部を参照すると、A C 波形 7 0 0 の極性遷移部分（波形 7 0 0 の黒い太線参照）では、電力変換回路 2 1 0 によって供給される電流がほとんどない。電極 E と被加工物 W の間のアークは、短時間で消失する。しかし、インダクタ 2 1 5 に蓄積されたエネルギーと、重畳キャパシタ 7 2 1 に蓄積されたエネルギーとを結合して、電極 E と被加工物 W の間にアーク点火電圧を誘起する。再点火が起きると、重畳キャパシタに蓄積されたエネルギーがアークに供給されて、低インピーダンスのプラズマを生成する。アーク電圧が電源 2 1 0 の最大出力電圧を下回って降下すると、負の整流器が再び順バイアスされ、電源がアーク電流を再び供給することができる。電力変換回路からの電流は、負荷を通して逆向きに再び流れ始めることができる。アーク調整回路がない場合、電力変換回路がアークを回復しようとするはずである。しかし、電力変換回路が供給する電圧は、通常（たとえば 1 0 0 V D C に）制限されるので、アークの回復が起きないことがある。アーク調整回路 1 7 0 のインダクタ 2 1 5 および重畳キャパシタ 7 2 1 からのエネルギーが解放されると、電流は、インダクタ 2 1 5 および重畳キャパシタ 7 2 1 から、スイッチング・トランジスタ 2 1 3 を通り、ダイオード 2 1 8 を通り、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通り、ダイオード 2 2 0 を通り、キャパシタ 7 2 1 に戻り、定電流源 2 1 6 を通って、インダクタ 2 1 5 まで戻る（矢印参照）。重畳キャパシタ 7 2 1 の放電によって、出力電流遷移として出力電流に初期サージが負の向きに生じて、アークを確立または回復する。その結果、電極 E と被加工物 W の間のアークが、負の向きで迅速に再点火し、電源が電流を供給するのに十分低い電圧レベルに落ち着く。

【 0 0 6 6 】

やはり図 7 B の上部を参照すると、溶接電源が生成する A C 波形 7 0 0 の負の電流部分（波形 7 0 0 の黒い太線参照）では、電流は、主に電力変換回路 2 1 0 から、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通って、電力変換回路 2 1 0 まで戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 1 7 0 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5 を通り（インダクタにエネルギーを蓄積する）、スイッチング・トランジスタ 2 1 3 を通り、ダイオード 2 1 8 を通り、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通り、アーク調整回路 1 7 0 のダイオード 2 2 0 を通って、定電流源 2 1 6 まで戻る（細い矢印参照）。さらに、重畳キャパシタ 7 2 1 が放電して、追加電流を供給し、この電流は、スイッチング・トランジスタ 2 1 3 を通り、ダイオード 2 1 8 を通り、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通り、アーク調整回路 1 7 0 のダイオード 2 2 0 を通って、重畳キャパシタ 7 2 1 まで戻り（破線矢印参照）、キャパシタ内のエネルギーがなくなる（放電する）まで、半波の初期部分の間に発生する。

【 0 0 6 7 】

図 7 B の下部を参照すると、A C 波形 7 0 0 の負の電流減少部分（波形 7 0 0 の黒い太線参照）では、負荷 2 3 0 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 2 3 0 から、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 1 の逆平行ダイオードを通り、アクティブ・スナバ回路 1 8 1 を通り、（フリーホイーリングのように）電力変換回路 2 1 0 を通って、負荷 2 3 0 に戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 1 7 0 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5 を通り、重畳キャパシタ 7 2 1 を通って（キャパシタを充電する）、定電流源 2 1 6 まで戻る（破線矢印参照）。エネルギーは、インダクタ 2 1 5 に既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける（キャパシタにそのエネルギーを供給している間ずっと減少している）のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 2 3 0 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 1 7 0 からの電流は流れを保持して、極性変更の不感時間中に

重畳キャパシタ 721 を充電する。極性変更中の不感時間を調節して、重畳キャパシタに適切な充電を実施してもよい。

【0068】

図 7 A について前述した通り、波形 700 の正の部分に遷移して戻ると（すなわち、波形が繰り返される）、インダクタ 215 および重畳キャパシタ 721 は両方とも、負荷を通し（ただし正の向きで）、ダイオード 217、スイッチング・トランジスタ 211、ダイオード 219、スイッチング・トランジスタ 214、および定電流源 216 を介して蓄積エネルギーを解放することになり、したがって、電極 E と被加工物 W の間のアークが、正の向きで迅速に再点火できるようになる。規定の不感時間の後、インダクタと重畳キャパシタの両方に蓄積されたエネルギーを解放することによって、アーク調整回路 170 は、良好に調整された低い値の電流を、電源によって供給された溶接出力電流に絶えず加算して、電力変換回路が供給する電流がゼロに向けて減少するときにアークを安定化させ、ただちに逆極性でアークを再点火する。

【0069】

図 8 A ~ 8 B には、ダイオード 217 のカソードに接続された重畳キャパシタ 821 を使用することを含め、AC 溶接出力電流波形（たとえば、簡略な矩形波形として表してある）を実現するときの溶接電源の別の実施形態の動作が示してある。図 8 A ~ 8 B に示してある重畳キャパシタ 821 を含むアーク調整回路 170 は、各極性間の所定の不感時間中に重畳キャパシタを充電し、負から正に遷移する際にこのエネルギーを負荷に解放するが、これは従来より回復するのが最も困難であった。サイクル毎に 2 度充電し、一度放電することで、負から正に遷移する際にアークを再点火するのに利用可能な蓄積エネルギーを増大させながら、サイクル毎に必要とされる不感時間を減らして重畳キャパシタを充電してもよい。以下に述べるように、溶接電源の動作中の出力電流 800 およびキャパシタ電圧 810 が示してある。

