

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6809769号
(P6809769)

(45) 発行日 令和3年1月6日(2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月14日(2020.12.14)

(51) Int.CI.

H02M 3/28 (2006.01)

F 1

H02M 3/28

H

請求項の数 17 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-187842 (P2013-187842)
 (22) 出願日 平成25年9月11日 (2013.9.11)
 (65) 公開番号 特開2014-60913 (P2014-60913A)
 (43) 公開日 平成26年4月3日 (2014.4.3)
 審査請求日 平成28年9月6日 (2016.9.6)
 審判番号 不服2018-13407 (P2018-13407/J1)
 審判請求日 平成30年10月9日 (2018.10.9)
 (31) 優先権主張番号 13/618,690
 (32) 優先日 平成24年9月14日 (2012.9.14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
45、スケネクタディ、リバーロード、1
番
(74) 代理人 100133503
弁理士 関口 一哉
(74) 代理人 100137545
弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人 100105588
弁理士 小倉 博
(74) 代理人 100113974
弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電力変換器制御システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力変換器の一次ブリッジ内の第1の複数の電力素子をスイッチングする第1の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている一次ブリッジ制御装置と、

前記一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置であって、前記電力変換器の二次ブリッジ内の第2の複数の電力素子をスイッチングする第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている二次ブリッジ制御装置と、
を備え、

前記二次ブリッジ制御装置は、二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧およびDC負荷電流の測定値と、前記二次ブリッジ制御装置による、前記一次ブリッジにおける一次変圧器巻線の両端間のAC電圧の波形の直接測定とに基づいて、前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される、

電力変換器制御システム。

【請求項 2】

前記二次ブリッジ制御装置は、前記一次ブリッジ制御装置から伝送された信号に応答して前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている、請求項1に記載の電力変換器制御システム。

【請求項 3】

前記伝送された信号は鋸歯状波形である、請求項2に記載の電力変換器制御システム。

【請求項 4】

10

20

電力変換器の一次ブリッジ内の第1の複数の電力素子をスイッチングする第1の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている一次ブリッジ制御装置と、

前記一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置であって、前記電力変換器の二次ブリッジ内の第2の複数の電力素子をスイッチングする第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている二次ブリッジ制御装置と、
を備え、

前記二次ブリッジ制御装置は、前記二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧ならびにDC負荷電流の測定値、および二次ブリッジ・ゲート信号に基づいて発生させる前記一次ブリッジにおけるAC電圧の局部的推定と、前記二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧ならびにDC負荷電流の測定値と、に基づいて前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている、
電力変換器制御システム。

【請求項5】

前記推定は、推定された波形である、請求項4に記載の電力変換器制御システム。

【請求項6】

前記推定は、局部的ゲート信号に基づいた前記一次ブリッジにおけるAC電圧に対する局部的DC電圧の所定の関係に基づくものである、請求項4に記載の電力変換器制御システム。

【請求項7】

前記推定は局部的に発生されたタイミング信号である、請求項4に記載の電力変換器制御システム。
20

【請求項8】

前記タイミング信号は、局部的ゲート信号と同時に検知された局部的DC電圧に基づくものである、請求項7に記載の電力変換器制御システム。

【請求項9】

一次コイル及び二次コイルを含む変圧器と、

一次端子と前記変圧器の前記一次コイルとの間に接続された第1の複数の電力素子を有する一次ブリッジと、

前記第1の複数の電力素子及び一次ブリッジ制御装置にそれぞれ動作可能に結合された第1の複数のゲート駆動ユニットであって、前記一次ブリッジ制御装置によって作動されて、前記第1の複数の電力素子をスイッチングするように構成されている第1の複数のゲート駆動ユニットと、
30

二次端子と前記変圧器の前記二次コイルとの間に接続された第2の複数の電力素子を有する二次ブリッジと、

前記第2の複数の電力素子に動作可能にそれぞれ結合され且つ前記一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置に動作可能に結合された第2の複数のゲート駆動ユニットであって、前記二次ブリッジ制御装置によって作動されて、前記第2の複数の電力素子をスイッチングするように構成されている第2の複数のゲート駆動ユニットと、
を備え、

前記二次ブリッジ制御装置は、前記二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧およびDC負荷電流の測定値と、前記一次ブリッジにおける前記一次コイルの両端子間のAC電圧の波形の直接測定とに基づいて前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するよう構成されている、
40

電力変換器。

【請求項10】

前記二次ブリッジ制御装置は、前記一次ブリッジ制御装置から伝送された信号に応答して前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている、請求項9に記載の電力変換器。

【請求項11】

前記伝送された信号は鋸歯状波形である、請求項10に記載の電力変換器。
50

【請求項 1 2】

一次コイル及び二次コイルを含む変圧器と、

一次端子と前記変圧器の前記一次コイルとの間に接続された第1の複数の電力素子を有する一次ブリッジと、

前記第1の複数の電力素子及び一次ブリッジ制御装置にそれぞれ動作可能に結合された第1の複数のゲート駆動ユニットであって、前記一次ブリッジ制御装置によって作動されて、前記第1の複数の電力素子をスイッチングするように構成されている第1の複数のゲート駆動ユニットと、

