

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5966081号
(P5966081)

(45) 発行日 平成28年8月10日(2016.8.10)

(24) 登録日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(51) Int.Cl.	F I
HO2M 3/28 (2006.01)	HO2M 3/28 H

請求項の数 17 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-512675 (P2015-512675)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成25年5月2日(2013.5.2)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2015-517788 (P2015-517788A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公表日	平成27年6月22日(2015.6.22)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/039277		番
(87) 国際公開番号	W02013/173075	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成25年11月21日(2013.11.21)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成26年11月14日(2014.11.14)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/475,550		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成24年5月18日(2012.5.18)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換器および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力変換器(100)であって、複数の対角配置された一次電力素子(101、102、103、104)を有する一次ブリッジ(120)と、

複数の対角配置された二次電力素子(105、106、107、108)を有する二次ブリッジ(121)と、

前記一次ブリッジ(120)および前記二次ブリッジ(121)に電氣的に結合された変圧器(140)と、

前記一次電力素子(101、102、103、104)および前記二次電力素子(105、106、107、108)を位相シフト切り替えするよう構成される少なくとも1つの制御ユニット(130)と、

を備え、

前記一次電力素子(101、102、103、104)および前記二次電力素子(105、106、107、108)の1つまたは複数が、ゼロ電流状態でオフに切り替えられ、

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、さらに、前記一次ブリッジ(120)内の対応する一次電力素子(101、102、103、104)に対する前記二次ブリッジ(121)内の少なくとも1つの二次電力素子(105、106、107、108)を位相シフト切り替えして、前記電力変換器(100)の各電力サイクル中に、指定された継続期間のゼロ電流状態が、前記変圧器(140)で確立されるよう構成される、

10

20

電力変換器(100)。

【請求項2】

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、さらに、ゼロ電圧状態下で、前記一次電力素子(101、102、103、104)および前記二次電力素子(105、106、107、108)の1つまたは複数を切り替えるよう構成される、請求項1に記載の電力変換器(100)。

【請求項3】

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、さらに、ゼロ電圧状態下で、前記一次電力素子(101、102、103、104)の一方もしくは他方、または前記二次電力素子(105、106、107、108)の一方もしくは他方を交互に切り替えるよう構成される、請求項2に記載の電力変換器(100)。

10

【請求項4】

電力変換器(100)であって、複数の対角配置された一次電力素子(101、102、103、104)を有する一次ブリッジ(120)と、

複数の対角配置された二次電力素子(105、106、107、108)を有する二次ブリッジ(121)と、

前記一次ブリッジ(120)および前記二次ブリッジ(121)に電氣的に結合された変圧器(140)と、

前記一次電力素子(101、102、103、104)および前記二次電力素子(105、106、107、108)を位相シフト切り替えするよう構成される少なくとも1つの制御ユニット(130)と、

20

を備え、

前記一次ブリッジ(120)ならびに前記二次ブリッジ(121)の間のブリッジ位相シフト、および前記一次ブリッジ(120)内ならびに前記二次ブリッジ(121)内での対角位相シフトが存在し、

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、前記一次ブリッジ(120)に対して前記二次ブリッジ(121)を位相シフト切り替えすることによって前記電力変換器(100)の出力電圧を調整し、前記二次ブリッジ(121)の前記二次電力素子(105、106、107、108)の先行素子が、前記一次ブリッジ(120)の前記一次電力素子(101、102、103、104)の対応する先行素子のターンオンまたはターンオフに続く遅延後にオンまたはオフに切り替えられるよう構成される、電力変換器(100)。

30

【請求項5】

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、前記変圧器(140)内で、前記電力変換器(100)の各電力サイクル中に、指定される継続期間のゼロ電流状態を確立するよう構成され、

前記変圧器ゼロ電流状態は、

前記一次ブリッジ(120)の前記先行素子に対角配置される、前記一次ブリッジ(120)の前記一次電力素子(101、102、103、104)の退行素子が、前記一次ブリッジ(120)の前記先行素子のターンオフ後に第1の時間間隔でオフに切り替えられるよう、前記一次ブリッジ(120)の対角位相シフト切り替えを実現することによって、および

40

前記二次ブリッジ(121)の前記先行素子に対角配置される、前記二次ブリッジ(121)の前記二次電力素子(105、106、107、108)の退行素子が、前記二次ブリッジ(121)の前記先行素子のターンオフ後に第2の時間間隔でオフに切り替えられるよう、前記二次ブリッジ(121)の対角位相シフト切り替えを実施することによって、

確立される、

請求項4に記載の電力変換器(100)。

【請求項6】

50

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト遅延、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として、前記第1の時間間隔を決定するよう構成される、請求項5に記載の電力変換器(100)。

【請求項7】

前記少なくとも1つの制御ユニット(130)は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト遅延、前記第1の時間間隔、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として、前記第2の時間間隔を決定するよう構成される、請求項5または6に記載の電力変換器(100)。

10

【請求項8】

電力変換器(100)を制御する方法であって、前記方法は、一次ブリッジ(120)内の少なくとも2つの対角配置一次電力素子(101、102、103、104)の対角位相シフト切り替え、または前記電力変換器(100)の二次ブリッジ(121)内の少なくとも2つの対角配置二次電力素子(105、106、107、108)の対角位相シフト切り替えの少なくとも一方と、

前記一次ブリッジ(120)における対応する一次電力素子(101、102、103、104)に対する、前記二次ブリッジ(121)における少なくとも1つの二次電力素子(105、106、107、108)のブリッジ位相シフト切り替えと、
を含み、

20

対角位相シフト切り替えは、前記一次ブリッジ(120)の対角配置先行素子の切り替え後に、第1の時間間隔で前記一次ブリッジ(120)の退行素子を切り替えることを含み、前記第1の時間間隔は、少なくとも前記退行素子がゼロ電流状態でオフに切り替わるよう選択される、
方法。

【請求項9】

ブリッジ位相シフト切り替えは、前記一次ブリッジ(120)の対応する先行素子のターンオンまたはターンオフに続く遅延後に前記二次ブリッジ(121)の先行素子をオンに切り替えることを含み、前記遅延は、前記電力変換器(100)の所望の出力電圧に基づいて判断される、請求項8に記載の方法。

30

【請求項10】

前記第1の時間間隔は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記電力変換器(100)の変圧器(140)の変圧器ゼロ電流状態は、前記二次ブリッジ(121)の対角位相シフト切り替えを実施することによっても確立され、前記二次ブリッジ(121)の前記先行素子の対角線上にある前記二次ブリッジ(121)の退行素子が、前記二次ブリッジ(121)の前記先行素子のターンオフ後に第2の時間間隔でオフに切り替えられる、請求項10に記載の方法。

40

【請求項12】

前記第2の時間間隔は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト、前記第1の時間間隔、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

電力変換器(100)を制御する方法であって、前記方法は、前記電力変換器(100)の一次ブリッジ(120)内の一次電力素子(101、102、103、104)の位相シフト切り替えと、

前記電力変換器(100)の二次ブリッジ(121)内の二次電力素子(105、10

50

6、107、108)の位相シフト切り替えと、
を含み、

前記一次電力素子(101、102、103、104)および前記二次電力素子(105、106、107、108)の1つまたは複数が、ゼロ電流状態でオフに切り替えられ、ゼロ電圧状態でオンに切り替えられ、