【0070】

図 8 A ~ 8 B に示す負荷 230 は、電極 E と被加工物 W の間のアークの抵抗値およびインダクタンス、ならびに電極 E および被加工物 W を溶接電源に接続する溶接ケーブル経路（すなわち、溶接出力回路経路）を表す。しかし、電極 E、被加工物 W、および溶接ケーブル経路は、溶接電源の一部ではない。

【0071】

図 8 A の上部を参照すると、溶接電源が生成する AC 波形 800 の正の電流部分（波形 800 の黒い太線参照）では、電流は、主に電力変換回路 210 から、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 を通り、（正の向きで）負荷 230 を通り、共通経路を通過して、電力変換回路 210 まで戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り（インダクタにエネルギーを蓄積する）、ダイオード 217 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 を通り、（正の向きで）負荷 230 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 219 およびスイッチング・トランジスタ 214 を通って、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。さらに、重畳キャパシタ 821 が放電して、追加電流を正のパスに供給し、この電流は、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 を通り、（正の向きで）負荷を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 219 およびスイッチング・トランジスタ 214 を通って、重畳キャパシタ 821 まで戻る（破線矢印参照）。重畳キャパシタ 821 の放電によって、出力電流遷移として出力電流 800 に初期サージが正の向きに生じて、アークを確立または回復する。キャパシタは、パルスに先行する不感時間から既に充電されている。回復中、キャパシタに蓄積された電圧によって、210 の正の整流器が逆バイアスされる。したがって、アークへの電流がキャパシタから流れ、残ったエネルギーが、低電流バックグラウンド回路のインダクタ 215 に蓄積される。重畳キャパシタによって初期サージ（アークのインピーダンスによってのみ制限される）がもたらされ、これが、図 8 A の波形図に示してある。キャパシタの電圧が電源 210 の最大出力電圧を下回って低下すると、正の整流器が再び順バイア

スされ、電源がアーク電流を再び供給することができる。

【 0 0 7 2 】

図 8 A の下部を参照すると、A C 波形 8 0 0 の正の電流減少部分（波形 8 0 0 の黒い太線参照）では、負荷 2 3 0 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 2 3 0 から、（フリーホイーリングのように）電力変換回路 2 1 0 を通り、アクティブ・スナバ回路 1 8 1 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 の逆平行ダイオードを流れて、（正の向きで（太い矢印参照））負荷 2 3 0 に戻った後、完全に減少する。また、アーク・レギュレータ回路 1 7 0 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5 を通り、ダイオード 2 1 7 を通り、重畳キャパシタ 8 2 1 を通って（キャパシタを充電する）、定電流源 2 1 6 まで戻る（破線矢印参照）。エネルギーは、インダクタ 2 1 5 に既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける（キャパシタにそのエネルギーを供給している間ずっと減少している）のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 2 3 0 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 1 7 0 からの電流は流れを保持して、極性変更の不感時間中に重畳キャパシタ 8 2 1 を充電する。極性変更中の不感時間を調節して、重畳キャパシタに所望の充電を実施してもよい。

10

【 0 0 7 3 】

電流が減少している間に、ブリッジ回路 1 6 0 が極性を変更する。負荷を通る電流がゼロに向けて降下するとき、アークが消失し、アーク調整回路のインダクタが、負荷の両端に高電圧を印加して、逆極性でアークを再点火する。

20

【 0 0 7 4 】

図 8 B の上部を参照すると、A C 波形 8 0 0 の極性遷移部分（波形 8 0 0 の黒い太線参照）では、電力変換回路 2 1 0 によって供給される電流がほとんどない。電極 E と被加工物 W の間のアークは、短時間で消失する。しかし、インダクタ 2 1 5 に蓄積されたエネルギーが、電極 E と被加工物 W の間にアーク点火電圧を誘起する。電力変換回路からの電流は、負荷を通して逆向きに再び流れ始めることができる。アークでのアンダーシュートは、インダクタによって制限される。アーク電流の全てがインダクタを流れていくわけではないので、オーバーシュートはインダクタによって制限されない。アーク調整回路がない場合、電力変換回路がアークを回復しようとするはずである。しかし、電力変換回路が供給する電圧は、通常（たとえば 1 0 0 V D C に）制限されるので、アークの回復が起きないことがある。アーク調整回路 1 7 0 のインダクタ 2 1 5 からのエネルギーが解放されると、電流は、インダクタ 2 1 5 から、スイッチング・トランジスタ 2 1 3 を通り、ダイオード 2 1 8 を通り、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通り、ダイオード 2 2 0 を通り、定電流源 2 1 6 を通って、インダクタ 2 1 5 まで戻る（矢印参照）。その結果、電極 E と被加工物 W の間のアークが、負の向きで迅速に再点火し、電源が電流を供給するのに十分低い電圧レベルに落ち着く。ダイオード 2 1 7 のカソードに接続された重畳キャパシタ 8 2 1 は、出力電流遷移として負の向きに放電して、アークを確立または回復することではなく、それにより、重畳キャパシタ 8 2 1 は、極性遷移中の不感時間において蓄積されたエネルギーを保持することができるようになる。

30

40

【 0 0 7 5 】

やはり図 8 B の上部を参照すると、溶接電源が生成する A C 波形 8 0 0 の負の電流部分（波形 8 0 0 の黒い太線参照）では、電流は、主に電力変換回路 2 1 0 から、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通って、電力変換回路 2 1 0 まで戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 1 7 0 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 2 1 6 から、インダクタ 2 1 5 を通り（インダクタにエネルギーを蓄積する）、スイッチング・トランジスタ 2 1 3 を通り、ダイオード 2 1 8 を通り、（負の向きで）負荷 2 3 0 を通り、ブリッジ回路 1 6 0 のスイッチング・トランジスタ 2 1 2 を通り、アーク調整回路 1 7 0 のダイオード 2 2 0 を通って、定

50

電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。重畳キャパシタ 821 は、AC 波形 800 の負の電流部分では放電せず、キャパシタ電圧波形 810 によって図示したように蓄積されたエネルギーを保持する。

