

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
H 0 2 M	7/12	(2006.01)	H 0 2 M	7/12	F	5 H 0 0 6		
H 0 2 M	3/155	(2006.01)	H 0 2 M	3/155	F	5 H 7 3 0		

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全21頁)

(21)出願番号	特願2018-151468(P2018-151468)	(71)出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県長久手市横道41番地の1
(22)出願日	平成30年8月10日(2018.8.10)	(74)代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
		(72)発明者	ゴー・テックチャン 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72)発明者	戸村 修二 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
		F ターム(参考)	5H006 BB05 CA02 CB01 CB07 CB08 CC01 CC02 DB01 5H730 AS04 AS13 BB14 BB84 BB86 BB88 CC05 DD04 EE07 FG02

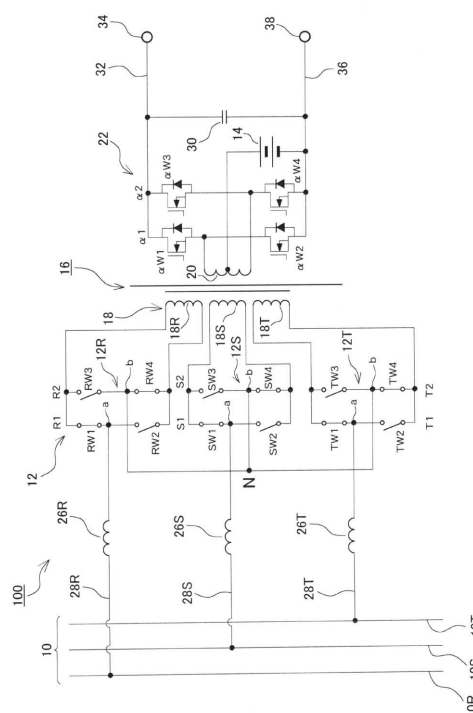
(54) 【発明の名称】 電力変換装置および電力変換システム

(57) 【要約】

【課題】本発明は、電力変換装置の構成を簡単にすることを目的とする。

【解決手段】交流スイッチング回路12は電力系統10に接続されている。トランス16は、磁気的に結合するプライマリ巻線18とセカンダリ巻線20を備えている。プライマリ巻線18の両端は交流スイッチング回路12に接続され、セカンダリ巻線20の両端は直流スイッチング回路22に接続されている。バッテリー14は、セカンダリ巻線20の中途点端子に接続されている。電力変換装置100は、交流スイッチング回路12からトランス16を介して供給される電力に対するスイッチングによってバッテリー14、もしくは直流スイッチング回路22に接続された電気自動車に電力を伝送する動作、電気自動車若しくはバッテリー14からトランス16を介して交流スイッチング回路22に電力を供給する動作、または、電気自動車とバッテリー14との間で電力を授受させる動作のいずれかの動作をする。

【選択図】図2



1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

交流入力電力または交流出力電力を調整する交流スイッチング回路と、  
前記交流スイッチング回路に接続されたプライマリ巻線と、  
前記プライマリ巻線に磁氣的に結合するセカンダリ巻線と、  
前記セカンダリ巻線に接続された直流スイッチング回路と、  
前記セカンダリ巻線に接続されたバッテリーと、を備え、  
前記交流スイッチング回路は、  
複数の相電圧に対応して設けられ、それぞれが一对の接続端を有する複数の単相スイッチング回路を含み、  
前記プライマリ巻線は、  
各前記単相スイッチング回路に対応して設けられ、対応する前記単相スイッチング回路に接続された部分プライマリ巻線を含み、  
複数の前記相電圧のうちの 1 相の相電圧が、その 1 相の相電圧に対応する前記単相スイッチング回路の一方の接続端に印加され、  
各前記単相スイッチング回路の他方の接続端が、複数の前記相電圧に対する中性点または当該中性点に至る経路に接続されている、ことを特徴とする電力変換装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の電力変換装置において、  
前記直流スイッチング回路および前記セカンダリ巻線は、  
前記バッテリーから出力される電圧を昇圧し、前記バッテリーから自らに隣接する隣接回路に昇圧後の電圧を出力する昇圧動作をすることを特徴とする電力変換装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電力変換装置において、  
前記交流スイッチング回路から前記プライマリ巻線および前記セカンダリ巻線を介して供給される電力に対するスイッチングによって前記バッテリーまたは前記隣接回路に電力を伝送する動作、  
前記隣接回路もしくは前記バッテリーから、前記セカンダリ巻線および前記プライマリ巻線を介して前記交流スイッチング回路に電力を供給する動作、または、  
前記隣接回路と前記バッテリーとの間で電力を授受させる動作のいずれかの動作をすることを特徴とする電力変換装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の電力変換装置において、  
複数の前記セカンダリ巻線と、  
複数の前記セカンダリ巻線に対応して設けられ、共通の前記バッテリーが接続された複数の前記直流スイッチング回路と、を備え、