位相シフト切り替えは、ブリッジ位相シフト切り替えを含み、先行二次電力素子(105、106、107、108)が、対応する先行一次電力素子(101、102、103、104)の切り替えに続く遅延後に切り替えられ、

位相シフト切り替えは、対角位相シフト切り替えを含み、前記先行二次電力素子(105、106、107、108)、前記対応する先行一次電力素子(101、102、103、104)、または前記一次ブリッジ(120)もしくは前記二次ブリッジ(121)の少なくとも一方における他の先行電力素子の少なくとも1つが、前記一次ブリッジ(120)もしくは前記二次ブリッジ(121)の同じものの中の対角配置退行電力素子の前に、ある時間間隔で切り替えられる、
方法。

10

【請求項14】

前記対角位相シフト切り替えを、前記一次ブリッジ(120)で行い、前記時間間隔は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される第1の時間間隔である、請求項13に記載の方法。

20

【請求項15】

前記対角位相シフト切り替えを、前記二次ブリッジ(121)で行い、前記時間間隔は、少なくとも、前記ブリッジ位相シフト、前記一次ブリッジ(120)のDC電圧、前記二次ブリッジ(121)のDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される第2の時間間隔である、請求項13または14に記載の方法。

【請求項16】

前記遅延が、前記電力変換器(100)からの出力電圧に基づいて選択される、請求項13から15のいずれかに記載の方法。

【請求項17】

前記位相シフト切り替えは、制御ユニット(130)へのオペレータ入力(138)に少なくとも部分的に基づいて調整される、請求項13から16のいずれかに記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般に、電力変換器に関する。他の実施形態は、整流損失および電氣的ストレスを減少させる電力変換器に関する。

【背景技術】

【0002】

電車は、典型的に、機関車によって押されるか、または引かれる多数の車両を備えるのが特徴である。機関車は、線路と噛み合うトラクションホイールを有する。現代の設計では、電動ホイールモータにより、トラクションホイールを駆動する。電動ホイールモータは、機関車内に収容される1つまたは複数のエンジン駆動発電機から配電を介して電力供給される。トラクションホイールおよびホイールモータは、機関車を減速するためのブレーキの役目も果たすために、逆方向に動作するようにも構成することができる。

40

【0003】

同様に、鉱山業では、大型オフハイウェイ車(OHV)が、通常、車両を前進させるか、または減速させるため、電動モータホイールを使用する。特に、OHVは、典型的に、交流発電機、メイン・トラクション・インバータ、および車両の後輪内に収容された一組のホイール駆動アセンブリと共に、大馬力ディーゼルエンジン(または、他のエンジン

50

)を備える。ディーゼルエンジンは、ディーゼルエンジンが交流発電機を駆動するよう、交流発電機と直接関連付けられる。交流発電機は、メイン・トラクション・インバータに電力供給し、半導体電力スイッチが、交流発電機の出力電流を整流し、電力を、2つのホイール駆動アセンブリの電動駆動モータにもたらす。

【0004】

機関車用途およびOHV用途の両方において、固体形状電力変換器を使用して、発電機、すなわち、交流発電機からホイールモータに高電圧電流をもたらす。そのような電力変換器は、降圧するための誘導コイルと、電流を整流するための半導体電力スイッチとを備える。上記の用途は典型的なものであるが、電力変換器は、多くの他の設定で使用することができることが理解されよう。

10

【0005】

例えば、絶縁型双方向Hブリッジ変換器を使用してもよい。この種類の変換器は、ガルバニック絶縁電力変圧器を通じて接続された2つのフル半導体ブリッジを備える。そのような変換器は、範囲内で変動する一次および二次側での電圧により両方向に電力を伝達することができる。

【0006】

絶縁型Hブリッジ変換器は、電力素子を備えてもよく、そのような電力素子には、駆動回路によってオンとオフとを交互に切り替えて、出力ACまたは他の波形を生成する絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ(IGBT)などがある。他の種類の切替可能半導体デバイスを、そのような変換器のHブリッジ回路で使用してもよい。これらは、パワーBJTトランジスタ、パワーMOSFET、集積ゲート整流サイリスタ(IGCT)、ゲートターンオフサイリスタ(GTO)、または低電力信号(例えば、ゲート信号)によって切り替えられる他のデバイス制御可能半導体を含む。しかしながら、負荷がかかっている状態での切り替えは、整流損失および電氣的ストレスの原因となる可能性がある。

20

【0007】

したがって、電力変換器の整流損失および電氣的ストレスを減らして、変換器動作および効率を改善することが望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】台湾特許出願公開第201039541号明細書

30

【発明の概要】

【0009】

本発明の一実施形態は、複数の対角配置一次電力素子を有する一次ブリッジと、複数の対角配置二次電力素子を有する二次ブリッジとを備える電力変換器装置に関する。一次ブリッジおよび二次ブリッジは、変圧器によって、電氣的に結合される。少なくとも1つの制御ユニットは、一次電力素子および二次電力素子の1つまたは複数が、ゼロ電流状態でオフに切り替わるよう、一次電力素子および二次電力素子を位相シフト切り替えするように構成される。

【0010】

本発明の他の実施形態によれば、電力変換器は、複数の対角配置一次電力素子を有する一次ブリッジと、複数の対角配置二次電力素子を有する二次ブリッジと、一次ブリッジならびに二次ブリッジに電氣的に結合された変圧器とを備える。少なくとも1つの制御ユニットが、一次電力素子ならびに二次電力素子を位相シフト切り替えするよう構成され、一次ブリッジならびに二次ブリッジ間でのブリッジ位相シフトがあり、および一次ブリッジならびに二次ブリッジのそれぞれの中での対角位相シフトがある。

40

【0011】

本発明の他の態様は、電力変換器を制御する方法に関する。本方法は、一次ブリッジ内の少なくとも2つの対角配置一次電力素子の対角位相シフト切り替え、または電力変換器の二次ブリッジ内の少なくとも2つの対角配置二次電力素子の対角位相シフト切り替えの

50

少なくとも一方を含み、さらに、一次ブリッジ内の対応素子に対する、二次ブリッジ内の少なくとも1つの素子のブリッジ位相シフト切り替えを含む。

【0012】

別の態様において、電力変換器は、電力変換器の一次ブリッジ内の一次電力素子の位相シフト切り替え、および電力変換器の二次ブリッジ内の二次電力素子の位相シフト切り替えによって制御され、一次電力素子および二次電力素子の1つまたは複数が、ゼロ電流状態でオフに切り替えられ、ゼロ電圧状態でオンに切り替えられる。

【0013】

本発明は、添付図面を参照して、非限定の実施形態について、以下の説明を読むことで、より良好に理解できるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施形態による、絶縁型Hブリッジ電力変換器の模式図である。

【図2】本発明の一実施形態による、図1に示す電力変換器の半導体電力素子にもたらされる一連の位相シフトゲート信号を表すチャートである。

【図3(a)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(b)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(c)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(d)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(e)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(f)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(g)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(h)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(i)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図3(j)】本発明の一実施形態による、電力変換器内の電力素子状態についての模式図である。