【0076】

図 8 B の下部を参照すると、AC 波形 800 の負の電流減少部分（波形 800 の黒い太線参照）では、負荷 230 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 230 から、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 の逆平行ダイオードを通り、アクティブ・スナバ回路 181 を通り、（フリーホイーリングのように）電力変換回路 210 を通って、負荷 230 に戻る（太い矢印参照）。また、

10

アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り、ダイオード 217 を通り、重畳キャパシタ 821 を通って（キャパシタを充電する）、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。エネルギーは、インダクタに既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける（キャパシタにそのエネルギーを供給している間ずっと減少している）のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 230 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 170 からの電流は流れを保持して、極性変更の不感時間中に重畳キャパシタ 821 を充電する。極性変更中の不感時間を調節して、重畳キャパシタに適切な充電を実施してもよい。

【0077】

図 8 A について前述した通り、波形 800 の正の部分に遷移して戻ると（すなわち、波形が繰り返される）、インダクタ 215 および重畳キャパシタ 821 は、負荷を通して（ただし正の向きで）蓄積エネルギーを解放することになり、したがって、電極 E と被加工物 W の間のアークが、正の向きで迅速に再点火できるようになる。アーク調整回路 170 は、良好に調整された低い値の電流を、電源によって供給された溶接出力電流に絶えず加算して、電力変換回路が供給する電流がゼロに向けて減少するときにアークを安定化させ、ただちに逆極性でアークを再点火する。

【0078】

図 9 A ~ 9 C には、スイッチング・トランジスタ 922 を介した重畳キャパシタ 921 の独立放電制御向けに構成された、AC 溶接出力電流波形（たとえば、簡略な矩形波形として表してある）を実現するときの溶接電源の別の実施形態の動作が示してある。図 9 A ~ 9 C に示してある重畳キャパシタ 921 を含むアーク調整回路 170 は、各極性間の所定の不感時間中に重畳キャパシタを充電し、負から正に遷移する際にこのエネルギーを負荷に解放するが、これは従来より回復するのが最も困難であった。サイクル毎に 2 度充電し、一度放電することで、負から正に遷移する際にアークを再点火するのに利用可能な蓄積エネルギーを増大させながら、サイクル毎に必要とされる不感時間を減らして重畳キャパシタを充電してもよい。独立放電制御スイッチング・トランジスタ 922 をオンにして、負から正に遷移する際に重畳キャパシタ 921 を放電し、図 8 A ~ 8 B に示すキャパシタ 821 を通る意図しないフリーホイーリング経路をなくす。以下に述べるように、溶接電源の動作中の出力電流 900 およびキャパシタ電圧 910 が示してある。

【0079】

図 9 A ~ 9 C に示す負荷 230 は、電極 E と被加工物 W の間のアークの抵抗値およびインダクタンス、ならびに電極 E および被加工物 W を溶接電源に接続する溶接ケーブル経路（すなわち、溶接出力回路経路）を表す。しかし、電極 E、被加工物 W、および溶接ケーブル経路は、溶接電源の一部ではない。

【0080】

図 9 A の上部を参照すると、溶接電源が生成する AC 波形 900 の正の電流部分（波形 900 の黒い太線参照）では、電流は、主に電力変換回路 210 から、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 を通り、（正の向きで）負荷 230 を通り、共通経路を通じて、電力変換回路 210 まで戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215

10

20

30

40

50

を通り（インダクタにエネルギーを蓄積する）、ダイオード 217 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 を通り、（正の向きで）負荷 230 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 219 およびスイッチング・トランジスタ 214 を通って、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。独立放電制御スイッチング・トランジスタ 922 は、重畳キャパシタ 921 が正の電流部分において放電するのを防止し、重畳キャパシタ 921 は、キャパシタ電圧波形 910 に示したアーク電圧まで充電する。

#### 【0081】

図 9 A の下部を参照すると、AC 波形 900 の正の電流減少部分（波形 900 の黒い太線参照）では、負荷 230 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 230 から、（フリーホイーリングのように）電力変換回路 210 を通り、アクティブ・スナバ回路 181 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 の逆平行ダイオードを通して流れ、（正の向きで（太い矢印参照））負荷 230 に戻った後、完全に減少する。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り、ダイオード 923 を通り、重畳キャパシタ 921 を通って（キャパシタを充電する）、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。エネルギーは、インダクタに既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける（キャパシタにそのエネルギーを供給している間ずっと減少している）のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 230 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 170 からの電流は流れを保持して、極性変更の不感時間中に重畳キャパシタ 921 を充電する。極性変更中の不感時間を調節して、重畳キャパシタに所望の充電を実施してもよい。

#### 【0082】

電流が減少している間に、ブリッジ回路 160 が極性を変更する。負荷を通る電流がゼロに向けて低下するとき、アークが消失し、アーク調整回路が、負荷の両端に高電圧を印加して、逆極性でアークを再点火する。

#### 【0083】

図 9 B の上部を参照すると、AC 波形 900 の極性遷移部分（波形 900 の黒い太線参照）では、電力変換回路 210 によって供給される電流がほとんどない。電極 E と被加工物 W の間のアークは、短時間で消失する。しかし、インダクタ 215 に蓄積されたエネルギーが、電極 E と被加工物 W の間にアーク点火電圧を誘起する。電力変換回路からの電流は、負荷を通して逆向きに再び流れ始めることができる。アークでのアンダーシュートは、インダクタによって制限される。アーク電流の全てがインダクタを通して流れるわけではないので、オーバーシュートはインダクタによって制限されない。アーク調整回路がない場合、電力変換回路がアークを回復しようとするはずである。しかし、電力変換回路が供給する電圧は、通常（たとえば 100 VDC に）制限されるので、アークの回復が起きないことがある。アーク調整回路 170 のインダクタ 215 からのエネルギーが解放されると、電流は、インダクタ 215 から、スイッチング・トランジスタ 213 を通り、ダイオード 218 を通り、（負の向きで）負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通り、ダイオード 220 を通り、定電流源 216 を通って、インダクタ 215 まで戻る（矢印参照）。その結果、電極 E と被加工物 W の間のアークが、負の向きで迅速に再点火し、電源が電流を供給するのに十分低い電圧レベルに落ち着く。独立放電制御スイッチング・トランジスタ 922 は、出力電流遷移として負の向きに重畳キャパシタ 921 が放電するのを防止し、それにより、重畳キャパシタ 921 が、前の極性遷移中の不感時間、および波形 900 の正の電流部分において蓄積されたエネルギーを保持することができるようになる。