二次端子と前記変圧器の前記二次コイルとの間に接続された第2の複数の電力素子を有する二次ブリッジと、

前記第2の複数の電力素子に動作可能にそれぞれ結合され且つ前記一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置に動作可能に結合された第2の複数のゲート駆動ユニットであって、前記二次ブリッジ制御装置によって作動されて、前記第2の複数の電力素子をスイッチングするように構成されている第2の複数のゲート駆動ユニットと、
を備え、

前記二次ブリッジ制御装置は、前記二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧ならびにDC負荷電流の測定値、および二次ブリッジ・ゲート信号に基づいて発生させる前記一次ブリッジにおけるAC電圧の局部的推定と、前記二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧ならびにDC負荷電流の測定値と、に基づいて前記第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成されている、

電力変換器。

【請求項 1 3】

前記局部的推定は、推定された波形である、請求項1 2に記載の電力変換器。

【請求項 1 4】

前記局部的推定は、前記一次ブリッジにおけるAC電圧に対する局部的DC電圧の所定の関係に基づくものである、請求項1 2に記載の電力変換器。

【請求項 1 5】

前記局部的推定は、局部的に発生されたタイミング信号である、請求項1 2に記載の電力変換器。

【請求項 1 6】

前記タイミング信号は、局部的ゲート信号と同時に検知された局部的DC電圧に基づくものである、請求項1 5に記載の電力変換器。

【請求項 1 7】

一次ブリッジ制御装置の制御の下で、電力変換器内の一次ブリッジの複数の電力素子をスイッチングして、前記電力変換器の一次端子から一次コイルへ電流を転流する段階であって、前記一次端子には第1の電圧が存在し、また前記一次コイルが二次コイルを励振する、段階と、

前記一次コイルのAC電圧の波形を二次制御装置で観察する段階と、

前記二次コイルから前記電力変換器の二次端子へ電流を転流するために、前記電力変換器内の二次ブリッジに結合される負荷のDC負荷電圧およびDC負荷電流の測定値と、前記一次コイルの前記AC電圧の波形とに従って、二次制御装置の制御の下に、前記電力変換器内の前記二次ブリッジの複数の電力素子をスイッチングする段階と、
を含む、方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明の実施形態は、一般的に云えば、電力変換器のような電子装置に関するものである。他の実施形態は、電力変換器制御システムに関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

鉱業の分野では、露天掘り鉱山から採掘した重量のあるペイロードを運ぶために大形のオフ・ハイウェー車両（OHV）が使用されている。OHVは、通常、エネルギー効率の良い態様で車両を推進し又は減速するために電動車輪を用いている。詳しく述べると、OHVは、典型的には、大馬力のディーゼル・エンジンと共に、交流発電機、主牽引インバータ、及び車両の後部タイヤ内に収容された一対の車輪駆動装置を利用している。ディーゼル・エンジンには交流発電機が直接付設されて、ディーゼル・エンジンにより交流発電機を駆動する。交流発電機は主牽引電力変換器に電力供給し、該電力変換器内では、複数の電力半導体素子が交流発電機出力電流を転流して、2つの車輪駆動装置の電動機のための制御された電圧及び周波数を持つ電力を供給する。

10

【0003】

OHVに使用するのに適した電力変換器は、例えば、電力変圧器を介して接続された2つの全半導体ブリッジを有することを特徴とする絶縁分離型双方向Hブリッジ変換器を含む。このような変換器は双方向に電力を転送することができ、一次側及び二次側の電圧は或る範囲内で変化する。

【0004】

絶縁分離型Hブリッジ変換器、又は他の電力用電子装置は、複数の電力素子、例えば、AC出力波形を生成するために交互に駆動回路によってオン及びオフにスイッチングされる絶縁ゲート型バイポーラ・トランジスタ（IGBT）のようなスイッチング可能な半導体素子を含むことができる。Hブリッジ回路には、他の種類の電力素子、例えば、電力用BJTトランジスタ、電力用MOSFET、集積ゲート転流式サイリスタ（IGCT）、ゲートターンオフ・サイリスタ（GTO）、又は低電力信号（ゲート信号）によってスイッチングされる任意の他の制御可能な半導体素子なども使用することができる。

20

【0005】

典型的には、電力変換器内の各電力素子は、ゲート駆動ユニットから供給されるゲート電圧によってオン及びオフにスイッチングされる。ゲート駆動ユニットは、典型的には、制御ユニットから有線接続を介して制御される。しかしながら、制御ユニットは、ゲート駆動ユニットから物理的に除去することができる。更に、OHVは、典型的には、制御ユニットからゲート駆動ユニットへ信号を送るために使用することのできる光ファイバー又は電気ケーブルのような有線接続に対して物理的損傷の危険を及ぼす厳しい環境条件の下で使用される。例えば工業用ロボットのような、電力変換器を含む他の種類の装置もまた、厳しい環境条件に曝されることがある。

30

【0006】

従って、現在利用できるシステムとは異なる電力変換器制御システムを提供することは望ましいと思われる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】****【特許文献1】米国特許第5027264号明細書****【発明の概要】****【0008】**

