

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-503459

(P2017-503459A)

(43) 公表日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.

HO2M 7/48 (2007.01)
HO2M 7/538 (2007.01)
HO2J 50/12 (2016.01)

F 1

HO2M 7/48
 HO2M 7/538
 HO2J 50/12

P

テーマコード(参考)

5H770

(43) 公表日 平成29年1月26日(2017.1.26)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-534718 (P2016-534718)
 (86) (22) 出願日 平成26年11月7日 (2014.11.7)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年7月20日 (2016.7.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/NZ2014/000231
 (87) 國際公開番号 WO2015/080598
 (87) 國際公開日 平成27年6月4日 (2015.6.4)
 (31) 優先権主張番号 61/909,709
 (32) 優先日 平成25年11月27日 (2013.11.27)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 514004367
 パワーバイプロキシ リミテッド
 ニュージーランド国 1011, オークラ
 ンド フリー・マンズベイ, フランクリン
 ロード 111
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】誘導型電力伝送のためのインバータ

(57) 【要約】

第1ブランチ及び第2ブランチに電力を供給するDC電源と、第1ブランチ上の第1ノードと第2ブランチ上の第2ノードとの間に接続された共振インダクタと、第1スイッチング信号によって切り替えられる、第1ノード及び共通のグランドに接続された第1スイッチと、第2スイッチング信号によって切り替えられる、第2ノード及び共通のグランドに接続された第2スイッチと、を含んだ誘導型電力伝送のためのプッシュプルインバータである。第1スイッチング信号は、第2ノードがローである時に第2ノードに基づくと共に、第2ノードがハイである時にDCソースに基づく。第2スイッチング信号は、第1ノードがローである時に第1ノードに基づくと共に、第1ノードがハイである時にDCソースに基づく。

。

【選択図】 図2

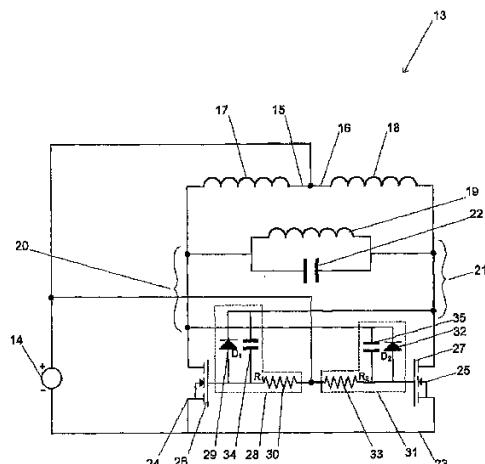


Figure 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- 誘導型電力伝送のためのプッシュプルインバータであって、
 a. 第1プランチ及び第2プランチに電力を供給するDC電源と、
 b. 前記第1プランチ上の第1ノードと前記第2プランチ上の第2ノードとの間に接続された共振インダクタと、
 c. 第1スイッチング信号によって切り替えられる、前記第1ノード及び共通のグランドに接続された第1スイッチと、
 d. 第2スイッチング信号によって切り替えられる、前記第2ノード及び前記共通のグランドに接続された第2スイッチと、
 を含み、

前記第1スイッチング信号は、前記第2ノードがローである時に前記第2ノードに基づくと共に、前記第2ノードがハイである時にDCソースに基づき、前記第2スイッチング信号は、前記第1ノードがローである時に前記第1ノードに基づくと共に、前記第1ノードがハイである時にDCソースに基づく、

ことを特徴とするプッシュプルインバータ。

【請求項 2】

前記DCソースは、前記DC電源である、
 ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 3】

前記第1プランチ及び前記第2プランチは、それぞれ、前記共振インダクタの部分ではないDCインダクタを含む、

ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 4】

前記共振インダクタは共振キャパシタに並列に接続される、
 ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 5】

前記共振インダクタは、前記第1スイッチ及び前記第2スイッチのキャパシタンスと共振する、

ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 6】

前記共振インダクタは、前記誘導型電力伝送の送電コイルを形成する、
 ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 7】

動作周波数が約1kHzから約100MHzまでである、
 ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 8】

動作周波数が約10MHzまでである、
 ことを特徴とする請求項7に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 9】

前記第1スイッチの第1ゲートが、第1ダイオードによって、前記第1ダイオードが順方向バイアスされるときに前記第1ゲートが前記第2ノードによって駆動されると共に前記第1ダイオードが逆方向バイアスされるときに前記第1ゲートが前記DCソースによって駆動されるように、前記第2ノードに接続され、

前記第2スイッチの第2ゲートが、第2ダイオードによって、前記第2ダイオードが順方向バイアスされるときに前記第2ゲートが前記第1ノードによって駆動されると共に前記第2ダイオードが逆方向バイアスされるときに前記第2ゲートが前記DCソースによって駆動されるように、前記第1ノードに接続される、