#### 【0084】

やはり図 9 B の上部を参照すると、溶接電源が生成する AC 波形 900 の負の電流部分（波形 900 の黒い太線参照）では、電流は、主に電力変換回路 210 から、（負の向きで）負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通っ

10

20

30

40

50

て、電力変換回路 210 まで戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り（インダクタにエネルギーを蓄積する）、スイッチング・トランジスタ 213 を通り、ダイオード 218 を通り、（負の向きで）負荷 230 を通り、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 212 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 220 を通って、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。重畳キャパシタ 921 は、AC 波形 900 の負の電流部分では放電せず、キャパシタ電圧波形 910 によって図示したように蓄積されたエネルギーを保持する。

#### 【0085】

図 9B の下部を参照すると、AC 波形 900 の負の電流減少部分（波形 900 の黒い太線参照）では、負荷 230 が実質的に電源の役割を果たし、電流の流れを保持しようとする。電流は、負荷 230 から、ブリッジ回路 160 のスイッチング・トランジスタ 211 の逆平行ダイオードを通り、アクティブ・スナバ回路 181 を通り、（フリーホイーリングのように）電力変換回路 210 を通って、負荷 230 に戻る（太い矢印参照）。また、アーク・レギュレータ回路 170 が供給する変動率の低い電流は、定電流源 216 から、インダクタ 215 を通り、ダイオード 923 を通り、重畳キャパシタ 921 を通って（キャパシタを充電する）、定電流源 216 まで戻る（細い矢印参照）。エネルギーは、インダクタに既に蓄積されている。重畳キャパシタの電圧が電流源の最大供給電圧を超えると、キャパシタを充電し続ける（キャパシタにそのエネルギーを供給している間ずっと減少している）のは、インダクタ内のエネルギーである。負荷 230 を通る電流が完全に減少しても、前述の通りアーク・レギュレータ回路 170 からの電流は流れを保持して、極性変更の不感時間中に重畳キャパシタ 921 を充電する。極性変更中の不感時間を調節して、重畳キャパシタに適切な充電を実施してもよい。

#### 【0086】

図 9C を参照すると、波形 900 の正の部分に遷移して戻ると（すなわち、波形が繰り返される）、インダクタ 215 は、負荷を通して（ただし正の向きで）蓄積エネルギーを解放することになり、したがって、図 9A に示したように、電極 E と被加工物 W の間のアークが、正の向きで迅速に再点火できるようになる。さらに、重畳キャパシタ 921 が放電し、この電流は、スイッチング・トランジスタ 922 を通り、（正の向きで）負荷 230 を通り、アーク調整回路 170 のダイオード 219 およびスイッチング・トランジスタ 214 を通って、重畳キャパシタ 921 まで戻る（破線矢印参照）。重畳キャパシタ 921 は、エネルギーの追加サージをもたらして、正の向きでアークを確立または回復するのに役立つ。アークが確立すると、スイッチング・トランジスタ 922 がオフになって、重畳キャパシタ 921 の放電を中止し、前述の通りプロセスが繰り返される。このようにして、アーク調整回路 170 は、良好に調整された低い値の電流を、電源によって供給された溶接出力電流に絶えず加算して、電力変換回路が供給する電流がゼロに向けて減少するときにアークを安定化させ、ただちに逆極性でアークを再点火する。

#### 【0087】

要約すれば、AC アーク溶接プロセス用の低い電流変動率をもたらして、アーク溶接性能を調整するシステムおよび方法が開示されている。アーク溶接電源の実施形態では、ブリッジ回路およびアーク調整回路の構成により、溶接出力回路経路を通る溶接出力電流の方向切替えが可能になり、出力電流の極性遷移中にアークを再点火するのに十分な電圧が、溶接出力回路経路の電極と被加工物の間に誘起される。アーク調整回路は、両方の極性で、エネルギーを蓄積するための高インダクタンス・レベルをもたらし、これにより、出力電流のゼロ交差中にアークを再点火するための電圧レベルが誘起され、アーク電流の最低レベルでの安定化がもたらされる。

#### 【0088】

添付の特許請求の範囲では、用語「including」および「having」は、用語「comprising」の平易な言語での等価表現として使用され、用語「in which」は「wherein」と同等である。さらに、添付の特許請求の範囲では、

10

20

30

40

50

用語「第1」、「第2」、「第3」、「上部」、「下部」、「底部」、「頂部」などは、単にラベルとして使用されており、その対象への数値的または位置的な要求事項を課すものではない。さらに、添付の特許請求の範囲の制限事項は、ミーンズ・プラス・ファンクション形式では書かれておらず、こうした請求項の制限事項が、語句「means for」と、それに続いて、さらなる構造を欠いた機能の記述とを明示的に使用しないなら、米国特許法第112条の第6パラグラフに基づいて解釈されるものではない。本明細書では、単数形で説明され、単語「a」または「an」が前置される要素またはステップは、明瞭に排除すると説明されていない限り、複数の前記要素またはステップを排除しないものと理解すべきである。さらに、本発明の「一実施形態」に言及していても、同様に説明した特徴を組み込む追加の実施形態の存在を排除するものと解釈することを意図しない。さらに、明示的にそうではないと述べていない場合は、特定の特徴を有する1つまたは複数の要素を「comprising」、「including」、または「having」する実施形態は、そうした特徴をもたない追加のこのような要素を含んでもよい。さらに、ある種の実施形態は、同様のまたは類似の要素を有するものとして示してもよいが、これは、単に例示する目的のためであり、特許請求の範囲で指定されない場合、このような実施形態は必ずしも同じ要素を有する必要はない。