【図4(a)】図3(a)から図3(j)の電力変換器の変圧器巻線における電圧および電流を表すチャートである。

【図4(b)】図3(a)から図3(j)の電力変換器の変圧器巻線における電圧および電流を表すチャートである。

【図5】本発明の実施形態による、望ましいゲート信号位相シフトを判断するための数式である。

【図6】本発明の実施形態による、望ましいゲート信号位相シフトを判断するための数式である。

【図7】本発明の他の実施形態による、ゼロ電流期間 t_0 を含む電力変換器動作のフルサイクル中の一次コイル電流の波形を表すグラフである。

【図8(a)】本発明の実施形態による、同時切り替え過度事象を含む電力変換器動作のフルサイクル中の電圧および電流の波形を表すチャートである。

【図8(b)】本発明の実施形態による、同時切り替え過度事象を含む電力変換器動作のフルサイクル中の電圧および電流の波形を表すチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

本発明の例示的实施形態についての参照を以下に詳細に記載し、その例について、添付図面に図示する。可能な限り、図面全体を通じて使用される同じ参照符号は、同じか、または同様の要素に関する。本発明の例示的实施形態は、機関車および他のオフハイウェイ車両に関して説明するが、本発明の実施形態はまた、一般に、DC - DC切り替え電力変換器と共に使用するために適用可能である。

【 0 0 1 6 】

本発明の実施形態は、電力変換器内の整流損失および電圧 / 電流ストレスを減らすために位相シフト切り替えされた双方向電力変換器に関する。

【 0 0 1 7 】

図1は、本発明の一実施形態を示し、単相絶縁型双方向Hブリッジ電力変換器100が、複数の半導体電力素子101、102、103、104、105、106、107、および108を備える。各電力素子101から108は、コレクタC、ゲートG、およびエミッタEを有する。各電力素子はまた、コレクタCおよびエミッタEの間に逆並列に接続された、対応するフライバックダイオード111、112、113、114、115、116、117、および118を有する。

【 0 0 1 8 】

本発明の選択実施形態において、各電力素子およびその対応するダイオードは共に、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、整理番号第256354号「Converter Switch Apparatus and Method」と関連する共同所有の同時係属出願でさらに説明されるような切り替えモジュールの形式でもよい。

【 0 0 1 9 】

再び図1を参照すると、電力素子101、102、103、ならびに104およびそれらのフライバックダイオード111、112、113、ならびに114は、一次ブリッジ120を形成するよう配置され、「一次電力素子」(一次ブリッジの電力素子を意味する)であり、一方、電力素子105、106、107、ならびに108およびそれらのフライバックダイオード115、116、117、ならびに118は、二次ブリッジ122を形成するよう配置され、「二次電力素子」(二次ブリッジの電力素子を意味する)である。一次ブリッジ120は、DC供給電圧「Vdc1」を整流して、変圧器140の一次コイル141間にAC電流「Iph」をもたらすよう接続される。二次ブリッジ122は、変圧器140の二次コイル142でAC電流を整流することによって、DC - DC切り替え電力変換器負荷電圧「Vdc2」をもたらすよう接続される。

【 0 0 2 0 】

特に、電力素子105は、電力素子101が一次変圧器コイル141の高端子に接続され、一方で、電力素子105が二次変圧器コイル142の高端子に接続されるという点で、電力素子101と「対応」し、したがって、ブリッジ内のスイッチのそれぞれは、他の、各ブリッジ内の他のスイッチと同様に機能する。同様に、スイッチ102 - 106、103 - 107、および104 - 108もまた、「対応」する。

【 0 0 2 1 】

図2および図3を参照して以下でさらに説明するように、一次ブリッジ120の電力素子101、102などはゲート電圧信号「Vg1」、「Vg2」、「Vg3」、および「Vg4」によって、ONとOFFが切り替えられる。一次ブリッジゲート電圧Vg1からVg4は、以下でさらに説明するように、一次コイル141にAC電流Iphをもたらすための一次DC電圧Vdc1を整流するようスケジュールされる。二次ブリッジ122の電力素子105、106などは、ゲート電圧信号「Vg5」、「Vg6」、「Vg7」、および「Vg8」によってONとOFFを切り替えられ、降下、上昇、または同等DC電圧Vdc2をもたらすための二次コイルAC電流を整流するようスケジュールされる。

【 0 0 2 2 】

図2および図4を特に参照して以下でさらに説明するように、一次および二次ブリッジ120および122の動作は、さまざまな半導体電力素子に対するゲート信号間での「位

10

20

30

40

50

相シフト」を組み込み、電力変換器は、二次DC電圧 V_{dc2} を供給するためのステップダウン変換器として、または一次DC電圧 V_{dc1} を供給するためのステップアップ変換器として、最小の整流損失で動作することができる。

【0023】

したがって、図1は、本発明の絶縁型Hブリッジ変換器100の一実施形態を示し、絶縁型Hブリッジ変換器100は、電力変圧器140を通じて接続される一次および二次ブリッジ120および122を備える。各ブリッジは、複数の半導体電力素子を備える。一次および二次ブリッジ120および122内の電力素子の整流を適切に調整することによって、電力変換器100は、所与の範囲内にDC電圧 V_{dc1} および V_{dc2} を維持しながら、変圧器140間のいずれかの方向に電力を伝達することができる。例えば、 V_{dc2} は、 V_{dc1} より大きく、 V_{dc1} と等しく、または V_{dc1} より小さく維持することができる。

10

【0024】

図1は、電力素子として使用される半導体デバイスが、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)である場合の例示的实施形態を特に示すが、本発明はまた、他の固体半導体デバイスに適用可能であり、そのような固体半導体デバイスには、非限定の例として、双方向モード絶縁ゲートトランジスタ、MOSFET、JFET、IGCT、または炭化ケイ素ベースのパワー半導体などがある。

【0025】

本発明の態様によれば、ゲート電圧信号 V_{g1} から V_{g8} は、変換器100内の総損失が(他の制御方式に比べて)減少するように、半導体電力素子101から108(それぞれ)に送信される。さらに、回路内の構成部品のいくつかにおける電圧ストレスおよび電流ストレスが低くなり、(この場合も、他の制御方式に比べて)動作が全体的に改善する。例えば、一次および二次ブリッジ120および122は、以下の方法で制御される。すなわち、少なくとも1つの制御ユニット130(例えば、一次制御ユニット)は、一次および二次ブリッジ120および122内の対応する電力素子の切り替え動作間でのブリッジ位相シフト、すなわち、遅延「 dsh 」を実現する。さらに、制御ユニット130は、一次ブリッジ120内か、または二次ブリッジ122内の、互いに「対角配置された」電力素子の切り替え間で、一次および二次対角位相シフト「 $tsh1$ 」および「 $tsh2$ 」を引き起こす。例えば、一次電力素子101および104は、一次ブリッジ120内で「対角配置され」、それらと対応する二次電力素子105および108は、二次ブリッジ122内で「対角配置される」。このため、そのようなデバイスのターンオンおよびターンオフは、同時ではなく、時間差がある。図1に示すような、いくつかの実施形態において、少なくとも1つの追加制御ユニットが、二次対角位相シフト $tsh2$ およびブリッジ位相シフト dsh を別々に実現するために設けられる。言い換えると、ある実施形態では、「一次」制御器と「二次」制御器とが存在する。

20

30

【0026】

本発明の実施形態において、ブリッジ位相シフト dsh は、 V_{dc1} に対する出力電圧 V_{dc2} を制御するよう調整される。 dsh が増加することで、 V_{dc2} および変圧器140間で伝達される総電力が上昇するようになる。しかしながら、 dsh が増加することで、一次および二次ブリッジ120および122内の、および変圧器140内の無効電力損失および循環電流が増加するようになる。ブリッジ位相シフト dsh を反転することによって、電力変換器100を通る電力フローを反転することができ、その結果、二次ブリッジ122は、電力を一次ブリッジ120に送る。この反転は、例えば、 V_{dc2} 間に接続されたモータにブレーキをかける際に、またはバッテリーを充放電するために、有用であろう。