ことを特徴とする請求項1に記載のプッシュプルインバータ。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記第1ダイオードは第1スピードアップキャパシタに並列で接続され、前記第2ダイオードは第2スピードアップキャパシタに並列で接続される、

ことを特徴とする請求項9に記載のプッシュプルインバータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にインバータに関する。より具体的には、本発明は、誘導型電力伝送での使用に適した新たな構成のインバータに関する。

【背景技術】

【0002】

電気コンバータが、多くの異なるタイプの電気システムにおいて見出されている。一般的に言えば、コンバータは、第1の種類の供給を第2の種類の出力へ返還する。このような変換は、DC - DC、AC - AC及びDC - AC電気変換を含みうる。いくつかの構成において、コンバータは、任意の数のDC及びACの「パーツ」を含むことができ、例えば、DC - DCコンバータは、変成器の形式でAC - ACコンバータステージを組み込みうる。

【0003】

用語「インバータ」は、特にDC - ACコンバータを説明するために用いられる場合もありうる。また、このようなインバータは、他の変換ステージを含んでもよいし、より一般的なコンバータとの関係におけるステージでありうる。したがって、用語インバータは、より一般的なコンバータと分離して又は一般的なコンバータとの関係において、DC - ACコンバータを含むように解釈されるべきである。明確性の目的で、本明細書の残りは、用語「インバータ」によって、用語「コンバータ」がいくつかの状況において適切な選択肢でありうる可能性を排除することなく、本発明のDC - ACコンバータのことを参照する。

【0004】

インバータの使用の一例は、誘導型電力伝送(IPT)におけるものである。IPTシステムは、通常、誘導型電力送信機及び誘導型電力受信機を含むだろう。誘導型電力送信機は、交流磁界を生成するために適切な送信回路によって駆動される、1つまたは複数の送電コイルを含む。交流磁界は、誘導型電力受信機の1つまたは複数の受信コイルにおいて電流を誘起する。その後、受信電力は、バッテリを充電すること、又は誘導型電力受信機に関連するデバイス若しくは一部の他の負荷に電力を供給するのに用いられる。さらに、送信コイルと受信コイルとの少なくともいずれかは、共振回路を作る共振キャパシタに接続されうる。共振回路は、対応する共振周波数におけるスループット及び効率を増やしうる。

【0005】

通常、1つまたは複数の送信コイルには、インバータによって生成された適切なAC電流が供給される。インバータは、所望の波形、周波数、位相及び振幅のAC電流を生成するように構成され又は制御されうる。いくつかの例では、インバータの周波数を、共振送信コイルと共振受信コイルとの少なくともいずれかの共振周波数に整合させるのが望ましい。

【0006】

IPTシステムにおいて用いられる1つの既知の種類のインバータは、プッシュプルインバータである。プッシュプルインバータは、通常、協調的なスイッチングを用いて、関連する1つまたは複数の送信コイルを通じて交互方向に電流が流れるようにさせる、スイッチの構成に依存する。スイッチを制御することにより、送信コイルに供給される出力のAC電流を制御することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

10

20

30

40

50

【特許文献 1】国際公開 2012 / 145081号

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献 1】Paolucci J、「Novel current-fed boundary-mode parallel-resonant push-pull converter」、2009年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

10 プッシュプルインバータに関連する問題は、スイッチング損失とEMI干渉とを減らすために、スイッチが、スイッチを渡る電圧が0となるときにスイッチがオン及びオフされるように制御されること、すなわちゼロ電圧スイッチング(ZVS)である。ZVSの実装は、多くの場合、ゼロ交差を検出する追加の検出回路とそれに従ってスイッチを制御する制御回路とを必要とする。この追加の回路は、コンバータに複雑性とコスト高を与える。さらに、いくつかの検出及び制御回路は、高周波数のインバータの要求を満たすことができない場合がある。

【0010】

既知のインバータに関連するさらなる問題は、安定状態に達するまでその回路を始動させるための専用のスタートアップ回路が必要とされることである。また、これはコンバータに複雑性とコストを与える。

20

【0011】

特許文献1は、ヒーターのためのフルブリッジ電力発振器について記載している。発振器は、フルブリッジ構成において、選択的にスイッチオン及びオフされる4つのスイッチを含む。追加の2つのスイッチ(通常のプッシュプルは2つを有する)は、回路デザインおよび制御に対してコスト及び複雑性を追加する。

【0012】

非特許文献1は、ZVS共振ステージを有するDC-DCコンバータを開示している。しかしながら、本インバータは、準一定のDC電流をインバータに供給するための追加のDCインダクタを必要とする。DCインダクタは、比較的大きいコンポーネントであるため、さらなるコストに加えて、インバータに著しい容積を加える。さらに、共振ステージは、IPTシステムには適していないかもしれない、分割共振インダクタに依存する。