2

複数の前記直流スイッチング回路は、共通の隣接回路に接続され、前記隣接回路との間で電力を授受することを特徴とする電力変換装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の電力変換装置において、  
各前記セカンダリ巻線の両端に、各前記セカンダリ巻線に対応する前記直流スイッチング回路が接続されており、  
各前記セカンダリ巻線の中途点に、共通の前記バッテリーが接続されていることを特徴とする電力変換装置。

## 【請求項 6】

複数の負荷装置に対応して設けられた複数の電力変換モジュールであって、当該複数の負荷装置のうち対応するものとの間で、それぞれが電力を授受する複数の電力変換モジュール、を備え、  
複数の前記電力変換モジュールのそれぞれは、  
請求項 1 に記載の電力変換装置を備え、  
複数の前記相電圧のそれぞれについて、複数の前記電力変換モジュールにおける前記単相スイッチング回路が直列接続されており、  
当該直列接続は、各前記単相スイッチング回路の一方の接続端を前端とし、他方の接続端を後端としたときに、  
初段の前記単相スイッチング回路の前端に、複数の前記相電圧のうちの 1 相の相電圧が印加され、  
前段の前記単相スイッチング回路の後端が、  
次段の前記単相スイッチング回路の前端に接続され、  
最終段の前記単相スイッチング回路の後端が、前記中性点に接続される接続態様であり、  
各前記直流スイッチング回路に対応する前記負荷装置が、  
各前記直流スイッチング回路に接続されていることを特徴とする電力変換システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電力変換装置および電力変換システムに関し、特に、バッテリーを充電し、または、バッテリーから外部の回路に電力を供給する装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ハイブリッド自動車や電気自動車等の電動車両が広く用いられている。近年では、電動車両に搭載されたバッテリーから商用電源システム等の電力系統に電力を供給し、電力系統からバッテリーに電力を供給する V 2 G (Vehicle to Grid) と呼ばれる技術につき研究が行われている。V 2 G では、バッテリーから出力された電力を調整して電力系統に供給し、あるいは、電力系統から供給された電力を調整してバッテリーに出力する電力変換装置が用いられる。また、電動車両に搭載されたバッテリーから一般家庭、オフィス等で用いられる電気機器に電力を供給する V 2 H (Vehicle to Home) と呼ばれる技術について

3

も研究が行われている。V 2 Hにおいても、バッテリーと電気機器との間の電力経路に電力変換装置が用いられる。

【0003】

一般に、電力変換装置は複数のスイッチング素子を有している。制御装置は、各スイッチング素子のオンオフ制御を行うことで電力変換装置を制御し、伝送電力の調整を電力変換装置に行わせる。

【0004】

以下の特許文献1には、商用電源から供給される電力によって蓄電池(バッテリー)を充電する機能と、商用電源または蓄電池から、電気自動車に搭載された電池(車載バッテリー)に電力を供給する機能とを備えた装置が記載されている。各部に電力を供給するためのバスと商用電源との間には、AC/DCコンバータ(電力変換装置)が設けられている。

また、バスと蓄電池との間、およびバスと電気自動車との間には、DC/DCコンバータ(電力変換装置)が設けられている。特許文献2には、絶縁型電力変換装置が記載されている。この絶縁型電力変換装置は、トランスで結合された2つのスイッチング回路を備えている。一方のスイッチング回路には交流電源が接続され、他方のスイッチング回路には直流電源が接続されている。2つのスイッチング回路のスイッチングにより、交流電源から直流電源に電力が供給され、あるいは、直流電源から交流電源に電力が供給される。交流電源が接続されるスイッチング素子には、双方向スイッチが用いられている。特許文献2には、スイッチング損失を低減するためのスイッチング動作が記載されている。

【0005】

また、以下の非特許文献1には、本願発明に関連する技術として、複数のスイッチング回路の入力端子、および複数のスイッチング回路の出力端子を並列接続する技術等が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2014-121216号公報

【特許文献2】特開2016-226162号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】“A 22 kW on-board charger for automotive applications based on a modular design” Fraunhofer IISB Germany, IEEE Conference on Energy Conversion Oct. 2014

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ハイブリッド自動車や電気自動車等の電動車両に用いられる電力変換装置では、ユーザが操作する部位を絶縁し

4

たり、入出力電圧が異なる複数のスイッチング回路を結合したりするため複数のトランスが用いられることが多い。また、バッテリーの出力電圧を昇圧または降圧するために、誘導起電力を発生させるための巻線がトランスに加えて用いられ、部品の数が多くなり、回路構成が複雑となってしまうことがある。