様々な実施形態において、電力変換器の両側に別々の制御装置が設けられ、それらの制御装置の間の相互接続を最少量にする。例えば、電力変換器制御システムに、一次ブリッジ制御装置と、該一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置とを設けることができる。一次ブリッジ制御装置は、電力変換器の一次ブリッジ内の第1の複数の電力素子をスイッチングする第1の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。二次ブリッジ制御装置は、電力変換器の二次ブリッジ内の第2の複数の電力素子をスイッチングする第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。

40

【0009】

別の実施形態は、変圧器、一次ブリッジ及び二次ブリッジを有する電力変換器に関する

50

。変圧器は一次コイル及び二次コイルを持つ。一次ブリッジは、一次端子と変圧器の一次コイルとの間に接続された第1の複数の電力素子を有する。二次ブリッジは、二次端子と変圧器の二次コイルとの間に接続された第2の複数の電力素子を有する。電力変換器は更に、第1の複数の電力制御素子及び一次ブリッジ制御装置にそれぞれ動作可能に結合された第1の複数のゲート駆動ユニットを有する。第1の複数のゲート駆動ユニットは、一次ブリッジ制御装置によって作動されて、第1の複数の電力素子をスイッチングするように構成される。電力変換器は更に、第2の複数の電力素子に動作可能に結合され且つ一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置に動作可能に結合された第2の複数のゲート駆動ユニットを有する。第2の複数のゲート駆動ユニットは、二次ブリッジ制御装置によって作動されて、第2の複数の電力素子をスイッチングするように構成される。

10

【0010】

別の実施形態は、方法に関し、例えば、電力変換器を制御するための方法に関する。該方法は、一次ブリッジ制御装置の制御の下で、電力変換器内の一次ブリッジの複数の電力素子をスイッチングして、電力変換器の一次端子から一次コイルへ電流を転流する段階を有し、該一次コイルは二次コイルを励振する。一次端子には第1の電圧が存在する。本方法は更に、一次コイルの第2の電圧を観察する（例えば、第2の電圧を検知又は計算する）段階、並びに、二次コイルから電力変換器の二次端子へ電流を転流するために、一次コイルの第2の電圧に従って、且つ二次制御装置の制御の下に、電力変換器内の二次ブリッジの複数の電力素子をスイッチングする段階を有する。

【0011】

20

本書で用いられる用語「一次」は、電力を「二次」側へ送る変換器の側の構成要素を表す。また、用語「二次」は、電力を「一次」側から受け取って負荷へ伝送する変換器の側の構成要素を表す。従って、電力が逆に流れるとき、用語「一次」及び「二次」はそれに応じて変化する。

【0012】

本発明のこれらの及び他の特徴及び側面は、添付図面を参照した以下の詳しい説明を読むことによってより良く理解されよう。図面では、全図を通じて同様な部品を同様な参照符号で表している。

【図面の簡単な説明】

【0013】

30

【図1】図1は、本発明の様々な実施形態に従った、絶縁分離型Hブリッジ電力変換器の概略図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に従った、図1の電力変換器に使用することのできる一次及び二次制御装置の組合せの概略図である。

【図3】図3は、本発明の一側面による図1の変換器の一次及び二次変圧器巻線における電圧及び電流波形を示す。

【図4】図4は、本発明の別の実施形態に従った、図1に示した電力変換器に使用することのできる一次及び二次制御装置の組合せの概略図である。

【図5】図5は、本発明の様々な側面による一次巻線電圧観察器によって発生される鋸歯状波タイミング信号を示す。

40

【図6】図6は、二次DC電圧に基づいて変圧器一次AC電圧を推定するためのアルゴリズムを示すブロック図である。

【図7】図7は、本発明の更に別の実施形態に従った、図1に示した電力変換器に使用することのできる一次及び二次制御装置の組合せの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の模範的な様々な実施形態は、二重（双方向）Hブリッジ電力変換器の分散制御に関する。この電力変換器は一次側及び二次側を持ち、それらの各々は、1つの波形から別の波形へ電力を変換するように指令される一組の被制御半導体素子を持つ。電力変換器は、2つの側の間で双方向に電力を変換することができるが、状況によっては、一方向に

50

のみ動作するように要求されることがある。

【0015】

典型的には、この種類の電力変換器の制御は集中制御方法で行われ、この場合、単一の制御装置が一次及び二次側の両方の半導体素子に指令を行う。これは、制御装置への及び該装置からの検知及び作動信号について、変換器の各々の側への及びその側からの経路を選択することが必要である。場合によっては、この経路選択は所要の品質レベルで達成するのが困難であり、また距離及び／又は環境条件に起因して望ましくないことがある。従って、或る態様において、双方向電力変換器の両側に2つの別々の制御装置を持ち、それらの制御装置の間の相互接続を最少量にした制御システムを使用することが提案されている。

10

【0016】

この提案された分散化を達成するため、或る実施形態では、エネルギー受取り側の制御装置が、送り側の変圧器巻線電圧の変化を測定又は推定する。反対側の変圧器巻線電圧信号が利用できない実施形態では、制御装置は該信号をそれ自身の側の測定値から計算又は推定する。或る実施形態では、反対側の変圧器巻線電圧は、観測器（オブザーバー）、モデル反転、又は所望の電圧を得ることのできる他のアルゴリズムに基づいて、推定される。双方向電力変換を提供する実施形態では、反対側の電圧の観測は電力変換器の両側で生じる。変換器が一方向にのみ電力を変換する実施形態では、反対側の電圧の観測は電力の送り側では随意選択による。それにも拘わらず、その観測は、より効率のよい動作を達成するのに有用であると考えられる。或る側面ではレギュレーションの目的では必要としないが、様々な実施形態は、（始動／停止）信号伝達及び故障トリップ(trip)保護を可能にするために2つの側の間での通信を含むことができる。