30

【0013】

本発明は、ZVSを達成するための複雑な回路に依存しない誘導型電力伝送のためのインバータ、高周波数でZVSを維持するインバータ、専用のスタートアップ回路を必要としないインバータを提供し、少なくとも公衆に有用な選択の範囲を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0014】

1つの例示の実施形態によれば、誘導型電力伝送のためのプッシュプルインバータであって、第1ブランチ及び第2ブランチに電力を供給するDC電源と、前記第1ブランチ上の第1ノードと前記第2ブランチ上の第2ノードとの間に接続された共振インダクタと、第1スイッチング信号によって切り替えられる、前記第1ノード及び共通のグランドに接続された第1スイッチと、第2スイッチング信号によって切り替えられる、前記第2ノード及び前記共通のグランドに接続された第2スイッチと、を含み、前記第1スイッチング信号は、前記第2ノードがローである時に前記第2ノードに基づくと共に、前記第2ノードがハイである時にDCソースに基づき、前記第2スイッチング信号は、前記第1ノードがローである時に前記第1ノードに基づくと共に、前記第1ノードがハイである時にDCソースに基づく、ことを特徴とするプッシュプルインバータが提供される。

40

【0015】

用語「comprise」、「comprises」及び「comprising」は、様々な管轄区内で、排他的又は包含的な意味に帰するものと考えられる。本明細書の目的のため、そして、ほかに

50

言及のない限りは、これらの用語は、包含的な意味を有することが意図されている - すなわち、それらは、直接参照を用いてリスト化されたコンポーネントを含むこと、そして場合によっては他の特定されていないコンポーネント又はエレメントを含むことを意味するものと捉えられるだろう。

【0016】

本明細書における任意の先行技術への参照は、そのような先行技術が共通の一般的な知識の一部を形成することを認めるものではない。

【0017】

本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成する添付の図面は、本発明の実施形態を図解し、上で与えられる本発明の一般的な説明、そして、以下に与えられる実施形態の詳細な説明とともに、本発明の原理を説明するために供される。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】誘導型電力伝送システムの一般的な表現を示す図。

【図2】1つの実施形態による、インバータトポロジを示す図。

【図3】図2のインバータの安定状態の動作に対応する波形を示す図。

【図4】図2のインバータのスタートアップ動作に対応する波形を示す図。

【図5】広い周波数範囲にわたる、図2のインバータの安定状態の動作に対応する波形を示す図。

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明のインバータについて議論する前に、まず誘導型電力伝送（IPT）システムについて検討するのが有用である。図1は、IPTシステム1の表現を示している。IPTシステムは、誘導型電力送信機2と誘導型電力受信機3とを含む。誘導型電力送信機は、（主電源などの）適切な電源4に接続される。誘導型電力送信機は、インバータ6に接続されるAC-D Cコンバータ5を含みうる。インバータは、1つまたは複数の送信コイル7が交流磁界を生成するように、その1つまたは複数の送信コイルにAC電流を供給する。いくつかの構成において、送信コイルはインバータから分離していると考えられうる。1つまたは複数の送信コイルは、共振回路を生成するために、並列又は直列にキャパシタ（不図示）に接続されてもよい。

30

【0020】

また、図1は、誘導型電力送信機2内にコントローラ8を示している。コントローラは、誘導型電力送信機の各部分に接続されうる。コントローラは、誘導型電力送信機の各部分から入力を受信し、各部分の動作を制御する出力を生成するように適合されうる。当業者は、コントローラが単一のユニットまたは分離した複数のユニットとして実装されうることを理解するだろう。当業者は、様々な態様の誘導型電力送信機を、例えば電力潮流、チューニング、選択的通電送信コイル、誘導型電力受信機検出、および/または通信を含んだその能力に応じて、コントローラが制御するように適合されうることを理解するだろう。

30

【0021】

誘導型電力受信機3は、負荷11へ順に電力を供給する受信回路10に接続された、1つまたは複数の受信コイル9を含む。誘導型電力送信機2と誘導型電力受信機が適切に結合されると、1つまたは複数の送信コイル7によって生成された交流磁界が、1つまたは複数の受信コイルにおいて交流電流を誘起する。受信回路は、有機された電流を負荷に対して適切な形式に変換するように適合される。1つまたは複数の受信コイルは、共振回路を作るためにキャパシタ（不図示）に並列又は直列に接続されうる。一部の誘導型電力受信機においては、受信機が、例えば、1つまたは複数の受信コイルのチューニング又は受信回路によって負荷に提供される電力を制御しうる、コントローラ12を含みうる。

40

【0022】

図2は、本発明による誘導型電力送信機のためのインバータ13の実施形態を示してい

50

る。インバータは、図1に関連して議論されたように、一般的な誘導型電力送信機2に適しうる。しかしながら、当業者は、インバータが、どのように誘導型電力送信機の他の取りうる構成に適し又はその中で動作するように適合しうるか、そして本発明がこの態様に限定されるべきではないことを理解するだろう。