40

【0027】

ある実施形態において、対角位相シフト $tsh1$ および $tsh2$ は、ブリッジ120および122のそれぞれにおける直列接続された電力素子間で調整され、(対角位相シフトが調整されなかった制御方式に比べ)電力素子の整流損失が減少した動作を実現する。整

50

流損失の減少は、同じスイッチをターンオン（ゼロ電圧切り替え）する間に低またはゼロ電圧を印加し続けながら、1つまたは複数の半導体電力素子をターンオフ（ゼロ電流切り替え）する前か、またはその間に変圧器巻線電流を低減し、徐々に打ち消すことによって達成される。「ゼロ電流」状態は、電力素子の定格電流の特定の端数未満の、例えば、定格電流の5パーセント未満の電流下で半導体電力素子をオフに切り替えることを含むことができる。同様に、「ゼロ電圧」状態は、定格切り替え電圧の特定の端数未満の、例えば、定格電圧の5パーセント未満の電圧下で半導体電力素子をオンに切り替えることを含むことができる。さらに、「ほぼゼロ」状態は、「ゼロ電流」状態および「ゼロ電圧」状態を含む定格電流または定格電圧の10パーセント未満での状態を含むことができる。本発明の一態様によれば、位相シフト切り替えは、半導体伝達損失への影響が最小であり、一方、全体的な変換器効率は改善される。

10

【0028】

本発明のいくつかの実施形態において、ブリッジ間、および対角位相シフトゲート電圧は、広電圧範囲内で動作する電力変換器で実現することができる。位相シフト切り替えは、一次電圧および二次電圧間でより良好な一致を生成する電力変圧器の伝達比率を補完し、したがって、全体的な電力範囲での無効電流循環を低減する。別の態様において、各個々のブリッジ内に位相シフト電力素子を導入することにより、変圧器から見て、AC電圧内のゼロベクトルを生成する。これらのゼロベクトルにより、有効な電圧基本構成要素を変動することが可能となり、したがって、変圧器に流れる無効電力の量を能動的に制御および低減するよう操作することができる。

20

【0029】

例えば、図2は、本発明の実施形態による、電力変換器100を動作させるためのゲート電圧信号を示す。ゲート電圧信号 V_{g1} から V_{g8} の各変化は、図3に示すように、その信号によって起動する、対応するスイッチ構成を示す符号付矢印によって印付けられる。図2から分かるように、一次ブリッジ120内で、半導体電力素子101および102は、ゲート電圧を交互に受信するよう「ペアとなる」。したがって、電力素子101と102の一方がONである場合、電力素子102と101の他方がOFFである。電力素子103 - 104、105 - 106、および107 - 108も同様にペアとなる。ペア105 - 106へのゲート電圧信号は、ブリッジ位相シフト dsh によって、ペア101 - 102へのゲート電圧信号に遅れる。ペア103 - 104へのゲート電圧信号は、一次対角位相シフト $tsh1$ によって、ペア101 - 102へのゲート電圧信号に遅れる。ペア107 - 108へのゲート電圧信号は、二次対角位相シフト $tsh2$ によって、ペア105 - 106へのゲート電圧信号に遅れる。 dsh 、 $tsh1$ 、および $tsh2$ の値は、 V_{dc1} および V_{dc2} の関数として判断され、以下でさらに説明するように電圧ストレスならびに電流ストレスを減らすこと、および整流損失を減らすことができる。電力素子は、必ずしもペアである必要はないが、本発明の例示的だが限定するものではない実施形態の説明を簡単にするために、そのようなペアリングが本明細書で示され、説明されることが理解されよう。

30

【0030】

図3(a)から図3(j)は、図2に示すゲート電圧信号に対する電力変換器100内のスイッチ構成の動作シーケンスを示す。図3(a)から図3(j)では、ゲートONの電力素子を、破線で囲む。変圧器一次巻線141の電流の方向は、 I_{ph} の符号を付けた矢印で示す。図3(d)および図3(i)では、瞬間的なゼロ電流状態を示す。

40

【0031】

図4(a)は、図2および図3(a)から図3(j)による電力変換器100の動作の間の一次および二次変圧器巻線141および142間のAC電圧波形 V_p および V_s を示し、一方、図4(b)は、図2および図3(a)から図3(j)による電力変換器100の動作の間の漏れインダクタンス等価電圧 V_{1k} の、および変圧器140内の一次巻線電流 I_{ph} に対する波形を示す。一次電流 I_{ph} の波形は、図4(b)に示すように、図2および図3(a)から図3(j)の同様に符号付けしたゲート信号およびスイッチ構成に

50

対応する、期間「a」、「b」などを区切る垂直線間で符号を用いて印を付ける。

【0032】

図2に戻って参照すると、ゲート信号「a」が、二次ブリッジ122内で、電力素子106をターンオフし、ペアの電力素子105をターンオンする。図3(a)は、図4で印を付けたように、期間「a」の間の電力素子101から108の結果としての構成を示す。図3(a)では、電力素子101、104、105、および108が、各ゲート電圧信号によって順方向にバイアスされた、すなわち、「ゲートオンされた」として、破線で囲むことによって印を付ける。したがって、電力素子106をターンオフすることによって、フライバックダイオード115を介してVdc2の高側に二次コイル電流を導き、それにより、負荷に電力供給する。したがって、期間「a」の間を通して、負荷のインピーダンスVdc2により、図4(b)に示すように、一次コイル電流Iphが、定常状態に対して低減する速度で、Vdc1の高側から、電力素子101、一次巻線141、および電力素子104を通して流れる。

10

【0033】

期間「a」の最後で、図2は、本発明の一実施形態で示す、電力素子101がゲートオフされ、一方で電力素子102がゲートオンされ、図3(b)に示した構成を実現することを示す。この新しい切り替え構成「b」は、一次コイル141からVdc1を除去し、その結果、図4(b)に示すように、一次コイル電流Iphは、一次コイル141の誘導場が崩壊するようにゼロに向かって迅速に減衰する。

20

【0034】

図4(b)および図2を参照すると、一次コイル電流Iphがゼロ値に近づく遅延tsh1の後、電力素子104はゲートオフされ、一方、電力素子103がゲートオンされ、図3(c)に示す構成を確立する。ここで、Vdc1が、一次コイルの誘導電圧の反対の方向に印加され、Iphを反転するよう駆動し、それにより電力変換器100に対して、正極性の半サイクルの動作を完了する。図3(d)は、図3(c)と同じスイッチ構成を示すが、電流Iphが、ほぼゼロ値に反転する。

【0035】

前述のように、(期間「a」から「c」において、電力素子103および104の)少なくとも1つの電力素子のゼロ電流切り替えにより、電力変換器100全体の整流損失を減らすことができる。それに応じて、図2および図4(b)は、一次コイル電流Iphが、その負のピーク値に向けて増加する前に、電力素子107がゲートオンされ、一方、電力素子108がゲートオフされる。したがって、電力変換器100は、低(ほぼゼロ)値のIphで、図3(d)から図3(e)に示すスイッチ構成に従って遷移する。したがって、電力素子107および108もまた、「ゼロ電流で切り替わる」と考えることができる。