【0009】

本発明は、電力変換装置の構成を簡単にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る電力変換装置は、交流入力電力または交流出力電力を調整する交流スイッチング回路と、前記交流スイッチング回路に接続されたプライマリ巻線と、前記プライマリ巻線に磁氣的に結合するセカンダリ巻線と、前記セカンダリ巻線に接続された直流スイッチング回路と、前記セカンダリ巻線に接続されたバッテリーと、を備え、前記交流スイッチング回路は、複数の相電圧に対応して設けられ、それぞれが一对の接続端を有する複数の単相スイッチング回路を含み、前記プライマリ巻線は、各前記単相スイッチング回路に対応して設けられ、対応する前記単相スイッチング回路に接続された部分プライマリ巻線を含み、複数の前記相電圧のうちの1相の相電圧が、その1相の相電圧に対応する前記単相スイッチング回路の一方の接続端に印加され、各前記単相スイッチング回路の他方の接続端が、複数の前記相電圧に対する中性点または当該中性点に至る経路に接続されていることを特徴とする。

【0011】

望ましくは、前記直流スイッチング回路および前記セカンダリ巻線は、前記バッテリーから出力される電圧を昇圧し、前記バッテリーから自らに隣接する隣接回路に昇圧後の電圧を出力する昇圧動作をする。

【0012】

望ましくは、前記交流スイッチング回路から前記プライマリ巻線および前記セカンダリ巻線を介して供給される電力に対するスイッチングによって前記バッテリーまたは前記隣接回路に電力を伝送する動作、前記隣接回路もしくは前記バッテリーから、前記セカンダリ巻線および前記プライマリ巻線を介して前記交流スイッチング回路に電力を供給する動作、または、前記隣接回路と前記バッテリーとの間で電力を授受させる動作のいずれかの動作をする。

【0013】

望ましくは、複数の前記セカンダリ巻線と、複数の前記セカンダリ巻線に対応して設けられ、共通の前記バッテリーが接続された複数の前記直流スイッチング回路と、を備え、複数の前記直流スイッチング回路は、共通の隣接回路に接続され、前記隣接回路との間で電力を授受する。

5

## 【 0 0 1 4 】

望ましくは、各前記セカンダリ巻線の両端に、各前記セカンダリ巻線に対応する前記直流スイッチング回路が接続されており、各前記セカンダリ巻線の中途点に、共通の前記バッテリーが接続されている。

## 【 0 0 1 5 】

望ましくは、複数の負荷装置に対応して設けられた複数の電力変換モジュールであって、当該複数の負荷装置のうち対応するものとの間で、それぞれが電力を授受する複数の電力変換モジュール、を備え、複数の前記電力変換モジュールのそれぞれは、前記電力変換装置を備え、複数の前記相電圧のそれぞれについて、複数の前記電力変換モジュールにおける前記単相スイッチング回路が直列接続されており、当該直列接続は、各前記単相スイッチング回路の一方の接続端を前端とし、他方の接続端を後端としたときに、初段の前記単相スイッチング回路の前端に、複数の前記相電圧のうちの1相の相電圧が印加され、前段の前記単相スイッチング回路の後端が、次段の前記単相スイッチング回路の前端に接続され、最終段の前記単相スイッチング回路の後端が、前記中性点に接続される接続態様であり、各前記直流スイッチング回路に対応する前記負荷装置が、各前記直流スイッチング回路に接続されている。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、電力変換装置の構成が簡単になる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 電力変換装置の構成を示す図である。

【 図 2 】 電力変換装置の回路構成を示す図である。 30

【 図 3 】 双方向スイッチの例を示す図である。

【 図 4 】 電力変換装置を制御する制御装置の構成を示す図である。

【 図 5 】 直流側制御部の構成を示す図である。

【 図 6 】 直流側制御部の処理に用いられる信号等を示す図である。

【 図 7 】 交流側制御部の構成を示す図である。

【 図 8 】 交流側制御部の処理に用いられる信号等を示す図である。

【 図 9 】 交流接続点と中性接続点との間の電圧を示す図 40 である。

【 図 1 0 】 電力変換装置の電力伝送状態を示す図である。

【 図 1 1 】 第 1 応用例に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

【 図 1 2 】 電力変換装置における各電圧の計算結果を示す図である。

【 図 1 3 】 第 2 応用例に係る電力変換システムの回路構成を示す図である。

【 図 1 4 】 電力変換システムについてのシミュレーション結果を示す図である。 50

6

ン結果を示す図である。

【 図 1 5 】 電力変換システムについてのシミュレーション結果を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 8 】