【0023】

インバータ13は、インバータ13の残余にDC電力を供給するためのDC電源14を含む。1つの実施形態において、DC電源は、AC-DCコンバータ(例えば、図1に関連して議論されたAC-DCコンバータ5)でありうる。AC-DCコンバータの動作は、適切なコントローラによって制御されうる。AC-DCコンバータが誘導型電力送信機の特定の要求に従って制御されうることが理解されるだろう。例えば、AC-DCコンバータは、インバータに供給されるDC電力の電流又は電圧が誘導型電力送信機の電力要求または関連する誘導型電力受信機の電力要求を満たすように制御されうる。

10

【0024】

DC電源14は、ブリッジトポロジの2つのブランチに電流を供給する。明確性の目的で、これらは、第1ブランチ15及び第2ブランチ16と呼ばれるものとする。各ブランチは、DCインダクタ、すなわち、第1DCインダクタ17及び第2DCインダクタ18を含む。DCインダクタは、DC電源によって供給された平均電流を、半分に分割する。DCインダクタの効果は、以下でより詳細に説明されるように、インバータの他の部分への電流を基本的に一定とするためにならすことであることが理解されるだろう。すなわち、インバータは、「電流型」である。理解されるように、これらのDCインダクタは、共振に関与せず、後述の共振インダクタおよび共振キャパシタを含んだ共振タンクとは分離されている。

20

【0025】

インバータ13は、第1ブランチ15と第2ブランチ16との間に第ノード20及び第2ノード21においてそれぞれ接続される共振インダクタ19を含む。以下でより詳細に説明するように、スイッチのペアのスイッチングが共振インダクタを通る電流の向きを交互にさせ、結果としてAC電流を生じさせる。共振インダクタは、共振回路を作るために共振キャパシタに接続されうる。図2では、共振インダクタは、共振キャパシタ22に並列に接続されている。後により詳細に議論するように、より高い動作周波数において、共振キャパシタは、スイッチのペアのキャパシタンスによって与えられる共振で、無視されうる。誘導型電力送信機の文脈において、共振インダクタは、1つまたは複数の送信コイルでありうる。

30

【0026】

また、図2は、第1ノード20及び第2ノードと共にグランド23との間に接続されるスイッチのペアを示している。明確性の目的で、これらは、それぞれ第1スイッチ24及び第2スイッチ25と呼ばれるものとする。当業者であれば、第1スイッチと第2スイッチとが50%のデューティサイクルで交互にスイッチオン及びオフされる場合、共振インダクタ19を通る、結果のAC電流が生じることを理解するだろう。各スイッチを渡る電圧がゼロである場合に各スイッチがスイッチオンされること(すなわち、ゼロ電圧スイッチ)を確実にするために、第1ノード又は第2ノードのいずれかでの電圧を検出することが必要である。図2では、第1スイッチ及び第2スイッチが、それぞれ第1ゲート26又は第2ゲート27での電圧を制御することによって切り替えられる、nチャネルMOSFETとして示されている。当業者は、本発明が他の種類の適切なスイッチにどのように適合されうるか、そして本発明がこの態様に限定されないことを理解するだろう。

40

【0027】

図2の第1スイッチ24を参照すると、第1ゲート26は、第1スイッチング回路28に接続される。第1スイッチング回路は、第1ゲートの電圧を制御するための第1スイッチング信号を生成し、第1スイッチのスイッチングを制御するように適合される。第1スイッチング回路は、第2ノード21に接続される第1ダイオード29とDC電源14に接続される第1電流制限レジスタ30とを含む。

50

【0028】

動作において、第2ノード21がロー状態である（すなわち、第2スイッチ25がオンであり第2ノードがグランド23に接続されている）場合、第1ダイオード29は順方向にバイアスされ、第1ゲート26の電圧もロー状態となり、したがって、第1スイッチ24はオフとなる。第1ダイオードにかかる順方向バイアス電圧のため、第1ゲートにおける電圧はゼロではないかもしれないが、第1ダイオードによって、十分に低くなることが理解されるだろう。すなわち、第1スイッチング信号は、第2ノードの状態を参照し、第2ノードの状態がローである場合、第1スイッチング信号は第2ノードに基づく。

【0029】

一方で、第2ノード21がハイ状態である（すなわち、第2スイッチ25がオフであり、電圧が第2ノードに生じる）場合、第1ダイオード29は逆方向にバイアスされ、第1スイッチ24は第1電流制限レジスタ30から電流を引き出し、第1スイッチはハイ状態（すなわち、 $V_{DC} - V_{R1}$ ）となる。すなわち、第1スイッチング信号は、第2ノードの状態を参照し、第2ノードの状態がハイである場合、第1スイッチング信号はDC電源14に基づく。