30

【0036】

継続期間tsh2の期間「e」の後、一次コイル電流Iphは、図4(b)に示すような、負のピークに達する。次いで、電力素子105および106は、それぞれ、ゲートオフおよびゲートオンされ、図2および図3(e)から図3(f)に示すように、スイッチ構成および期間「f」を開始する。遅延、すなわち、対角位相シフトtsh2を適切に調整することによって、電力素子105および106もまた、ゼロ電流で切り替わると考えることができる。大電流下で2つの電力素子(この例では、一次ブリッジ120における電力素子101および二次ブリッジ122における電力素子105)だけを切り替えながら、電力変換器100の極性を反転することが可能である。この点に関して、フライバックダイオード112は、期間「b」の開始でゲートオンされると、電力素子102をバイパスする。

40

【0037】

図2および図4に戻って参照すると、図3(f)で確立されたスイッチ構成は維持され、一方、負の一次コイル電流Iphの振幅は、その定常状態値に向けて徐々に低減する。期間「f」の最後で、図2は、ゲートオンされた電力素子101およびゲートオフされた

50

電力素子 102 を示し、図 3 (g) で示す構成をもたらす。このスイッチ構成「 g 」への遷移は、スイッチ構成「 a 」からスイッチ構成「 b 」に遷移したように、一次コイル電流の大きさの急激な低減と一致する。図 2、図 3 (h) から図 3 (j)、および図 4 (b) を参照すると、残りのゲート信号およびスイッチ構成は、電力変換器 100 に対する負の半サイクルの動作を完了し、最後に、図 3 (a) で示したスイッチ構成に戻る。この場合も、対角位相シフト t_{sh1} および t_{sh2} を適切に調整することによって、大電流下で 4 つの電力素子のみをオフに切り替えながら、動作の全サイクルを完了することができ、そのような電力素子とは、すなわち、一次ブリッジ 120 における電力素子 101 ならびに電力素子 102 および二次側での電力素子 105 ならびに 106 である。さらに、二次フライバックダイオード 115、116、117、118 を介して本質的にほぼ一定の V_{dc2} をもたらし、二次電力素子 105、106、107、108 が、ゼロ電流状態下ですべて導電することが可能である。

10

【0038】

ブリッジ位相シフト d_{sh} を、所望の電力伝達により選択することができるが、実施形態において、対角位相シフト t_{sh1} は、ブリッジ位相シフト d_{sh} により選択され、一次ブリッジおよび二次ブリッジ内の電力素子構成の所望のシーケンスを実現する。特に、 t_{sh1} および t_{sh2} は、正の値または負の値のいずれかを有する。参考として一次側について考えると、所望のシーケンスは、正の t_{sh1} および負の t_{sh2} に対応する。図 3 および図 4 で示す動作シーケンスおよび電流波形を実現するために、 t_{sh1} および t_{sh2} の所定値を、図 5 の数式に従い、 d_{sh} に基づいて設定することができる。実際には、 t_{sh1} および t_{sh2} に対する複数の所定値は、 d_{sh} の特定の値に対応し、図 1 に示したような、少なくとも 1 つの制御ユニット 130 と接続された不揮発性メモリ 136 内のルックアップテーブル 900 として格納することができる。本発明の一態様によれば、次いで、電力変換器 100 は、不揮発性メモリ 136 に格納され、1 つまたは複数の制御ユニット 130 で実行されるアルゴリズム 1000 に従ってルックアップテーブルにアクセスすることによって、1 つまたは複数のオペレータ入力 138 に応じて、動作中に調整することができる。

20

【0039】

別の態様によれば、 t_{sh1} および t_{sh2} は、少なくとも 1 つの制御ユニット 130 によって、リアルタイムで計算することができる。

30

【0040】

図 6 および図 7 を参照すると、本発明の別の態様によれば、位相シフト d_{sh} 、 t_{sh1} 、および t_{sh2} の値は、指定された継続期間 t_0 (図 7) の間、変圧器 140 において、ゼロか、ほぼゼロの電流状態をもたらすよう選択してもよい。本発明のさらに別の態様によれば、 t_{sh1} および t_{sh2} の値は、図 3 (b) の構成から図 3 (e) の構成に同時か、ほぼ同時の切り替えを実現するよう選択してもよい(それにより、図 8 (a) および図 8 (b) によって示すような電圧波形および電流波形を一般にもたらし)。

【0041】

一実施形態において、電力変換器は、複数の対角配置一次電力素子を有する一次ブリッジと、複数の対角配置二次電力素子を有する二次ブリッジとを備える。一次ブリッジおよび二次ブリッジは、変圧器によって、電気的に結合される。少なくとも 1 つの制御ユニットは、一次電力素子および二次電力素子の 1 つまたは複数が、ゼロ電流状態下でオフに切り替わるよう、一次電力素子および二次電力素子を位相シフト切り替えするように構成される。

40

【0042】

ある実施形態において、少なくとも 1 つの制御ユニットは、さらに、一次ブリッジ内の対応する一次電力素子に対する二次ブリッジ内の少なくとも 1 つの二次電力素子を位相シフト切り替えして、電力変換器の各電力サイクル中に、指定された継続期間のゼロ電流状態が、変圧器で確立されるよう構成してもよい。さらに、制御ユニットは、ゼロ電圧状態下で、一次電力素子および二次電力素子の 1 つまたは複数切り替えるようさらに構成し

50

てもよい。選択実施形態において、制御ユニットは、さらに、一次電力素子の一方もしくは他方を、または二次電力素子の一方もしくは他方を、ゼロ電圧状態で、交互に切り替えるよう構成される。

【0043】

実施形態において、電力変換器は、複数の対角配置一次電力素子を有する一次ブリッジと、複数の対角配置二次電力素子を有する二次ブリッジと、一次ブリッジならびに二次ブリッジに電氣的に結合された変圧器とを備える。少なくとも1つの制御ユニットが、一次電力素子ならびに二次電力素子を位相シフト切り替えするよう構成され、一次ブリッジならびに二次ブリッジ間でのブリッジ位相シフトが存在し、および一次ブリッジならびに二次ブリッジ内での対角位相シフトが存在する。選択実施形態において、一次ブリッジおよび二次ブリッジ内での対角位相シフトは、少なくともブリッジ位相シフトに基づいて判断される。

10

【0044】

選択実施形態において、少なくとも1つの制御ユニットは、一次ブリッジに対して二次ブリッジを位相シフト切り替えすることによって電力変換器の出力電圧を調整し、二次ブリッジの二次電力素子の先行素子が、一次ブリッジの一次電力素子の対応する先行素子のターンオンまたはターンオフに続く遅延後にオンまたはオフに切り替えられるよう構成される。また、少なくとも1つの制御ユニットは、さらに、変圧器において、電力変換器の各電力サイクル中に、指定された継続期間のゼロ電流状態を確立するよう構成してもよい。変圧器のゼロ電流状態は、一次ブリッジの対角位相シフト切り替えを実施することによって確立してもよく、一次ブリッジの先行素子に対角配置される、一次ブリッジの一次電力素子の退行素子が、先行一次ブリッジ素子のターンオフ後に、第1の時間間隔でオフに切り替えられる。ある実施形態において、変圧器のゼロ電流状態は、二次ブリッジの対角位相シフト切り替えを実施することによっても確立してもよく、二次ブリッジの先行素子に対角配置される、二次ブリッジの二次電力素子の退行素子が、先行二次ブリッジ素子のターンオフ後に、第2の時間間隔でオフに切り替えられる。