図 1 には、本発明の実施形態に係る電力変換装置 1 0 0 の構成が示されている。電力変換装置 1 0 0 は、電力を供給する設備である電力系統 1 0 に接続されている。電力系統 1 0 には、例えば商用電源システムがある。電力変換装置 1 0 0 はバッテリー 1 4 を備えており、電力系統 1 0 とバッテリー 1 4 との間の電力伝送を行う。また、電力変換装置 1 0 0 には、電気自動車 2 4 が着脱自在となっている。電力系統 1 0 、バッテリー 1 4 および電気自動車 2 4 のそれぞれは、電力変換装置 1 0 0 の動作に応じて電力変換装置 1 0 0 に電力を出力し、あるいは、電力変換装置 1 0 0 から電力を取得する。なお、電力変換装置 1 0 0 には、電気自動車の他、ハイブリッド自動車等が接続されてもよい。また、電力変換装置 1 0 0 には、電気自動車やハイブリッド自動車等の電動車両に搭載される車載バッテリーが接続されてもよい。

## 【 0 0 1 9 】

電力変換装置 1 0 0 は、交流スイッチング回路 1 2 、トランス 1 6 、直流スイッチング回路 2 2 、およびバッテリー 1 4 を備えている。交流スイッチング回路 1 2 は、電力系統 1 0 に接続されている。トランス 1 6 は、磁気的に結合するプライマリ巻線 1 8 とセカンダリ巻線 2 0 を備えている。プライマリ巻線 1 8 の両端は交流スイッチング回路 1 2 に接続され、セカンダリ巻線 2 0 の両端は直流スイッチング回路 2 2 に接続されている。バッテリー 1 4 は、セカンダリ巻線 2 0 の中途点端子（タップ）に接続されている。

## 【 0 0 2 0 】

電力変換装置 1 0 0 は、次の（ 1 ）～（ 5 ）に示される機能を有している。

（ 1 ）電力系統 1 0 から取得した電力をバッテリー 1 4 に供給し、バッテリー 1 4 を充電する機能（ 2 ）バッテリー 1 4 から取得した電力を電力系統 1 0 に供給する機能（ 3 ）電力系統 1 0 から取得した電力を電気自動車 2 4 に供給し、電気自動車 2 4 に搭載された車載バッテリーを充電する機能（ 4 ）バッテリー 1 4 から取得した電力を電気自動車 2 4 に供給し、車載バッテリーを充電する機能（ 5 ）車載バッテリーから取得した電力を電力系統 1 0 に供給する機能（ V 2 G に用いられる機能）

## 【 0 0 2 1 】

なお、電力変換装置 1 0 0 は、上記の（ 3 ）および（ 4 ）を組み合わせ、電力系統 1 0 から取得した電力と、バッテリー 1 4 から取得した電力を電気自動車 2 4 に供給し、車載バッテリーを充電してもよい。また、電力変換装置 1 0 0 は、車載バッテリーから取得した電力をバッテリー 1 4 に供給してもよい。

7

## 【 0 0 2 2 】

図 2 には、本発明の実施形態に係る電力変換装置 1 0 0 の回路構成が示されている。電力系統 1 0 は、R 相線 1 0 R、S 相線 1 0 S および T 相線 1 0 T を備え、これら 3 相の電力伝送線に電力変換装置 1 0 0 が接続されている。交流スイッチング回路 1 2 は、3 相の単相スイッチング回路として R 相スイッチング回路 1 2 R、S 相スイッチング回路 1 2 S および T 相スイッチング回路 1 2 T を備えている。

## 【 0 0 2 3 】

R 相スイッチング回路 1 2 R は、並列接続された 2 つのハーフブリッジ R 1 および R 2 を備えている。ハーフブリッジ R 1 は、直列接続された双方向スイッチ RW 1 および RW 2 を備え、ハーフブリッジ R 2 は、直列接続された双方向スイッチ RW 3 および RW 4 を備えている。双方向スイッチ RW 1 および RW 2 の接続点 a ( 交流接続点 a ) は、直列に接続された R 相インダクタ 2 6 R および R 相接続線 2 8 R を介して電力系統 1 0 の R 相線 1 0 R に接続されている。

## 【 0 0 2 4 】

S 相スイッチング回路 1 2 S は、並列接続された 2 つのハーフブリッジ S 1 および S 2 を備えている。ハーフブリッジ S 1 は、直列接続された双方向スイッチ SW 1 および SW 2 を備え、ハーフブリッジ S 2 は、直列接続された双方向スイッチ SW 3 および SW 4 を備えている。双方向スイッチ SW 1 および SW 2 の接続点 ( 交流接続点 a ) は、直列に接続された S 相インダクタ 2 6 S および S 相接続線 2 8 S を介して電力系統 1 0 の S 相線 1 0 S に接続されている。