10

【0030】

図2の第2スイッチ25を参照すると、第2ゲート27は、第2スイッチング回路31に接続される。第2スイッチング回路は、第2ゲートの電圧を制御するための第2スイッチング信号を生成し、第2スイッチのスイッチングを制御するように適合される。第2スイッチング回路は、第1ノード20に接続される第2ダイオード32とDC電源14に接続される第2電流制限レジスタ33とを含む。

20

【0031】

動作において、第1ノード20がロー状態である（すなわち、第1スイッチ24がオンであり第1ノードがグランド23に接続されている）場合、第2ダイオード32は順方向にバイアスされ、第2ゲート27の電圧もロー状態となり、したがって、第2スイッチ25はオフとなる。第2ダイオードにかかる順方向バイアス電圧のため、第2ゲートにおける電圧はゼロではないかもしれないが、第2ダイオードによって、十分に低くなることが理解されるだろう。すなわち、第2スイッチング信号は、第1ノードの状態を参照し、第1ノードの状態がローである場合、第2スイッチング信号は第1ノードに基づく。

30

【0032】

一方で、第1ノード20がハイ状態である（すなわち、第1スイッチ24がオフであり、電圧が第1ノードに生じる）場合、第2ダイオード32は逆方向にバイアスされ、第2スイッチ25は第2電流制限レジスタ33から電流を引き出し、第2スイッチはハイ状態（すなわち、 $V_{DC} - V_{R2}$ ）となる。すなわち、第2スイッチング信号は、第1ノードの状態を参照し、第1ノードの状態がハイである場合、第2スイッチング信号はDC電源14に基づく。

【0033】

単純に、第1スイッチ24がスイッチオフである場合、これは第1ノード20において高い電圧を生じさせる。第1ノードがハイであるため、第2スイッチ25がスイッチオンされ、第2ノード21はローとなる。第1ノードがローとなると、第2スイッチはスイッチオフされ、第2ノードに電圧を生じさせる。この第2ノードがハイであるため、第1スイッチはスイッチオンされ、第1ノードはローとなる。

40

【0034】

第1スイッチング回路28と第2スイッチング回路31の正味の影響は、第1スイッチ24及び第2スイッチ25が、各スイッチが50%のデューティサイクルで交互にスイッチオフおよびオンすることで、効果的に相互結合することであることが理解されるだろう。さらに、スイッチのスイッチングがノード20及び21における電圧に依存するため、ゼロ電圧スイッチングが生じることが理解されるだろう。

【0035】

本回路の安定状態動作に関する波形について、後により詳細に説明する。

50

【0036】

インバータ13のダイオード29及び32は、任意の適切な非対称電流フロー・デバイスでありうる。1つの実施形態において、ダイオードは、高周波数インバータが要求する高速スイッチングおよび低電圧降下に対応するために、ショットキーダイオードでありうる。ダイオードは、スピードアップキャパシタとして動作するための並列キャパシタを含みうる。図2は、それぞれ第1ダイオード29及び第2ダイオード32に関連する第1スピードアップキャパシタ34及び第2スピードアップキャパシタ35を示している。このようなスピードアップキャパシタは、スイッチのスイッチングを高速化することが理解されるだろう。また、これは、高周波数インバータにおいて高速スイッチングが要求される場合に特に望まれうる。

10

【0037】

図2において、第1スイッチング回路28及び第2スイッチング回路31は、第1スイッチング信号及び第2スイッチング信号がDC電源の電圧に基づくように、DC電源14に接続される。任意のDCソースが適切でありうることが理解されるだろう。DC電源が高入力電圧を有するいくつかの実施形態では、第1スイッチング回路及び第2スイッチング回路に接続される別個のDCソース(図2において不図示)を有することが望ましい場合がありうる。例えば、高電力IPTシステムの場合、DC電源は、スイッチに対して高すぎる電圧でインバータに電力を供給する必要がありえ、したがって、スイッチに接続される別個のDC電力源が適切でありうる。

20

【0038】

当業者は、どのようにコンポーネントの相対的なサイズが特定のインバータの要求に基づいて選択される必要があるか、そして、本発明がこの態様に限定されないことを理解するだろう。インバタ回路は、DC電力源、使用されるスイッチのタイプ、使用されるダイオードのタイプ、スピード限定レジスタのサイズ、スピードアップキャパシタのサイズ、共振インダクタのサイズ、電力損失耐性、スイッチング周波数及びAC電流の所望の波形といった要素の少なくとも一部を考慮して、構成されうる。

【0039】

図3は、図2のインバータの安定状態の動作に関連する波形を示している。

【0040】

時刻 t_1 において、第2ノードにおける電圧はハイであり、したがって、第1ゲート電圧はDC電源に基づいており、 $V_{DC} - V_{R1}$ である。第1ゲート電圧がハイであるため、第1スイッチはオンであり、第1ノードはグランドに接続される。第1ノードの状態がローであるため、第2ダイオードは順方向にバイアスされ、第2ゲート電圧は V_{D2} であり、第2スイッチはオフである。