10

#### 【0089】

本明細書では、用語「may」および「may be」は、1組の環境内で発生する可能性、指定された特徴を有すること、特性もしくは機能を示し、かつ/または修飾される動詞に関連する能力、機能、もしくは可能性のうちの1つもしくは複数を表すことによって、この別の動詞を修飾する。したがって、「may」および「may be」を使用することは、修飾される用語が、明白に適切であり、能力があり、または示された能力、機能、もしくは使用に適していることを示すが、環境によっては、修飾される用語が適切でなく、能力がなく、もしくは適していない場合もあることを考慮に入れる。たとえば、環境によっては、ある事象または能力を期待することができるが、環境によっては、この事象または能力が生じない場合もあり、この違いが、用語「may」および「may be」によって取り込まれる。

20

#### 【0090】

この記載された説明では、最良の形態を含め、本発明を開示するためのいくつかの例を使用し、また、任意の装置またはシステムを作製して使用し、組み込まれた任意の方法を実行するステップを含め、当業者が本発明を実施できるようにするためのいくつかの例を使用する。本発明の特許性のある範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が思いつく他の例を含んでもよい。このような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有する場合、または特許請求の範囲の文言との差が重要でない等価な構造要素を含む場合には、特許請求の範囲に記載の範囲に存在するものである。

30

#### 【0091】

ある一定の実施形態を参照して本出願の特許請求される主題を説明してきたが、この特許請求される主題の範囲から逸脱することなく、様々な変更を加えてもよく、また均等物で代用してもよいことが当業者には理解されよう。さらに、多くの修正を加えて、特許請求される主題の範囲から逸脱することなく、特定の状況または材料をその特許請求される主題の教示に適合させてもよい。したがって、特許請求される主題は、開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求される主題が、添付特許請求の範囲に記載の範囲に含まれる全ての実施形態を含むものである。

40

#### 【符号の説明】

#### 【0092】

- 100 溶接電源
- 110 回路
- 120 発生器
- 130 制御装置
- 140 帰還回路

50

1 5 0	帰還回路	
1 6 0	ブリッジ回路	
1 7 0	調整回路	
1 8 0	スイッチング回路	
1 8 1	スナバ回路	
1 8 2	ダイオード	
1 8 3	キャパシタ	
1 9 1	端子	
1 9 2	端子	
2 1 0	部分	10
2 1 1	トランジスタ	
2 1 2	トランジスタ	
2 1 3	トランジスタ	
2 1 4	トランジスタ	
2 1 5	インダクタ	
2 1 6	源	
2 1 7	ダイオード	
2 1 8	ダイオード	
2 1 9	ダイオード	
2 2 0	ダイオード	20
2 2 1	キャパシタ	
2 3 0	負荷	
3 0 0	波形	
4 1 1	トランジスタ	
4 1 2	トランジスタ	
4 1 3	トランジスタ	
4 1 4	トランジスタ	
4 1 5	トランジスタ	
4 1 6	トランジスタ	
4 1 7	インダクタ	30
4 1 8	源	
4 1 9	ダイオード	
4 2 0	トランジスタ	
4 8 1	スナバ回路	
4 8 2	ダイオード	
4 8 3	キャパシタ	
5 1 1	トランジスタ	
5 1 2	トランジスタ	
5 1 3	インダクタ	
5 1 4	インダクタ	40
5 1 5	源	
5 1 6	源	
5 1 7	ダイオード	
5 1 8	トランジスタ	
5 1 9	ダイオード	
5 8 1	スナバ回路	
5 8 2	ダイオード	
6 1 1	トランジスタ	
6 1 2	トランジスタ	
6 1 3	トランジスタ	50

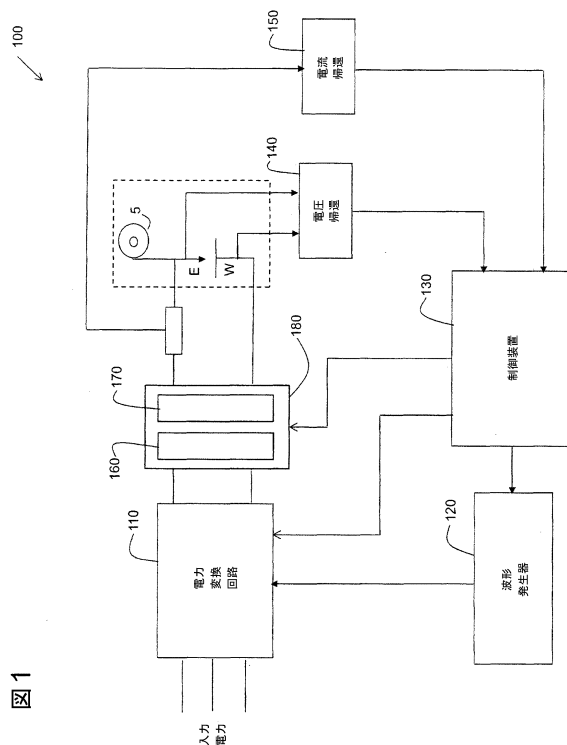


6 1 4	トランジスタ
6 1 5	インダクタ
6 1 6	源
6 1 7	ダイオード
6 1 8	トランジスタ
6 8 1	スナバ回路
6 8 2	ダイオード
6 8 3	キャパシタ
7 0 0	電流
7 1 0	電圧
7 2 1	キャパシタ
8 0 0	電流
8 1 0	電圧
8 2 1	キャパシタ
9 0 0	電流
9 1 0	電圧
9 2 1	キャパシタ
9 2 2	トランジスタ
9 2 3	ダイオード
E	電極
W	被加工物