20

【0017】

本発明は、環境条件が（通常、光ファイバ又は電気ケーブルを使用して行われる）制御装置から電力用電子装置ゲート駆動ユニットへの信号の経路選択を困難にするような状況において、特に有用である。このような条件の一例が、採鉱装置及び他のオフ・ハイウェー車両（OHV）において存在する。

【0018】

そこで、図1は本発明の模範的な一実施形態を例示し、該実施形態では、単相絶縁分離型双方向Hブリッジ電力変換器100がDC電源電圧「Vdc1」を受け取って、DC負荷電圧「Vdc2」を供給する。電力変換器100は、複数の半導体電力素子又は他のスイッチ101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108を含む。各電力素子は、コレクタC、ゲートG、及びエミッタEを持つ。各電力素子はまた、コレクタCとエミッタEとの間に逆並列（コレクタからダイオード陰極、またエミッタからダイオード陽極）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, 118を持つ。

30

【0019】

電力素子101, 102, 103, 104及びそれらの関連したフライバック・ダイオード111, 112, 113, 114は、一次ブリッジ120を形成するように配列され、また電力素子105, 106, 107, 108及びそれらの関連したフライバック・ダイオードは、二次ブリッジ122を形成するように配列される。一次ブリッジ120は、DC電源電圧Vdc1を転流して、変圧器140の一次コイル141にAC電流「Iph」を供給するように接続される。二次ブリッジ122は、変圧器140の二次コイル142のAC電流を転流することによって、DC負荷電圧Vdc2を供給するように接続される。

40

【0020】

電力変換器100内で、電力素子105は電力素子101と「相同」である。その理由は、電力素子101が一次コイル141（一次変圧器巻線）の高端子に接続され、且つ電力素子105が二次コイル142（二次変圧器巻線）の高端子に接続されていて、それらの電力素子の各々がそれ自身のブリッジ内で、その対応するブリッジ内の相同電力素子と

50

同様に機能するからである。同様に、電力素子 102 及び 106、103 及び 107、並びに 104 及び 108 もまた、相同対である。

【0021】

一次ブリッジ 120 の電力素子 101、102 等は、以下に詳しく説明するように、ゲート電圧信号「Vg1」、「Vg2」等によってオン又はオフにスイッチングされて、AC 電流 Ip h を一次変圧器コイル 141 へ供給するために一次 DC 電圧 Vdc1 を転流することができる。二次ブリッジ 122 の電力素子 105、106 等は、ゲート電圧信号「Vg5」、「Vg6」等によってオン又はオフにスイッチングされて、遙降 DC 電圧 Vdc2 を供給するために二次コイルの AC 電圧を転流する。

【0022】

このように、図 1 は、電力変圧器 140 を介して接続された一次及び二次半導体ブリッジ 120 及び 122 を含む絶縁分離型 H ブリッジ変換器 100 を示している。一次及び二次ブリッジ 120 及び 122 の転流を適切に調整することによって、変換器 100 は、DC 電圧 Vdc1 及び Vdc2 を所定の範囲内に維持しながら、変圧器 140 を横切って双方に電力を転送することができる。いずれの方向の場合でも、他方又は二次側へ電力を送るために一次ブリッジによってスイッチングされる一次又は電源側があり、二次側は電力を受け取って、二次ブリッジを介して負荷へ電力を転送する。

【0023】

図 1 には、電力素子として使用される半導体素子が絶縁ゲート型バイポーラ・トランジスタ (IGBT) である模範的な一実施形態を具体的に例示しているが、本発明はまた、他の固体半導体素子、例えば、限定するものではないが、バイモード絶縁ゲート型トランジスタ、MOSFET、及び / 又は JFET に適用することができる。本発明の選択実施形態において、各電力素子及びその対応するフライバック・ダイオードは一緒になって、2012 年 4 月 24 日出願の米国特許出願第 13/454292 号に記載されているようなスイッチング・モジュールを形成する。該米国特許出願は引用によってその全体を援用する。

【0024】

様々な実施形態において、電力変換器 100 は、設定値又は時間関数に従って出力電圧を維持するように制御される。出力電圧 Vdc2 は、一次及び二次ブリッジ 120 及び 122 をの間にブリッジ間位相シフト「dsh」を導入することによって制御される。この位相シフト（移相）は、一次及び二次変圧器コイル 141 及び 142 における AC 電圧の一部である。変換器を通しての電力転送は、位相シフト dsh と、一次及び二次電圧と、変圧器インピーダンスとの関数である。一般に、ブリッジ間位相シフトが大きくなると、電圧が一定である場合、電力転送は大きくなる。電力転送が所与の値である場合、位相シフトは受取り側の電圧を変化させる。従って、位相シフト dsh は、電圧を調整するために使用することができる。