## 【 0 0 2 5 】

T 相スイッチング回路 1 2 T は、並列接続された 2 つのハーフブリッジ T 1 および T 2 を備えている。ハーフブリッジ T 1 は、直列接続された双方向スイッチ TW 1 および TW 2 を備え、ハーフブリッジ T 2 は、直列接続された双方向スイッチ TW 3 および TW 4 を備えている。双方向スイッチ TW 1 と双方向スイッチ TW 2 との接続点 ( 交流接続点 a ) は、直列に接続された T 相インダクタ 2 6 T および T 相接続線 2 8 T を介して電力系統 1 0 の T 相線 1 0 T に接続されている。

## 【 0 0 2 6 】

R 相スイッチング回路 1 2 R が備える双方向スイッチ RW 3 と双方向スイッチ RW 4 との接続点 ( 中性接続点 b )、S 相スイッチング回路 1 2 S が備える双方向スイッチ SW 3 と双方向スイッチ SW 4 との接続点 ( 中性接続点 b )、および、T 相スイッチング回路 1 2 T が備える双方向スイッチ TW 3 と双方向スイッチ TW 4 との接続点 ( 中性接続点 b ) は、中性点 N で共通に接続されている。

## 【 0 0 2 7 】

R 相スイッチング回路 1 2 R、S 相スイッチング回路 1

8

2 S および T 相スイッチング回路 1 2 T のそれぞれが備える双方向スイッチは、例えば、図 3 に示されている 2 つの MOS F E T 1 および MOS F E T 2 によって構成される。MOS F E T 1 のソース端子は、MOS F E T 2 のドレイン端子に接続されている。MOS F E T 1 および MOS F E T 2 のそれぞれのソース端子とドレイン端子との間には、ソース端子の側をアノード端子として、ダイオード D が接続されている。2 つの MOS F E T の代わりに、その他の半導体スイッチング素子が用いられてもよい。半導体スイッチング素子としてバイポーラトランジスタが用いられた場合、MOS F E T のドレイン端子、ソース端子およびゲート端子が、それぞれ、コレクタ端子、エミッタ端子およびベース端子に対応する。

## 【 0 0 2 8 】

図 2 に戻って電力変換装置 1 0 0 の回路構成について説明する。プライマリ巻線 1 8 は、個別に導線が巻かれた 3 つの部分プライマリ巻線として、R 相部分プライマリ巻線 1 8 R、S 相部分プライマリ巻線 1 8 S および T 相部分プライマリ巻線 1 8 T を備えている。

R 相スイッチング回路 1 2 R におけるハーフブリッジ R 1 および R 2 の両端は、R 相部分プライマリ巻線 1 8 R の両端に接続されている。S 相スイッチング回路 1 2 S におけるハーフブリッジ S 1 および S 2 の両端は、S 相部分プライマリ巻線 1 8 S の両端に接続され、T 相スイッチング回路 1 2 T におけるハーフブリッジ T 1 および T 2 の両端は、T 相部分プライマリ巻線 1 8 T の両端に接続されている。

## 【 0 0 2 9 】

直流スイッチング回路 2 2 は、並列接続された 2 つのハーフブリッジ 1 および 2 を備えている。ハーフブリッジ 1 は、直列接続されたスイッチング素子 W 1 および W 2 を備え、ハーフブリッジ 2 は、直列接続されたスイッチング素子 W 3 および W 4 を備えている。図 2 に示されている例では、各スイッチング素子に MOS F E T が用いられている。すなわち、スイッチング素子 W 1 としての MOS F E T のソース端子にスイッチング素子 W 2 としての MOS F E T のドレイン端子が接続されている。同様に、スイッチング素子 W 3 としての MOS F E T のソース端子にスイッチング素子 W 4 としての MOS F E T のドレイン端子が接続されている。

## 【 0 0 3 0 】

スイッチング素子 W 1 および W 2 の接続点と、スイッチング素子 W 3 および W 4 の接続点との間には、セカンダリ巻線 2 0 が接続されている。ハーフブリッジ 1 および 2 の両端には、コンデンサ 3 0 が接続されている。また、ハーフブリッジ 1 および 2 のそれぞれの上側の接続点は、正極端子 3 4 に至る正極線 3 2 に接続され、ハーフブリッジ 1 および 2 のそれぞれの

10

20

30

40

50

下側の接続点は、負極端子 3 8 に至る負極線 3 6 に接続されている。セカンダリ巻線 2 0 には、導線が巻かれた途中の接続点である中途点端子が設けられている。中途点端子は、セカンダリ巻線 2 0 を形成する導線の midpoint に設けられた端子、すなわち、センタータップであってもよい。セカンダリ巻線 2 0 の中途点端子にはバッテリー 1 4 の正極が接続され、バッテリー 1 4 の負極は負極線 3 6 に接続されている。