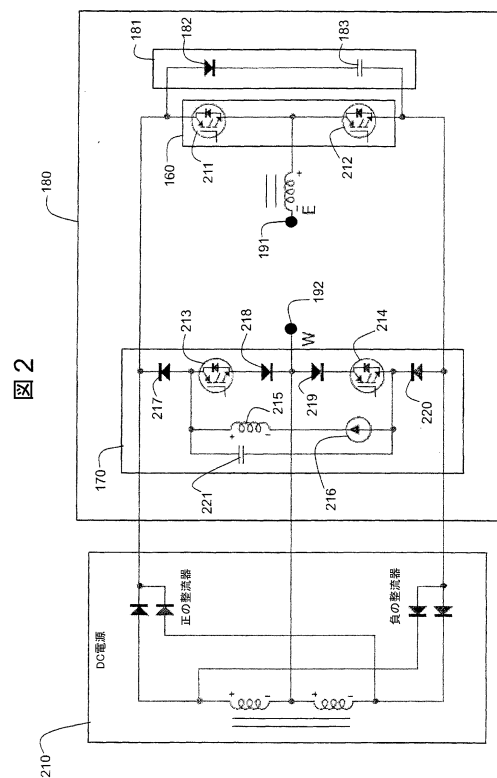
10

20

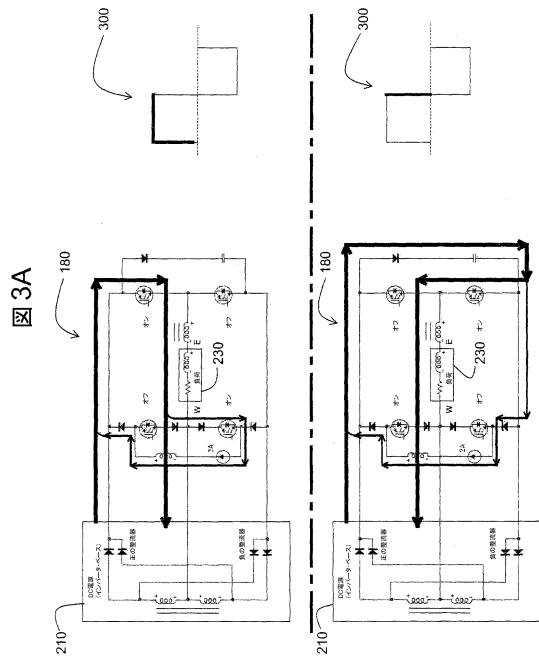
【 図 1 】



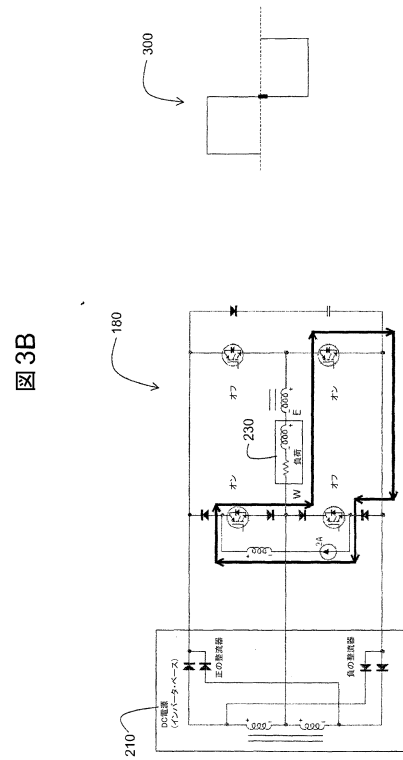
【 図 2 】



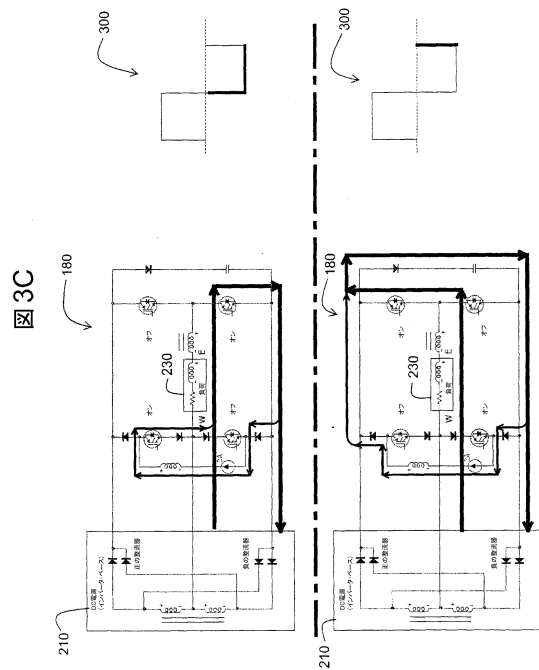
【図 3 A】



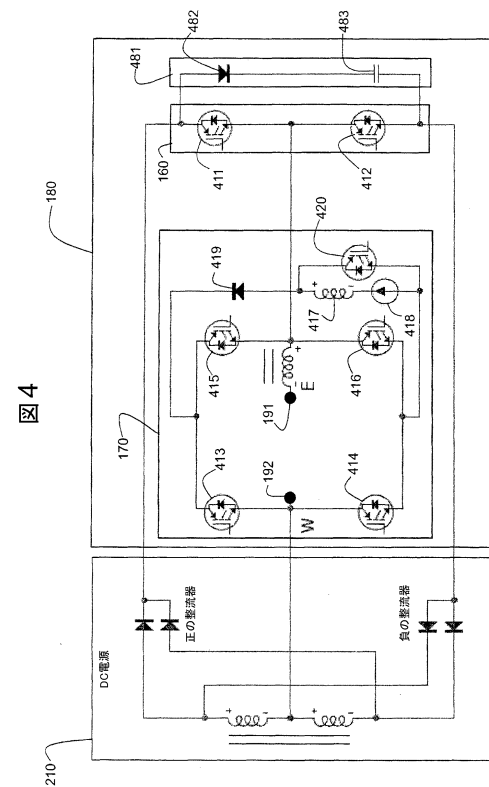
【図 3 B】



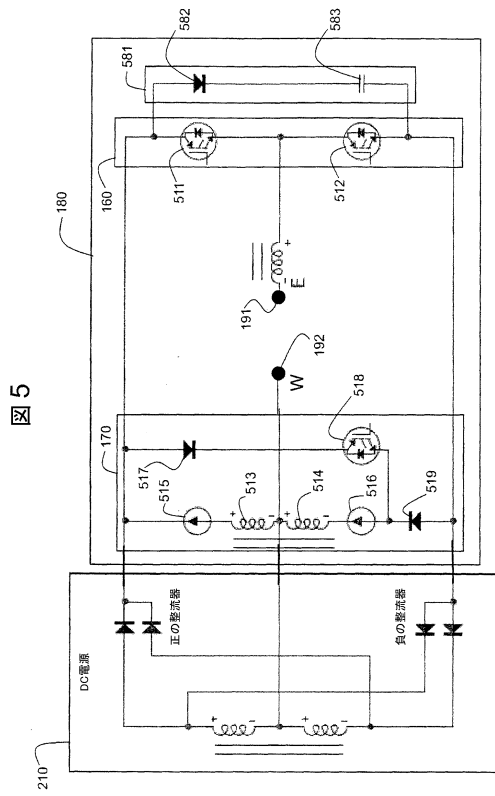
【図 3 C】



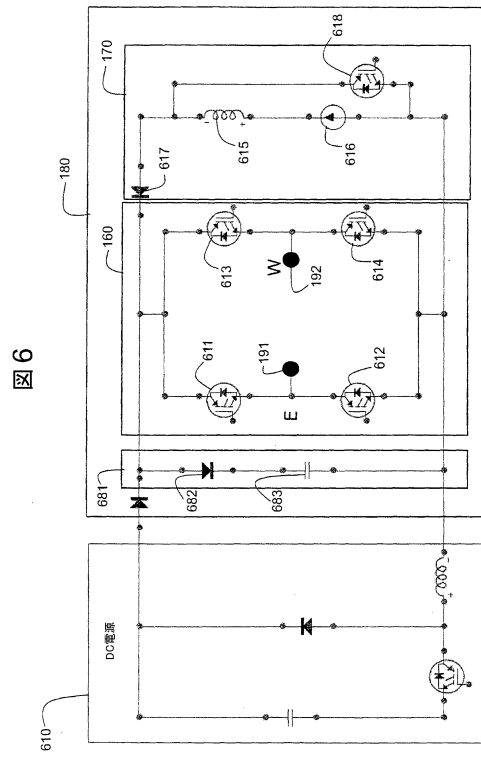