20

【0045】

実施形態において、少なくとも1つの制御ユニットは、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として、第1の時間間隔を決定するよう構成してもよい。少なくとも1つの制御ユニットは、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、第1の時間間隔、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として、第2の時間間隔を決定するよう構成してもよい。

30

【0046】

本発明の態様によれば、電力変換器を制御する方法は、一次ブリッジ内の少なくとも2つの対角配置一次電力素子の対角位相シフト切り替え、または電力変換器の二次ブリッジ内の少なくとも2つの対角配置二次電力素子の対角位相シフト切り替えの少なくとも一方を含み、さらに、対応する一次電力素子に対する、少なくとも1つの二次電力素子のブリッジ位相シフト切り替えを含む。

【0047】

対角位相シフト切り替えには、一次ブリッジの対角配置先行素子の切り替え後に、第1の時間間隔で一次ブリッジの退行素子を切り替えることを含んでもよく、第1の時間間隔は、少なくとも退行素子がゼロ電流状態でオフに切り替わるよう選択される。例えば、第1の時間間隔は、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定してもよい。

40

【0048】

ブリッジ位相シフト切り替えには、一次ブリッジの対応する先行素子のターンオンまたはターンオフに続く遅延後に二次ブリッジの先行素子をオンに切り替えることを含んでもよく、遅延は、電力変換器の所望の出力電圧に基づいて判断される。

50

【 0 0 4 9 】

ある態様において、変圧器ゼロ電流状態は、二次ブリッジの対角位相シフト切り替えを実施することによっても確立され、先行二次ブリッジ素子の対角線上にある退行二次ブリッジ素子が、先行二次ブリッジ素子のターンオフ後に、第2の時間間隔でオフに切り替えられる。例えば、第2の時間間隔は、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、第1の時間間隔、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される。

【 0 0 5 0 】

本発明の態様によれば、電力変換器は、電力変換器の一次ブリッジ内の一次電力素子の位相シフト切り替え、および電力変換器の二次ブリッジ内の二次電力素子の位相シフト切り替えによって制御され、一次電力素子および二次電力素子の1つまたは複数が、ゼロ電流状態下でオフに切り替えられ、ゼロ電圧状態下でオンに切り替えられる。ある態様では、位相シフト切り替えは、ブリッジ位相シフト切り替えを含み、先行二次電力素子が、対応する先行一次電力素子の切り替えに続く遅延後に切り替えられる。

【 0 0 5 1 】

いくつかの態様では、位相シフト切り替えは、対角位相シフト切り替えを含み、先行二次電力素子、対応する先行一次電力素子、または一次ブリッジもしくは二次ブリッジの少なくとも一方における他の先行電力素子の少なくとも1つが、一次ブリッジもしくは二次ブリッジの同じものの中の対角配置退行電力素子の前に、ある時間間隔で切り替えられる。例えば、対角位相シフト切り替えを、一次ブリッジで行い、その時間間隔は、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される第1の時間間隔とすることができる。他の例として、対角位相シフト切り替えを二次ブリッジで行い、その時間間隔は、少なくとも、ブリッジ位相シフト遅延、第1の時間間隔、一次ブリッジのDC電圧、二次ブリッジのDC電圧、およびゼロ電流状態の指定された継続期間の関数として決定される第2の時間間隔とすることができる。

【 0 0 5 2 】

ブリッジ位相シフト切り替えのいくつかの態様において、遅延は、電力変換器からの出力電圧に基づいて選択してもよい。位相シフト切り替えのいくつかの態様において、切り替えは、制御ユニットへのオペレータ入力に少なくとも部分的に基づいて調整される。

【 0 0 5 3 】

したがって、対角位相シフト時間間隔を調整することによって、非ゼロ電流下で、一次ブリッジ内の2つの電力素子および二次ブリッジ内の2つの電力素子のみを切り替えながら、図1に示した例示的な電力変換器などの電力変換器を操作することが可能となる。さらに、二次電力素子が、ゼロ電流状態または非ゼロ電流状態下のみで伝達する間、ほぼ一定の出力電圧をもたらすことが可能である。したがって、電力変換器の耐久性は、個々の電力素子における熱ストレスを減らすことによって、向上させることが可能となる。

【 0 0 5 4 】

他の実施形態は、双方向Hブリッジ変換器のための制御ユニットに関する。制御ユニットは、変換器に動作可能に接続され、複数の制御信号を生成して、(i)変換器の一次ブリッジの対角配置一次電力素子および変換器の二次ブリッジの対角配置二次電力素子を位相シフト切り替えして、一次ブリッジならびに二次ブリッジ間のブリッジ位相シフトおよび一次ブリッジならびに二次ブリッジ内の対角位相シフトが存在するよう構成される。さらに、制御ユニットは、少なくともブリッジ位相シフトに基づいて、一次ブリッジおよび二次ブリッジ内で対角位相シフトを制御するよう構成される。

【 0 0 5 5 】

実施形態において、第1および第2の電力素子101および104は、共通の電力変換器(例えば、同じ電源に接続され、少なくともいくつかのモードで、分担負荷を駆動する各足)の異なる足(例えば、電力素子101、102を備える第1の足、および電力素子103、104を備える第2の足)にある場合に対角配置され、共通の電源の異なるレー

10

20

30

40

50

ル (V d c + または V d c -) に接続される。

【 0 0 5 6 】

上記の説明は例示的なものであり、制限するものではないことが理解されよう。例えば、上記の実施形態（および/またはその態様）は、互いに組み合わせて使用してもよい。さらに、本発明の範囲から逸脱することなく、特定の状況または材料を本発明の教示に適合させるために、多くの変形を行うことができる。本明細書で説明した材料の寸法および種類は、本発明のパラメータを定義することを意図するが、それらは、限定するものではなく、例示的な実施形態である。他の多くの実施形態が、上記説明を検討することにより、当業者に明らかになるであろう。したがって、本発明の範囲が、添付の特許請求の範囲、およびそのような特許請求の範囲による等価物の全範囲を参照して判断される。添付の特許請求の範囲において、「including」および「in which」という用語は、それぞれ「comprising」および「wherein」という用語のブレインディングリッシュ的同等語として使用される。さらに、添付の特許請求の範囲において、「第1」、「第2」、「第3」、「上側」、「下側」、「底部」、「上部」などの用語は、単なる符号として使用され、それらの物体について、数的要件または位置的要件を課すことを意図しない。さらに、添付の特許請求の範囲の限定は、そのような特許請求の範囲が、フレーズ「ための手段 (means for)」と、その後続くさらなる構造の機能的空所の文を明示的に使用しない限り、および使用するまで、ミーンズ・プラス・ファンクションのフォーマットで記載されず、35 U.S.C. § 122 の第6パラグラフに基づいて解釈されることを意図しない。

10

20

【 0 0 5 7 】

ここでの記述は、最良の態様を含む本発明のいくつかの実施形態を開示し、さらに、任意のデバイスまたはシステムを作成および使用すること、および任意の組み込み方法を実行することを含む、当業者が本発明の実施形態を実施することを可能にするための例を使用する。本発明の特許可能な範囲は特許請求の範囲によって定義され、当業者が行う他の例を含むことができる。このような他の実施例は、特許請求の範囲の文言との差がない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実質的な差がない等価の構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にある。