#### 【 0 0 3 1 】

図 4 には、電力変換装置 1 0 0 を制御する制御装置 6 0 の構成が示されている。制御装置 6 0 は、総合制御部 6 2、直流側制御部 6 4 および交流側制御部 6 6 を備えている。また、図 5 には直流側制御部 6 4 の構成が、図 7 には交流側制御部 6 6 の構成がそれぞれ示されている。これらの制御部は、プログラムを実行することで各機能が実行されるプロセッサ等の演算デバイスによって構成されてもよい。また、これらの制御部の総てまたは全部は、ハードウェアとしてのデジタル回路によって個別に構成されてもよい。図 4、図 5 および図 7 に併せて図 2 を参照しながら、制御装置 6 0 の構成および動作について説明する。

#### 【 0 0 3 2 】

直流側制御部 6 4 は、直流スイッチング回路 2 2 を制御し、交流側制御部 6 6 は、交流スイッチング回路 1 2 を制御する。総合制御部 6 2 は、電力変換装置 1 0 0 を全体的に制御するための信号を直流側制御部 6 4 および交流側制御部 6 6 に出力する。交流側制御部 6 6 は、R 相制御部 6 6 R、S 相制御部 6 6 S および T 相制御部 6 6 T を備えている。R 相制御部 6 6 R、S 相制御部 6 6 S および T 相制御部 6 6 T は、それぞれ、R 相スイッチング回路 1 2 R、S 相スイッチング回路 1 2 S および T 相スイッチング回路 1 2 T を制御する。

#### 【 0 0 3 3 】

図 5 には、直流側制御部 6 4 の構成が示されている。直流側制御部 6 4 が図 2 の直流スイッチング回路 2 2 を制御するに際しては、正極端子 3 4 と負極端子 3 8 との間の電圧の計測値である直流電圧計測値  $V_{em}$ 、バッテリー 1 4 に流れる電流の計測値であるバッテリー電流計測値  $I_{bm}$  が用いられる。電力変換装置 1 0 0 には、これらを計測するためのセンサ（図示せず）が設けられている。各センサによる計測値は、直流側制御部 6 4 に入力されている。

#### 【 0 0 3 4 】

総合制御部 6 2 から直流側制御部 6 4 には、正極端子 3 4 と負極端子 3 8 との間の電圧に対する指令値である直流電圧指令値  $V_{e^*}$ 、バッテリー 1 4 から出力される電力に対する指令値であるバッテリー出力指令値  $P_{b^*}$ 、およびキャリア信号  $C_r$  が出力される。キャリア信号  $C_r$  の時間波形は、例えば、正負対称の三角波形である。直流側制御部 6 4 は、図 5 に示される各構成要素が実行する

次のような演算によって、スイッチング素子  $W_1 \sim W_4$  に対するゲート信号  $G_1 \sim G_4$  を生成する。

#### 【 0 0 3 5 】

減算器 6 8 は、直流電圧指令値  $V_{e^*}$  から直流電圧計測値  $V_{em}$  を減算して第 1 誤差を求め、第 1 P I 制御部 7 0 に出力する。第 1 P I 制御部 7 0 は、比例積分制御による第 1 制御値を求め、加算器 7 2 に出力する。加算器 7 2 は、第 1 制御値にバッテリー出力指令値  $P_{b^*}$  を加算して第 2 誤差を求め、第 2 P I 制御部 7 4 に出力する。第 2 P I 制御部 7 4 は、比例積分制御による第 2 制御値を求め、減算器 7 6 に出力する。減算器 7 6 は、第 2 制御値からバッテリー電流計測値  $I_{bm}$  を減算して第 3 誤差を求め、ゲート信号生成部 7 8 に出力する。

#### 【 0 0 3 6 】

ゲート信号生成部 7 8 は、第 3 誤差に基づいて第 1 比較値  $C_1$  を求める。そして、キャリア信号  $C_r$  の値が比較値  $C_1$  以上である期間にハイとなり、キャリア信号  $C_r$  の値が比較値  $C_1$  未満である期間にローとなるゲート信号  $G_1$  を生成する。ゲート信号生成部 7 8 は、さらに、ゲート信号  $G_1$  のハイおよびローを反転したゲート信号  $G_2$  を生成する。