【図 4】



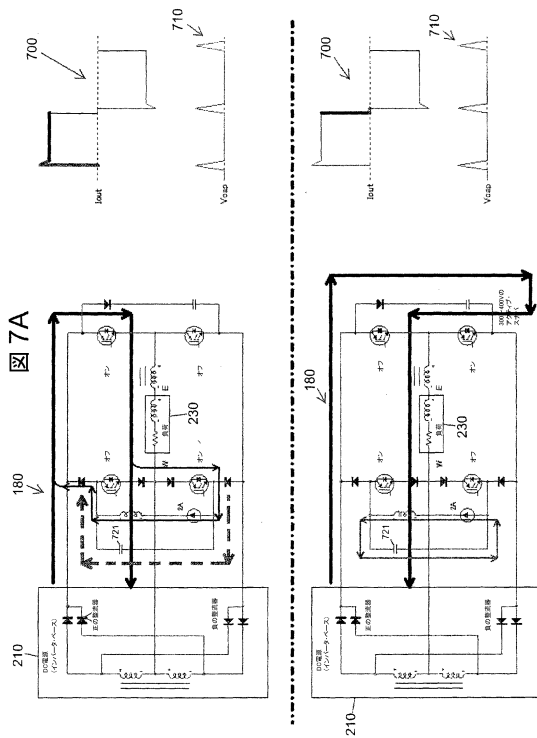
【図 5】



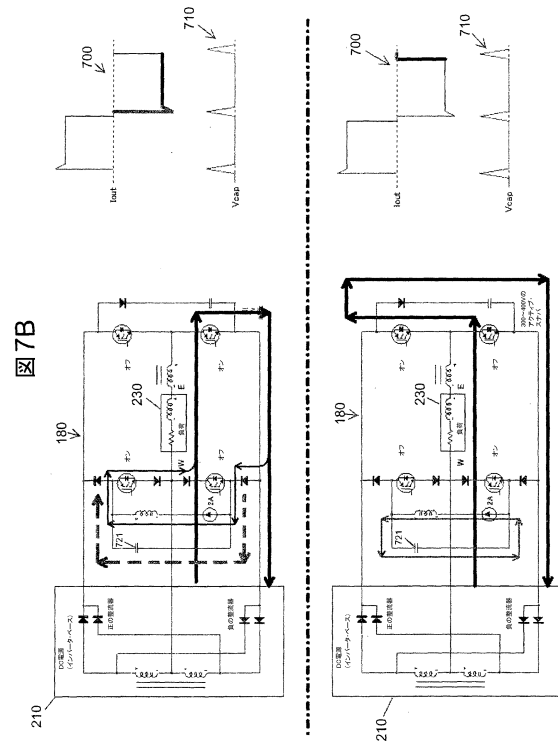
【図 6】



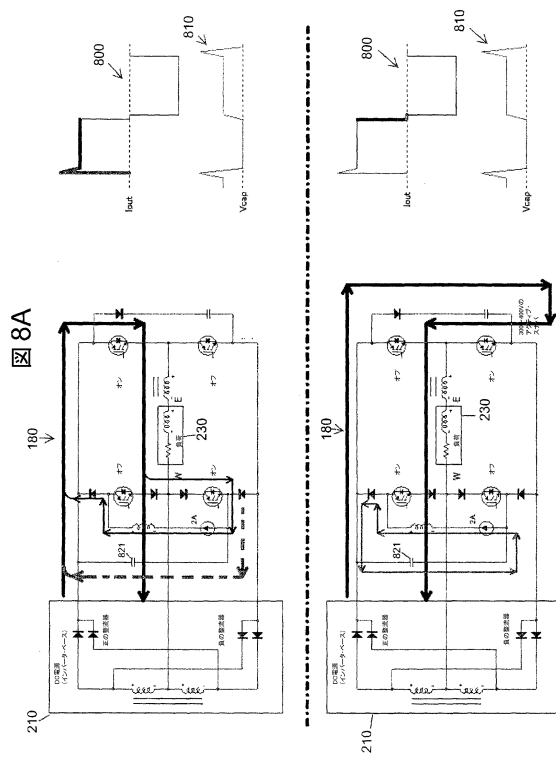
【図 7 A】



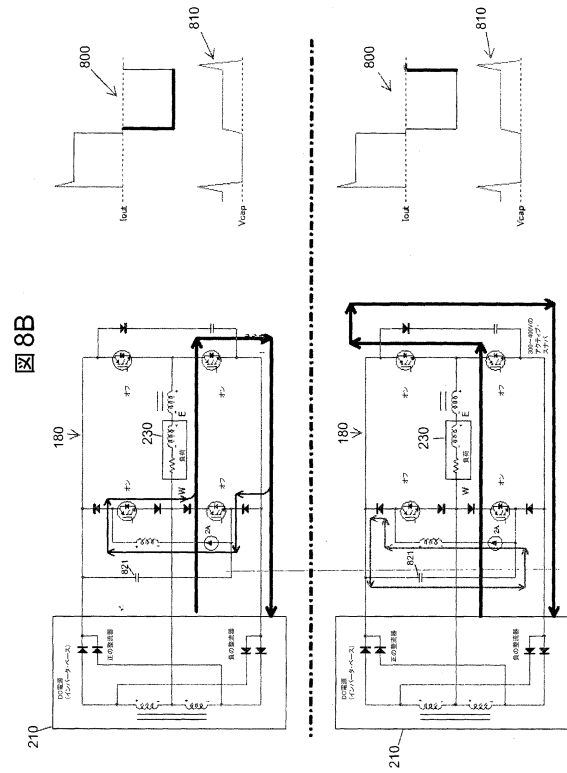
【図 7 B】



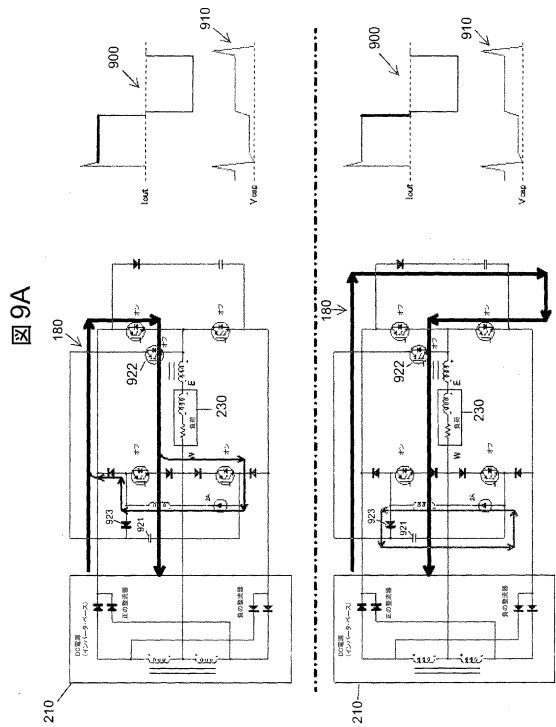
【図 8 A】



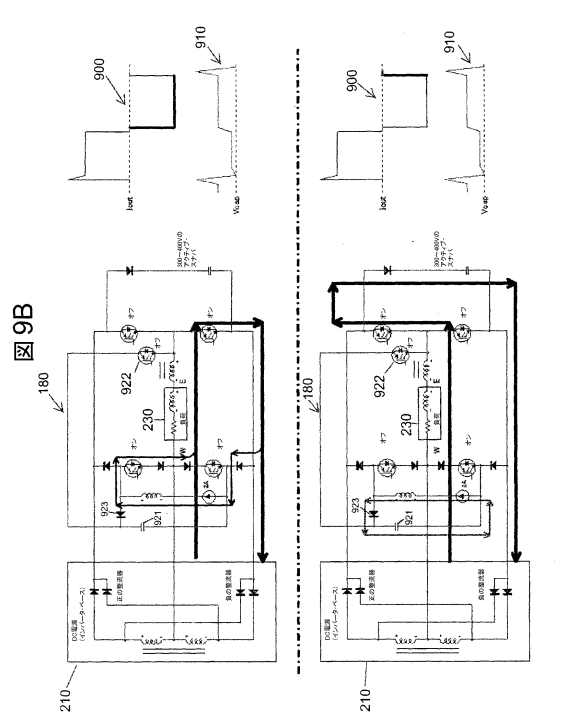
【図 8 B】



【図 9 A】



【図 9 B】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 コブリブナク, ジョージ, ビー .  
アメリカ合衆国 オハイオ州 44077, ペインズヴィル, カートストーンテラス 1866
- (72)発明者 ダッジ, ロバート, エル .  
アメリカ合衆国 オハイオ州 44060, メンター, ミドルセックスロード 8021

審査官 佐藤 匡

- (56)参考文献 特開平06-063747(JP, A)  
特開2004-167603(JP, A)  
特開平07-116839(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H02M | 7/48  |
| B23K | 9/073 |