【 0 0 5 8 】

本明細書で使用する場合、単数形で書かれた要素またはステップおよび単語「a」もしくは「an」が前に付く要素またはステップは、例外であることが明示されない限り、前記要素またはステップが複数である可能性を除外しないことを理解すべきである。さらに、本発明の「一実施形態」という言及は、記載した特徴を含む追加の実施形態の存在を除外すると解釈されるべきではない。さらに、明示的に反対のことが言及されない限り、特定の特性を有する一要素または複数の要素を「備える」「含む」または「有する」実施形態は、その特性を有さない、そのような追加の要素を含む可能性がある。

30

【 0 0 5 9 】

本明細書における本発明の主旨および範囲から逸脱することなく、上記の電力変換器および方法に何らかの変更を行ってもよいので、上記の説明および添付図面における発明の主題のすべては、本明細書の発明の概念を単に例示的に示すものとして解釈されるべきであり、本発明を限定するものと解釈されるべきではない。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

- 1 0 0 電力変換器
- 1 0 1 半導体電力素子
- 1 0 2 半導体電力素子
- 1 0 3 半導体電力素子
- 1 0 4 半導体電力素子
- 1 0 5 半導体電力素子
- 1 0 6 半導体電力素子

50

- 1 0 7 半導体電力素子
- 1 0 8 半導体電力素子
- 1 1 1 フライバックダイオード
- 1 1 2 フライバックダイオード
- 1 1 3 フライバックダイオード
- 1 1 4 フライバックダイオード
- 1 1 5 フライバックダイオード
- 1 1 6 フライバックダイオード
- 1 1 7 フライバックダイオード
- 1 1 8 フライバックダイオード
- 1 2 0 一次ブリッジ
- 1 2 2 二次ブリッジ
- 1 3 0 制御ユニット
- 1 3 6 不揮発性メモリ
- 1 3 8 オペレータ入力
- 1 4 1 一次コイル
- 1 4 2 二次コイル
- 1 4 0 電力変圧器
- 9 0 0 ルックアップテーブル
- 1 0 0 0 アルゴリズム

10

20

【図 1】

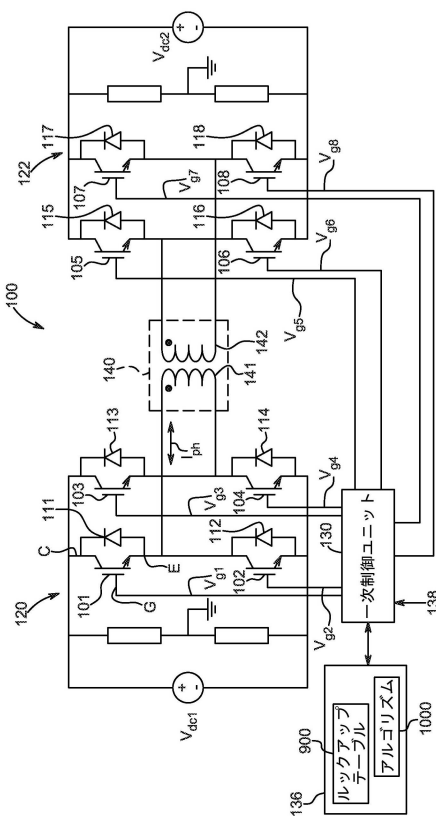


FIG. 1

【図 2】

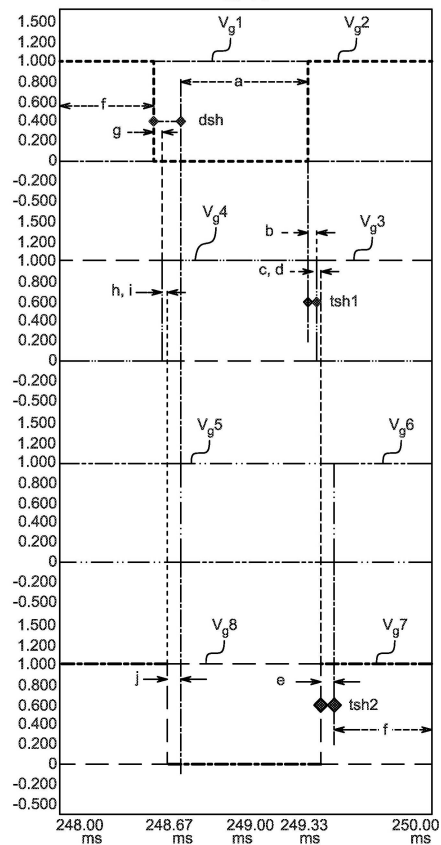


FIG. 2

【 図 3 (a) 】

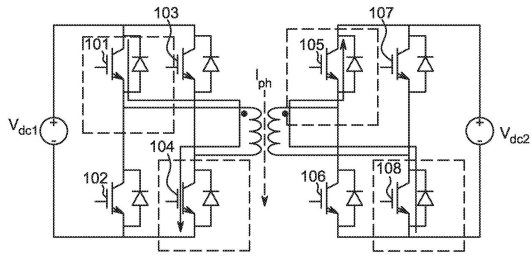


FIG. 3(a)

【 図 3 (c) 】

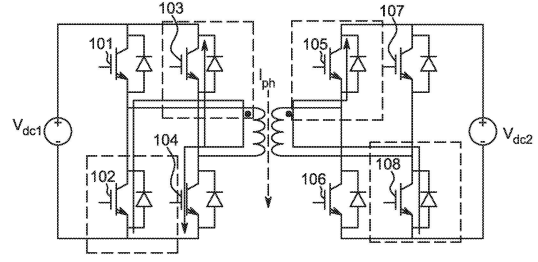


FIG. 3(c)

【 図 3 (b) 】

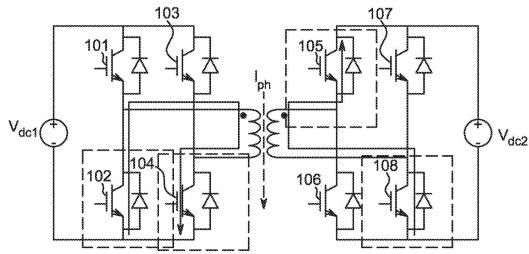


FIG. 3(b)

【 図 3 (d) 】

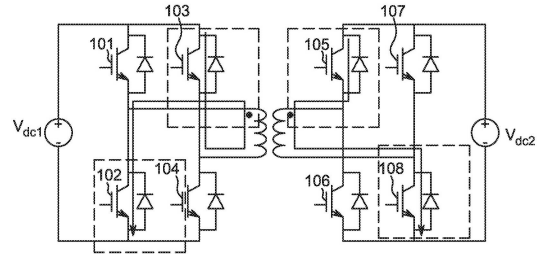


FIG. 3(d)

【 図 3 (e) 】

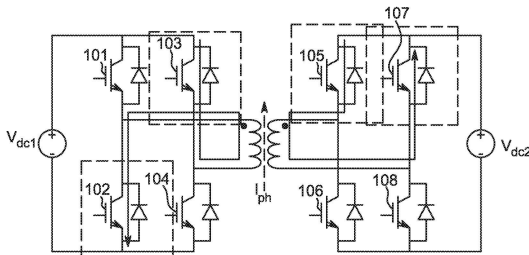


FIG. 3(e)