【0025】

引き続き図 1 について説明すると、本発明の様々な側面において、電力変換器 100 の制御を一次ブリッジ制御装置 130 と二次ブリッジ制御装置 132 とに分割して、各制御装置 130 又は 132 がそれぞれの一次又は二次ブリッジ 120 又は 122 の複数の電力素子 101 等を制御するようにする。一次制御装置 130 は一次ブリッジ・ゲート電圧 Vg1 ~ Vg4 の発生を制御する。二次制御装置 132 は二次ブリッジ・ゲート電圧 Vg5 ~ Vg8 の発生を制御する。より具体的に述べると、第 1 の複数のゲート駆動ユニット 143 が一次制御装置 130 に結合され、また第 2 の複数のゲート駆動ユニット 144 が二次制御装置 132 に結合される。これらのゲート駆動ユニットの入力は制御装置の制御信号出力によって駆動され、またこれらのゲート駆動ユニットの出力は複数の電力素子のゲートにそれぞれ電気的に結合される。適当なゲート駆動ユニットの例が、前掲の米国特許出願に記載されている。ゲート駆動ユニットは一部又は全部を制御装置と集積化することができ、或いは別々にパッケージ化するか又はその他のやり方で制御装置とは別個にすることができる。一次及び二次制御装置 130 及び 132 は、DC 電源から DC 負荷への電

10

20

30

40

50

力の転送を制御するように、所定のスケジュールに従って、ゲート電圧信号 $V_{g1} \sim V_{g8}$ を半導体電力素子 101 ~ 108 へ送るために協調させる。

【0026】

電力変換器 100 は、双方向に電力を変換するために使用することができる。従って、様々な実施形態において、制御装置 130 及び 132 の各々は、所望のブリッジ間位相シフト dsh を達成するようにゲート電圧のスケジュールを定めるように構成される。用途によっては、いずれかの制御装置 130 又は 132、或いは両方が、反対側のブリッジの変圧器端子における AC 電圧を検知することが可能である。これには、電力変換器の両側の間に「高サンプル速度」（変圧器 140 の動作周波数の約 10 倍よりも高い）の有線信号接続を必要とすることがある。

10

【0027】

他の実施形態において、高サンプル速度の波形測定は行われない。代わりに、一次及び二次制御装置 130 及び 132 は、通信リンク 134 を介して一方から他方へ伝送される「低データ転送速度」（変圧器 140 の動作周波数の約 10 倍よりも低い）の信号によって協調させることができる。選択実施形態において、通信リンク 134 は無線とすることができます。選択実施形態において、一方の装置（典型的には、一次装置 130）が「マスター」であり、他方の装置（典型的には、二次装置 132）が「スレーブ」である。スレーブ装置は、通信リンク 134 を介してマスター装置から受け取ったタイミング信号に従って、その関連したブリッジを循環動作させる。

【0028】

20

他の実施形態において、高サンプル速度の波形測定は行われず、且つタイミング信号は伝送されない。代わりに、各制御装置 130, 132 は反対側の変圧器巻線電圧を推定し、そして同じ側の変圧器端子における AC 電圧の時間変化又は波形に基づいて、適切なブリッジ間位相シフトを独立に決定する。適當な推定方法は、所定の関係に基づくものである。このような所定の関係は、DC 電圧及びゲート・タイミングのような局部的に測定可能な変数を、遠隔の（他方の側の）AC 電圧及び / 又は電流に結びつける数学的関係式を含む。このように実施形態は、単一の中央制御装置と比較して、又は反対側の電圧の直接波形測定に依存する分散制御装置と比較して、物理的損傷に対してかなり強くなる。

【0029】

30

一方、ブリッジが一方向にのみ電力を転送する特別な実施形態では、片側のみの測定 / 推定を用いることができる。また、電力の送り側での電圧の測定又は推定に依存する代わりに、受取り側のブリッジ制御装置が、送り側の電圧に関連させた局部的測定から発生されるタイミング信号に基づいて、適切なブリッジ間位相シフトを決定することが可能である。

【0030】

従って、幾つかの異なる分離度又は独立度を、様々な側面及び実施形態で具現化することができる。最高の分離度は、送り側及び受取り側が独立に動作することに対応する。他方の側における必要な信号が推定され、また唯一の相互接続は、始動 / 停止（動作許可）及び保護トリップを伝送するために用いられる電気状態である。次の分離度は、タイミング信号を受取り側へ送ることを含む。別の分離度は、2つの側の間でタイミング信号を交換することを含む。更に別の分離度は、少なくとも一方の制御装置において反対側の電圧を直接測定することを含む。最低の分離度は、一方の制御装置が他方の制御装置を駆動するマスター・スレーブ関係を含む。

40

【0031】

図 2 は、一次及び二次ブリッジ制御装置 130 及び 132 の各々が、（反対側のブリッジ制御装置を介して得られた）反対の変換器側の電圧の測定値を利用できる実施形態を示す概略図である。一次制御サブシステム 201（制御装置及びゲート駆動ユニットの組合せ）において、一次ブリッジ制御装置 130（「一次制御装置」）が、二次変圧器巻線又はコイル 142 の両端間の AC 電圧 V_{S} の測定値を、DC 電源電流 I_1 及び電圧 V_{dc1} の測定値と共に受け取る。制御装置 130 は一次側変調器 203（少なくとも第 1 の複