#### 【 0 0 3 7 】

また、ゲート信号生成部 7 8 は、第 3 誤差に基づいて第 2 比較値  $C_2$  を求める。そして、キャリア信号  $C_r$  の値が比較値  $C_2$  以上である期間にハイとなり、キャリア信号  $C_r$  の値が比較値  $C_2$  未満である期間にローとなるゲート信号  $G_3$  を生成する。ゲート信号生成部 7 8 は、さらに、ゲート信号  $G_3$  のハイおよびローを反転したゲート信号  $G_4$  を生成する。

#### 【 0 0 3 8 】

直流側制御部 6 4 は、ゲート信号  $G_1 \sim G_4$  によって、それぞれ、スイッチング素子  $W_1 \sim W_4$  をオンオフ制御する。すなわち、ゲート信号  $G_i$  ( $i = 1 \sim 4$ ) がハイであるときに、そのゲート信号  $G_i$  の制御対象のスイッチング素子  $W_i$  をオンにし、ゲート信号  $G_i$  がローであるときにスイッチング素子  $W_i$  をオフにする。

#### 【 0 0 3 9 】

図 6 ( a ) には、キャリア信号  $C_r$ 、第 1 比較値  $C_1$ 、および第 2 比較値  $C_2$  の例が示されている。また、図 6 ( b ) には、上記の処理によって直流側制御部 6 4 が生成するゲート信号  $G_1 \sim G_4$  が示されている。さらに、図 6 ( c ) には、セカンダリ巻線 2 0 の端子間電圧  $V_2$  が示されている。図 6 ( a ) ~ ( c ) の横軸は時間を示し、縦軸は各信号値または電圧を示す。

#### 【 0 0 4 0 】

スイッチング素子  $W_1$  および  $W_3$  が共にオンまたはオフであり、スイッチング素子  $W_2$  および  $W_4$  が共にオフまたはオンであるとき、セカンダリ巻線 2 0 の端子間電圧  $V_2$  は 0 となる。スイッチング素子  $W_1$  および  $W_4$  が共にオンであり、スイッチング素子  $W_2$  お

11

よび W3 が共にオフであるとき、セカンダリ巻線 20 の端子間電圧 V2 は V<sub>e</sub> となる。ただし、V<sub>e</sub> は、正極端子 34 と負極端子 38 との間の電圧、すなわち、コンデンサ 30 の端子間電圧である。スイッチング素子 W1 および W4 が共にオフであり、スイッチング素子 W2 および W3 が共にオンであるとき、セカンダリ巻線 20 の端子間電圧 V2 は -V<sub>e</sub> となる。

## 【0041】

また、ゲート信号生成部 78 は、ゲート信号 G1 ~ G4 に加えて、キャリア信号 C<sub>r</sub> に同期した同期信号 S<sub>yn</sub> を生成する。図 6 (d) には同期信号 S<sub>yn</sub> が示されている。横軸は時間を示し縦軸は信号値を示す。同期信号 S<sub>yn</sub> は、キャリア信号 C<sub>r</sub> が負値から正値となるゼロクロスタイミングで立ち上がり、正値から負値となるゼロクロスタイミングで立ち上がる矩形波信号である。

## 【0042】

ゲート信号 G2 がハイからローに切り替わり、ゲート信号 G1 がローからハイに切り替わったときには、バッテリー 14 の出力電圧が昇圧されて、コンデンサ 30 に印加される。

すなわち、図 2 のスイッチング素子 W2 がオンからオフに切り替わることで、バッテリー 14 からセカンダリ巻線 20 を通ってスイッチング素子 W2 を流れる電流が遮断され、セカンダリ巻線 20 の中途点端子より上側の部分に誘導起電力が発生する。そして、バッテリー 14 の出力電圧に誘導起電力が加えられた昇圧電圧が、スイッチング素子 W1 またはそれに接続されたダイオードを介してコンデンサ 30 に印加される。昇圧電圧が、コンデンサ 30 の端子間電圧よりも大きいときは、ダイオードを介してコンデンサ 30 が充電され、昇圧電圧がコンデンサ 30 の端子間電圧よりも小さいときは、スイッチング素子 W1 を介してコンデンサ 30 が放電される。

## 【0043】

同様に、ゲート信号 G4 がハイからローに切り替わり、ゲート信号 G3 がローからハイに切り替わったときにも、バッテリー 14 の出力電圧が昇圧されて、コンデンサ 30 に印加される。

## 【0044】

正極端子 34 および負極端子 38 の端子間電圧 V<sub>e</sub> と、バッテリー 14 の出力電圧 V<sub>b</sub> には次のような関係がある。