【 図 3 (g) 】

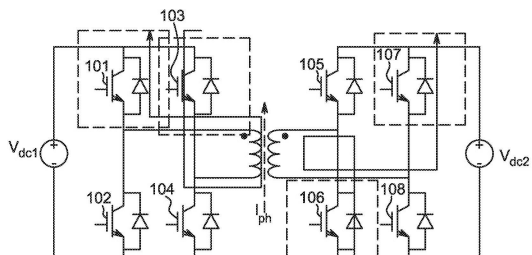


FIG. 3(g)

【 図 3 (f) 】

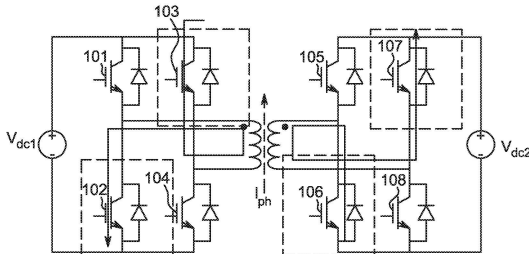


FIG. 3(f)

【 図 3 (h) 】

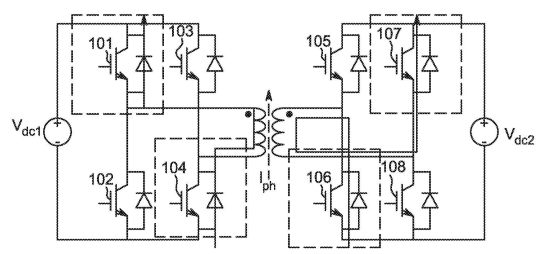


FIG. 3(h)

【 図 3 (i) 】

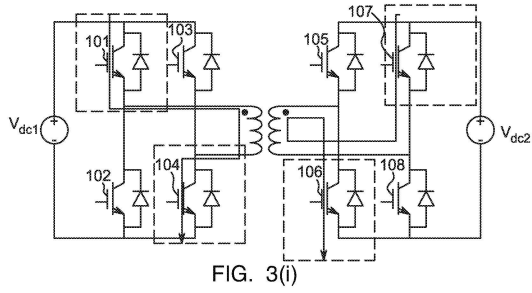


FIG. 3(i)

【 図 3 (j) 】

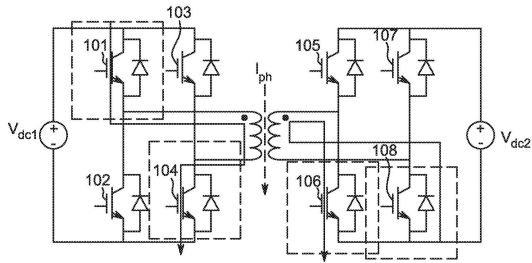


FIG. 3(j)

【 図 4 (a) 】

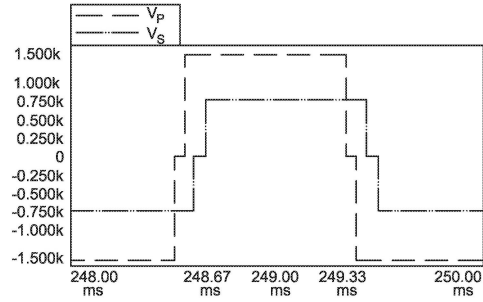


FIG. 4(a)

【 図 4 (b) 】

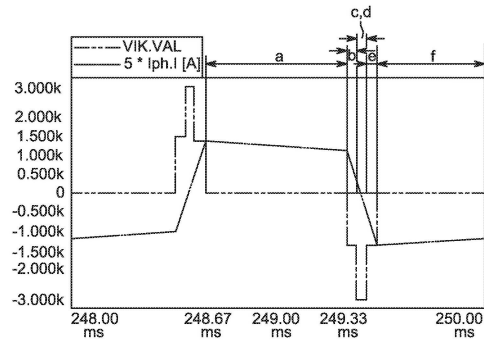


FIG. 4(b)

【 図 5 】

$$t_{sh1} = \frac{d_{sh} \cdot N \cdot V_{dc2} - (N \cdot V_{dc2} - V_{dc1}) \cdot \frac{T_s}{2}}{(N \cdot V_{dc2} + V_{dc1})}$$

$$t_{sh2} = \frac{d_{sh} \cdot V_{dc1} + (N \cdot V_{dc2} - V_{dc1}) \cdot \frac{T_s}{2}}{(N \cdot V_{dc2} + V_{dc1})}$$

FIG. 5

【 図 7 】

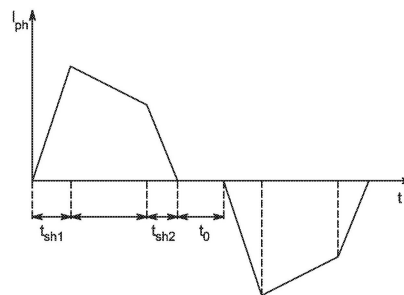


FIG. 7

【 図 6 】

$$t_{sh1} = \frac{d_{sh} \cdot N \cdot V_{dc2} - (N \cdot V_{dc2} - V_{dc1}) \cdot \frac{T_s}{2} + V_{dc2} \cdot N \cdot t_0}{(N \cdot V_{dc2} + V_{dc1})}$$

$$t_{sh2} = \frac{d_{sh} \cdot V_{dc1} + (N \cdot V_{dc2} - V_{dc1}) \cdot \frac{T_s}{2} + V_{dc1} \cdot t_0}{(N \cdot V_{dc2} + V_{dc1})}$$

FIG. 6

【 図 8 (a) 】

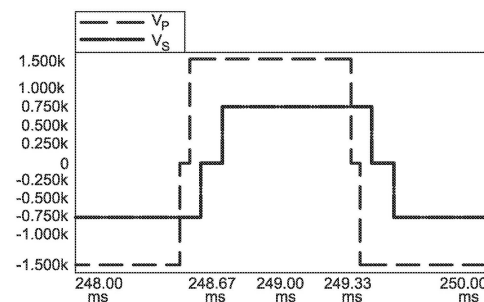


FIG. 8(a)

【 図 8 (b) 】

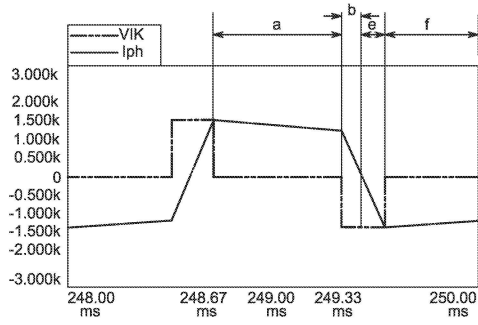


FIG. 8(b)

フロントページの続き

- (72)発明者 ロサド, セバスチャン・ペドロ
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
- (72)発明者 ヤング, ヘンリー・トッド
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
- (72)発明者 スクラム, サイモン・ハーバート
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
- (72)発明者 マリ・カルベロ, アルヴァロ・ホルヘ
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
- (72)発明者 クッテンクラー, ジェイソン・ダニエル
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
- (72)発明者 ユアン, ツィファイ
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901

審査官 鈴木 重幸

- (56)参考文献 特開2011-234541(JP, A)
特開2012-044801(JP, A)
特表2008-543271(JP, A)
中国特許出願公開第1874126(CN, A)
中国特許出願公開第1874128(CN, A)
米国特許第3517300(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/00 - 3/44