50

数のゲート駆動ユニット 143（この図には示していない）を有する）と連絡し、一次側変調器 203 はゲート電圧 $V_{g1} \sim V_{g4}$ をそれぞれの一次電力素子 101 ~ 104 へ送る。様々な実施形態において、一次制御システム 201 はまた保護 / 動作許可モジュール 205 を含み、これは、二次ブリッジ制御装置 132 内の同様なモジュール 206 と連絡し、また一次制御装置 130 の一部とすることができる。これらの保護 / 動作許可モジュールは、（イ）指定された信号の受信時にシステム動作を停止させること、又は（ロ）故障状態に起因して信号がもはや存在しない場合に、システムの動作が自動的に停止するよう、信号が存在しているときのみ動作を許可すること、の内の少なくとも 1 つを行うように構成することができる。

【0032】

10

引き続き図 2 について説明すると、二次制御サブシステム 202 が二次ブリッジ制御装置 132（「二次制御装置」）及び二次側変調器 204 を含み、二次側変調器 204 は少なくとも第 2 の複数のゲート駆動ユニット 144（この図には示していない）を含む。二次制御装置 132 は、一次変圧器巻線又はコイル 141 の両端間の AC 電圧 V_P の測定値を、DC 負荷電流 I_2 及び電圧 V_{dc2} の測定値と共に受け取る。二次制御装置 132 は二次側変調器 204 と連絡し、二次側変調器 204 はゲート電圧 $V_{g5} \sim V_{g8}$ をそれぞれの二次電力素子 105 ~ 108 へ送る。

【0033】

反対側の AC 電圧測定値 V_P , V_S は、保護 / 動作許可信号と共に、図 1 に関して前に述べたように通信リンク 134 を介して伝送することができる。

20

【0034】

図 3 は、図 2 による実施形態のシミュレーションを示し、この場合、二重 H ブリッジ電力変換器 100 が、反対側の電圧を完全に検知して、提案された一次及び二次側又はブリッジ制御装置 130 及び 132 によって作動される。例示した実施形態では、一次ブリッジ 120 は電力の送り側であり、また二次ブリッジ 122 は、遅れ位相シフトで、電力を受け取る。詳しく述べると、図 3 は、一次側電流 I_{ph} と、一次及び二次 DC 電圧 V_P 及び V_S の典型的な波形をそれぞれ示す。ブリッジ間位相シフトが、電圧及び電流の測定値に基づいて、二次ブリッジ制御装置 132 において具現化される。

【0035】

図 4 は、一実施形態を示す概略図であり、該実施形態では、一次制御サブシステム 401 が、一次ブリッジ制御装置 430 と共に、反対側の二次ブリッジ 122 における電圧を推定するための観測器モジュール 450 を含み、他方、二次制御サブシステム 402 が、二次ブリッジ制御装置 432 と共に、反対側の一次ブリッジ 120 における電圧を推定するための別の観測器モジュール 452 を含む。例えば、観測器 452 は、DC 負荷電圧及び電流 V_{dc2} 及び I_2 と、二次側変調器 404 によって発生された二次ブリッジ・ゲート信号とを受け取る。従って、図示の実施形態では、観測器 452 は、局部的ゲート信号と同時に検知された局部的 DC 電圧に基づいて、瞬時一次側 AC 電圧 V_P の推定値 V_{1ac} を発生することができる。特定の側面では、一次電圧観測器 452 は、推定値 V_{1ac} に基づいて、図 5 に示されているような鋸歯状波タイミング信号 INTG を発生することができる。更に、特定の側面では、観測器 452 は変圧器特性を考慮することができる。例えば、観測器 452 は、図 6 に示されているように、 V_{2dc} 、変圧器 140 の巻線比 N、推定漏洩電流 L_{1k} 、及びゲート電圧 $V_{g5} \sim V_{g8}$ に基づいて、 V_{1ac} を推定することができる。

30

【0036】

40

図 7 は、図 4 に示した実施形態の特別な場合の概略図であり、この場合、電力伝送が一方向のみであり、また一次側の電圧を推定するために、観測器が二次制御サブシステム 402 においてのみ使用される。二次側電圧 V_S の測定値を一次制御装置 132 に供給することができるが、このような測定値は、厳密には、この実施形態にとって不可欠ではない。

【0037】

50

従って、様々な実施形態において、電力変換器制御システムは、一次ブリッジ制御装置と、該一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置とを含む。一次ブリッジ制御装置は、電力変換器の一次ブリッジ内の第1の複数の電力素子をスイッチングする第1の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。二次ブリッジ制御装置は、電力変換器の二次ブリッジ内の第2の複数の電力素子をスイッチングする第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。選択実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジにおけるAC電圧の波形の直接測定に基づいて第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。他の実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジから伝送された信号に応答して第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。例えば、伝送された信号は鋸歯状波形とすることができます。他の実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジにおけるAC電圧の局部的推定(local estimation)に基づいて第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。選択実施形態において、局部的推定は、推定された波形である。特定の側面では、局部的推定は、一次ブリッジにおけるAC電圧に対する局部的DC電圧及び局部的ゲート信号の所定の関係に基づくものである。このような側面では、局部的電流及び変圧器のパラメータもまた、局部的推定のより正確な結果を得るために入力することができる。一次電圧の推定は、局部的同期化信号を発生するために用いることができる。10