30

【0041】

時刻 t_2 において、第2ノードにおける(及び共振インダクタにかかる)電圧はゼロに達する。この段階において、第1ダイオードは順方向にバイアスされることとなり、そのため、第1ダイオード電圧は V_{D1} であり、第1スイッチはスイッチオフされる。第1スイッチがオフであるため、第1ノードにおいて電圧が生じる。第1ノードにおける電圧がハイであるため、第2ダイオードは逆方向にバイアスされ、第2ゲート電圧はDC電源に基づいており、 $V_{DC} - V_{R2}$ である。

40

【0042】

時刻 t_3 において、第1ノードにおける(及び共振インダクタにかかる)電圧はゼロに達する。この段階において、第2ダイオードは順方向にバイアスされることとなり、そのため、第2ダイオード電圧は V_{D2} であり、第2スイッチはスイッチオフされる。第2スイッチがオフであるため、第2ノードにおいて電圧が生じる。第2ノードにおける電圧がハイであるため、第1ダイオードは逆方向にバイアスされ、第1ゲート電圧はDC電源に基づいており、 $V_{DC} - V_{R1}$ である。

【0043】

時刻 t_4 において、時刻 t_2 と同じ状況が適用される。このように、スイッチングのサイ

50

クルが繰り返される。図3の波形から、第1スイッチング回路と第2スイッチング回路の動作がゼロ電圧スイッチングを維持していることが理解されるだろう。例えば、第1スイッチは第2スイッチがスイッチオンとなったときにのみスイッチオフされる（換言すれば、これは第1スイッチにかかる電圧がゼロであることを要求する）。さらに、第1スイッチ及び第2スイッチのスイッチングは完全に自動であり、ゼロ交差を検出し、又はゲート信号を制御するための専用のコントローラを要求しない。本インバータは、DC電力がインバータに供給されている限り、その動作を自身で維持する。

【0044】

本発明のインバータは、複雑なスタートアップ回路を必要とせず、自動で起動する。図4は、スタートアップ中の例示の波形を示している。時刻 t_1 において、開始するために、両方のスイッチがオフとされる。その後、時刻 t_2 において、DC電源がスイッチオンされる。第1ノードと第2ノードの両方がローであるため、第1ゲート電圧及び第2ゲート電圧はDC電源に基づき（ $V_{DC} - iR/2$ ）、両方のその後、スイッチがオンとなる。その後、DC電源からの電流が、DCインダクタにおいて増加する。ある点（時刻 t_3 ）において、（図4に示されるように）第1ダイオード又は第2ダイオードのいずれかにおいて第1のゼロ交差が検出される。したがって、これが、あるスイッチのゲート電圧をローとさせ、そのスイッチをオフとさせる（例えば図4における第2スイッチ）。他方のスイッチのゲート電圧は（ $V_{DC} - iR$ 、すなわち $V_{DC} - V_R$ まで）増加し、そのスイッチはオンのままとなる（例えば図4における第1スイッチ）。これから、図3に示されるインバータの通常動作が継続する。このスタートアップ方法は専用のスタートアップ回路を必要としないことが理解されるだろう。

10

20

30

【0045】

上述のインバータのスイッチのスイッチオンが、2つの電流制限レジスタ（すなわち、図2の30及び33）を通じてDC電源（又はいくつかの別個のDCソース）によって直接駆動されるため、スイッチングオフは、ダイオード（すなわち、図2の29及び32）を介してスイッチ（すなわち、図2の24及び25）を能動的に短絡させることによって達成され、高い周波数において、高い関連電力損失を伴うことなく、スイッチング信号の品質が維持されうる。このように、本インバータは、高周波数環境下で動作することができる。1つの実施形態において、本インバータは、kHz範囲、例えば約1kHzから約1000kHzの範囲内の低周波数から、MHz範囲、例えば約10MHzから約100MHzまでの範囲内の高周波数まで、動作しうる。さらに、このような高周波数において、代わりに、第1スイッチ及び第2スイッチの出力キャパシタンスをその共振インダクタと共に共振するために用いて、共振インダクタに接続されている別個の共振キャパシタを無視することができる。

30

【0046】

例えば、図5は、それぞれ、91kHz及び10MHzでの安定状態の動作に対応する波形を示している。本波形は、共振インダクタにかかる電圧（ V_C ）と共振インダクタを通る電流（ i_L ）を示している。図から分かるように、周波数の増加は、出力波形の品質に対してほぼ影響しない。

40

【0047】

高周波数においても、ゼロ交差を検出しスイッチを制御するための別個の回路に頼ることなく、上述のインバータがZVSを達成することが理解されるだろう。さらに、別個の回路がないため、本インバータは自動であり、その動作を自身で維持する。最後に、本インバータは、単純なスタートアップ手順を有し、別個の専用のスタートアップ回路を必要としない。