【0038】

他の実施形態において、電力変換器は、変圧器、一次ブリッジ及び二次ブリッジを含む。変圧器は一次コイル及び二次コイルを含む。一次ブリッジは、一次端子間に接続された第1の複数の電力素子を有する。二次ブリッジは、二次端子間に接続された第2の複数の電力素子を有する。第1の複数の電力素子の各々は、それらの電力素子にそれぞれ動作可能に結合された第1の複数のゲート駆動ユニットとの内対応する1つによってスイッチングされるように構成される。第1の複数のゲート駆動ユニットの各々は、一次ブリッジ制御装置によって作動されるように構成される。第2の複数の電力素子の各々は、それらの電力素子にそれぞれ動作可能に結合された第2の複数のゲート駆動ユニットとの内対応する1つによってスイッチングされるように構成される。第2の複数のゲート駆動ユニットの各々は、一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置によって作動されるように構成される。選択実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジにおけるAC電圧の波形の直接測定に基づいて第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。他の実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジ制御装置から伝送された信号に応答して第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。例えば、伝送された信号は鋸歯状波形である。他の実施形態において、二次ブリッジ制御装置は、一次ブリッジにおけるAC電圧の局部的推定に基づいて第2の複数のゲート駆動ユニットを作動するように構成される。選択実施形態において、局部的推定は、推定された波形である。特定の側面では、局部的推定は、一次ブリッジにおけるAC電圧に対する局部的DC電圧の所定の関係に基づくものである。他の実施形態において、局部的推定は、局部的に発生されたタイミング信号である。例えば、タイミング信号は、局部的ゲート信号と同時に検知された局部的DC電圧に基づくものである。30

【0039】

或る側面では、電力変換器の一次端子に電圧が供給される。電力変換器内の一次ブリッジの複数の電力素子が、一次ブリッジ制御装置により、スイッチングされて、一次端子から一次コイルへ電流を転流する。一次コイルは二次コイルを励振する。一次コイル上の電圧が観測され、該一次コイルの観測された電圧に従って、二次制御装置が、電力変換器の二次端子へ電流を転流するために電力変換器内の二次ブリッジの複数の電力素子をスイッチングするように動作する。特定の側面では、一次コイルの観測された電圧は、二次制御装置における局部的推定によって観測される。

【0040】

このように、本発明の様々な実施形態及び側面は、電力変換器内の一次及び二次ブリッジに関連した一次及び二次制御装置による電力変換器の分散制御に関するものである。結40

50

果として、一次及び二次ブリッジの間の制御に関連した有線接続を最少にし又は省略することができる。従って、電力変換器に対する物理的損傷の危険性が、配線の損傷の可能性を低減することによって減少する。従って、特定の側面では、本発明は、損傷を生じさせるような環境状態の下での電力変換器の信頼性を高めることができる。

【0041】

本書で述べたように、様々な実施形態において、電力変換器は、一次ブリッジ、二次ブリッジ、一次ブリッジ制御装置、及び該一次ブリッジ制御装置とは別個の二次ブリッジ制御装置を含む。一側面によれば、「別個」は、いずれかの制御装置が他の制御装置から完全に電気的に絶縁分離されていた場合でも、それがそのブリッジの複数ゲート駆動ユニットを依然として制御することができるよう、各制御装置が、個別に、そのブリッジに関連した複数のゲート駆動ユニットを制御できることを意味する。「別個」はまた、ハウジング又はサブハウジングが異なること、2つの制御装置の間で共用されない異なるマイクロプロセッサ又は他の集積回路又は他の電子回路を持つこと、及び／又は変圧器接続又は共通のアースへの接続を除いて電気的に絶縁分離されることを含むことができる。

10

【0042】

ここで、上記の記載が説明のためのものであって、制限するためのものではないことを理解されたい。例えば、上述の様々な実施形態（及び／又はその様々な側面）は互いに組み合わせて用いることができる。その上、特定の状況又は構成要素を本発明の範囲から逸脱せずに本発明の教示に適合させるために多くの修正を為すことができる。本書で述べた構成要素の寸法及び種類は本発明の実施形態を例示しようとするものである、それらは制限ではなく、事実上典型的なものである。上記の説明を検討するとき、当業者には多くの他の実施形態が明らかであろう。従って、発明の範囲は、「特許請求の範囲」の記載と共に、該記載と等価な全ての範囲を参照して決定すべきである。

20

【0043】

「特許請求の範囲」の記載では、「含む」と「その場合において」というような用語は「有する」と「その場合」というような用語とそれぞれ等価なものとして用いられている。更に、特許請求の範囲の記載において、「第1」、「第2」、「第3」、「上側」、「下側」、「底部」、「頂部」、「上」、「下」などの用語は単にラベルとして用いられていて、それらの対象について数又は位置に関する要件を課しているものではない。更に、特許請求の範囲が「手段+機能」形式で記載されてい、また特許請求の範囲は、構造についての記載のない機能の記述の後に用語「手段」を用いて表現していないなら、米国特許法35U.S.C. 112、第6項に基づいて解釈されるべきではない。

30

【0044】

本書に用いられるような、単数形で表され且つ数を特記していない要素及び段階は、特に明記していない限り、複数の該要素及び段階を排除するものではないことを理解されたい。更に、「一実施形態」という場合、これは、そこに記載した特徴を同様に取り入れている更に別の実施形態の存在を排除するものとして解釈すべきであることを意図してはいない。また更に、特定の特性を持つ1つ又は複数の要素を「有する」、「含む」又は「持っている」実施形態は、特に否定しない限り、その特性を持たない追加の同様な要素を含むことができる。

40

【0045】

上述の様々な実施形態において、本発明の精神及び範囲から逸脱せずに或る特定の変更を行うことができるので、上記の記載の又は添付図面に示されている内容は全て、単に発明の概念を説明する例として解釈されるべきであって、本発明を制限するものとして解釈されるべきではない。

【符号の説明】

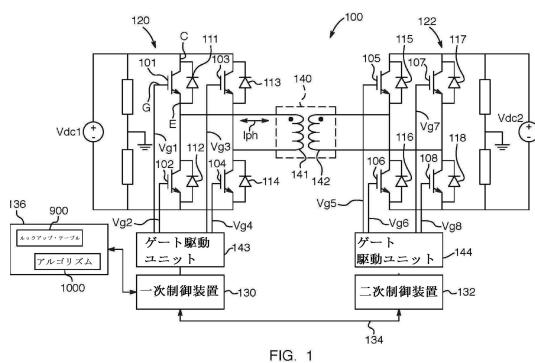
【0046】

100 単相絶縁分離型双方向Hブリッジ電力変換器
 101, 102, 103, 104 半導体電力素子
 105, 106, 107, 108 半導体電力素子

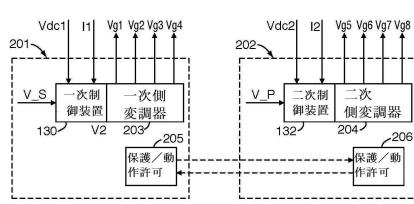
50

1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 , 1 1 4	フライバック・ダイオード
1 1 5 , 1 1 6 , 1 1 7 , 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	一次ブリッジ制御装置
1 3 2	二次ブリッジ制御装置
1 3 4	通信リンク
1 4 0	変圧器
1 4 1	一次コイル
1 4 2	二次コイル
2 0 1	一次制御サブシステム
2 0 2	二次制御サブシステム
2 0 3	一次側変調器
2 0 4	二次側変調器
2 0 5 , 2 0 6	保護 / 動作許可モジュール
4 0 1	一次制御サブシステム
4 0 2	二次制御サブシステム

【図 1】



【図 2】



【図 3】

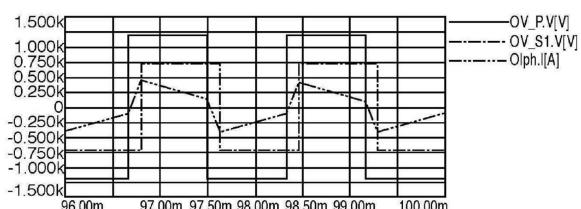


FIG. 3

【図 4】

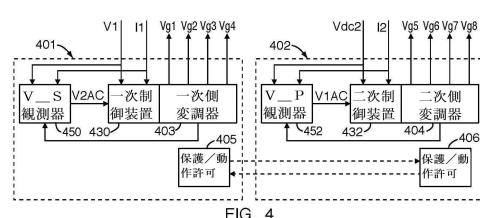


FIG. 2

【図5】

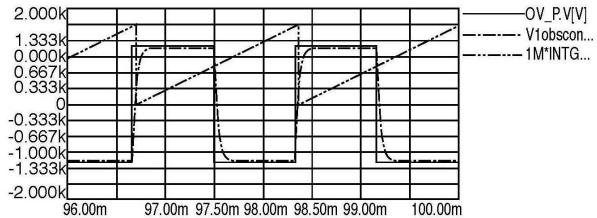


FIG. 5

【図6】

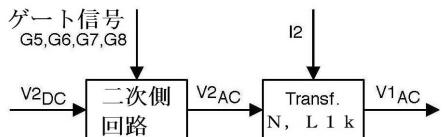


FIG. 6

【図7】

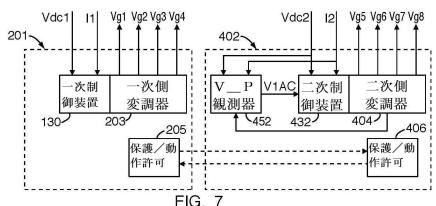


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 セバスティアン・ペドロ・ロサド
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番
- (72)発明者 ヘンリー・トッド・ヤング
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番
- (72)発明者 サイモン・ハーバート・シュラム
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番
- (72)発明者 アルヴァロ・ジョージ・マリ・キューベロ
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番
- (72)発明者 ジェイソン・ダニエル・クッテンクラー
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番
- (72)発明者 パオロ・ソルディ
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16531、エリー、ビルディング・5-2、イースト・レイク・ロード、2901番

合議体

審判長 國分 直樹

審判官 山本 章裕

審判官 山田 正文

- (56)参考文献 特開2009-177940(JP,A)
特開2004-215469(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/28