40

【0048】

本発明について、その実施形態の説明によって例証したが、また、実施形態について詳細に説明したが、いかなる方法においても、添付の特許請求の範囲を限定し、そのような詳細に限定することを出願人は意図していない。追加の利点及び変形が当業者には直ちに見えるだろう。したがって、そのより広い態様における本発明は、特定の詳細、代表的な

50

装置並びに方法、及び示され説明された説明に役立つ実例に限定されない。したがって、このような詳細からの脱却が、出願人の一般的な発明のコンセプトの精神又は範囲から逸脱することなく、なされうる。

【図 1】

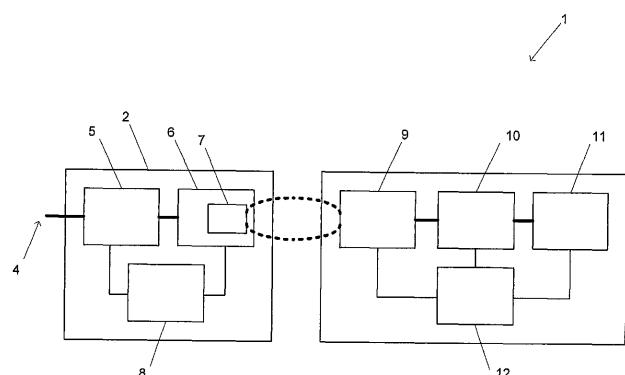


Figure 1

【図 2】

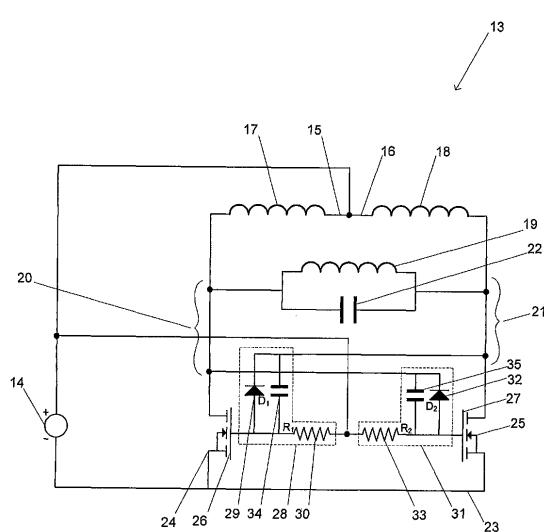
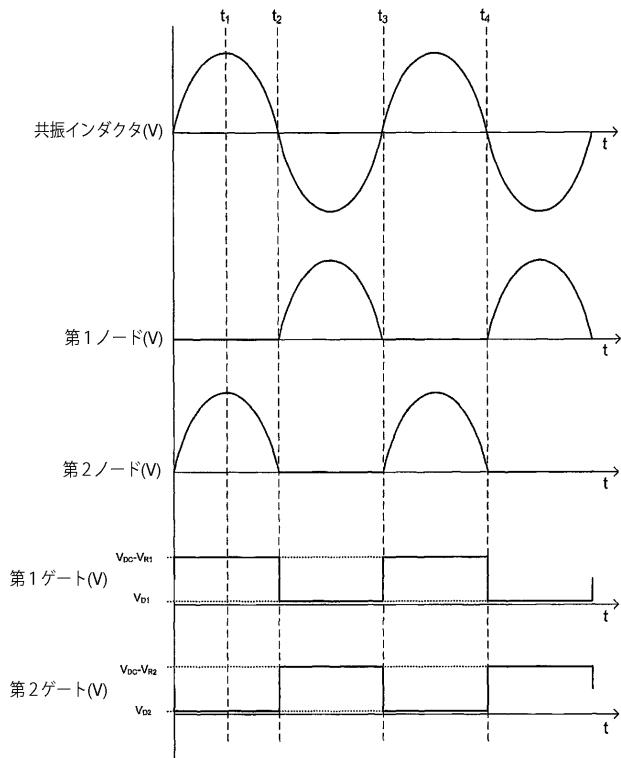


Figure 2

【図3】



【図4】

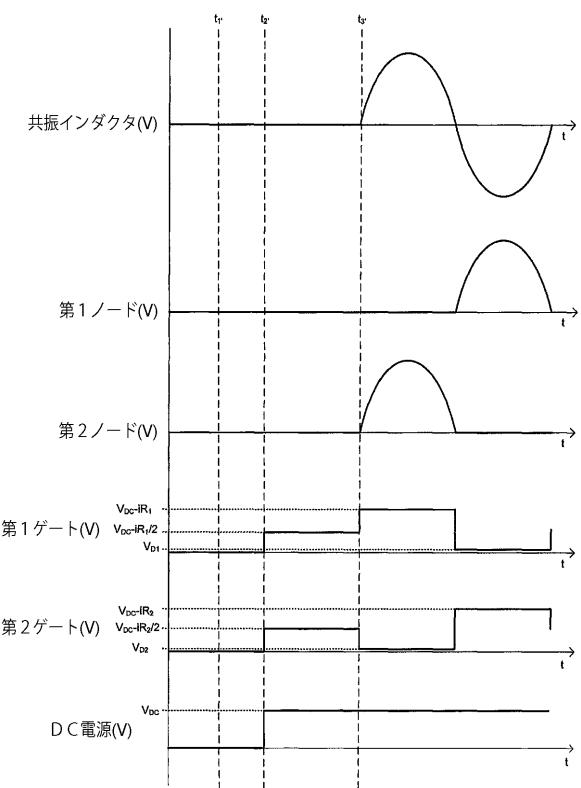


Figure 3

Figure 4

【図5】

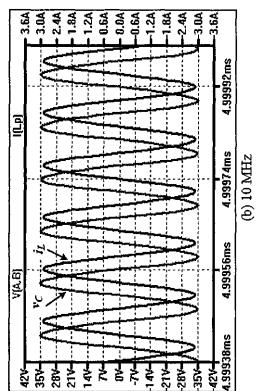
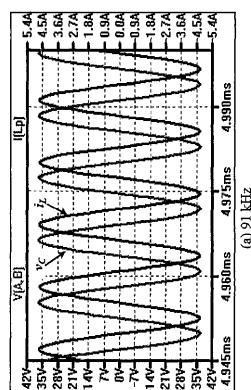


Figure 5



(a) 91 kHz

(b) 10 MHz

【国際調査報告】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/NZ2014/000231 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|-----|---|-----|---|-----|--|-----|---|-----|--|-----|--|-----|---|-----|--|--|--|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02M 3/337 (2006.01) H02M 5/00 (2006.01) H02H 7/122 (2006.01)</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Databases: EPODOC, WPI, INSPEC, Google, Google Patents and Google Scholar with keywords (push-pull, inverter, two, switch, IPT, inductor, signal, device) and like terms. Espacenet: Applicant's name (Powerbyproxy Limited), inventors names (Abdolkhani, Ali; Hu, Aiguo) and invention title (Inverter for Inductive Power Transmitter) searched with different combinations. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Documents are listed in the continuation of Box C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C | | <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <table> <tr> <td>"A"</td> <td>document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T"</td> <td>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E"</td> <td>earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>"X"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L"</td> <td>document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O"</td> <td>document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&"</td> <td>document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P"</td> <td>document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | "A" | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" | later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | "E" | earlier application or patent but published on or after the international filing date | "X" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" | document member of the same patent family | "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | |
| "A" | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" | later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "E" | earlier application or patent but published on or after the international filing date | "X" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" | document member of the same patent family | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date of the actual completion of the international search 14 January 2015 | Date of mailing of the international search report 14 January 2015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA Email address: pct@ipaustralia.gov.au | Authorised officer Nidhal Odeh AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No. 0262832498 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | International application No. PCT/NZ2014/000231 |
|--|--|---|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | CN 103337964 A (UNIV NANJING AERONAUTICS) 02 October 2013 See Whole document, in particular: Abstract and Fig. 3. | 1-10 |
| A | US 7,180,759 B2 (LIPTAK et al.) 20 February 2007 See Whole document. | 1-10 |

Form PCT/ISA/210 (fifth sheet) (July 2009)

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members | | International application No. PCT/NZ2014/000231 | |
|---|------------------|---|------------------|
| This Annex lists known patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. | | | |
| Patent Document/s Cited in Search Report | | Patent Family Member/s | |
| Publication Number | Publication Date | Publication Number | Publication Date |
| CN 103337964 A | 02 October 2013 | | |
| US 7,180,759 B2 | 20 February 2007 | US 7180759 B2 | 20 Feb 2007 |
| | | EP 1813013 A1 | 01 Aug 2007 |
| | | EP 1813013 B1 | 05 Mar 2014 |
| | | WO 2006050470 A1 | 11 May 2006 |
| End of Annex | | | |
| Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001. Form PCT/ISA/210 (Family Annex)(July 2009) | | | |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(72)発明者 ア卜ドルカニ, アリ

ニュージーランド国 1011, オークランド フリーマンズベイ, ウィルキンズ ストリート 5 パワーバイプロキシ リミテッド内

(72)発明者 フー, アイグオ

ニュージーランド国 1011, オークランド フリーマンズベイ, ウィルキンズ ストリート 5 パワーバイプロキシ リミテッド内

F ターム(参考) 5H770 AA02 AA05 BA20 CA02 DA09 DA18 DA19 DA45 EA23 FA01

KA03Z