## 【0045】

$$(数1) V_e = V_b / (1 - Duty)$$

## 【0046】

ただし、Duty は、オンオフの 1 周期に対する、スイッチング素子 W2 および W4 がオンになる時間長の比率を示すデューティ比である。

## 【0047】

正極端子 34 および負極端子 38 には電気自動車に着脱自在となっており、正極端子 34 および負極端子 38 に

12

電気自動車が接続されている場合には、バッテリー 14 の出力電圧が昇圧された端子間電圧 V<sub>e</sub> が電気自動車に印加される。

## 【0048】

このように、直流スイッチング回路 22 は、バッテリー 14 から出力される電圧を昇圧し、直流スイッチング回路 22 の正極端子 34 および負極端子 38 に接続された隣接回路に昇圧後の電圧を出力する。

## 【0049】

図 7 には、R 相スイッチング回路 12 R、S 相スイッチング回路 12 S および T 相スイッチング回路 12 T をそれぞれ制御する R 相制御部 66 R、S 相制御部 66 S および T 相制御部 66 T の構成が示されている。これらの制御部が実行する処理は同様であるため、ここでは R 相制御部 66 R について説明する。

## 【0050】

R 相制御部 66 R が R 相スイッチング回路 12 R を制御する際には、R 相インダクタ 26 R および R 相接続線 28 を流れる電流の計測値である R 相電流計測値 I<sub>Rm</sub> が用いられる。電力変換装置 100 には、R 相電流計測値 I<sub>Rm</sub> を計測するためのセンサ (図示せず) が設けられおり、このセンサによる計測値は R 相制御部 66 R に入力されている。

## 【0051】

総合制御部 62 から R 相制御部 66 R には、電力系統 10 から電力変換装置 100 に供給される電力に対する指令値である系統電力指令値 P<sub>g</sub><sup>\*</sup>、および R 相キャリア信号 C<sub>r</sub>R が出力されている。R 相キャリア信号 C<sub>r</sub>R の時間波形は、例えば、正負対称の三角波形である。さらに、キャリア信号 C<sub>r</sub>R の周期は、キャリア信号 C<sub>r</sub> の周期と異なる。直流側制御部 64 から R 相制御部 66 R には同期信号 S<sub>yn</sub> が出力されている。R 相制御部 66 R は、図 7 に示される各構成要素が実行する次のような演算によって、スイッチング素子 RW1 ~ RW4 に対するゲート信号 g<sub>r</sub>1 ~ g<sub>r</sub>4 を生成する。

## 【0052】

電流演算部 80 は、系統電力指令値 P<sub>g</sub><sup>\*</sup> を 3 で割ることで、1 相当りの単相電力指令値を求め、中性点電位を基準とした電力系統 10 の相電圧で単相電力指令値を割ることで、単相電流値を求める。減算器 82 は、単相電流値から R 相電流計測値 I<sub>Rm</sub> を減算することで単相電流誤差を求め、単相 P I 制御部 84 に出力する。単相 P I 制御部 84 は、比例積分制御による単相制御値を求め、単相・制御量演算部 86 に出力する。

## 【0053】

単相・制御量演算部 86 は、単相制御値に基づいて第 3 比較値 C3 を求める。第 3 比較値 C3 は、例えば、電力系統 10 における R 相電圧の正の半周期での値に比例した値である。単相・制御量演算部 86 は、キャリア信号 C<sub>r</sub>R が第 3 比較値 C3 以上である期間にハイとなり、

キャリア信号 $C_{rR}$ が第3比較値 $C_3$ 未満である期間にローとなる中間信号 $M_{s1}$ を生成し、単相ゲート信号生成部88に出力する。

【0054】

また、単相・制御量演算部86は、単相制御値に基づいて第4比較値 $C_4$ を求める。第4比較値 $C_4$ は、例えば、電力系統10におけるR相電圧の負の半周期での値に比例した値である。単相・制御量演算部86は、キャリア信号 $C_{rR}$ が第4比較値 $C_4$ 以上である期間にハイとなり、キャリア信号 $C_{rR}$ が第4比較値 $C_4$ 未満である期間にローとなる中間信号 $M_{s2}$ を生成し、単相ゲート信号生成部88に出力する。

【0055】

単相ゲート信号生成部88には、同期信号 $S_{yn}$ が入力されている。単相ゲート信号生成部88は、中間信号 $M_{s1}$ がハイであるときに同期信号 $S_{yn}$ をそのままの値とし、中間信号 $M_{s1}$ がローであるときに同期信号 $S_{yn}$ のハイおよびローを反転させたゲート信号 $g_{r1}$ を生成する。すなわち、単相ゲート信号生成部88は、中間信号 $M_{s1}$ と同期信号 $S_{yn}$ との否定排他的論理和( $XNOR$ )をゲート信号 $g_{r1}$ とする。単相ゲート信号生成部88は、さらに、ゲート信号 $g_{r1}$ のハイおよびローを反転したゲート信号 $g_{r2}$ を生成する。

【0056】

また、単相ゲート信号生成部88は、中間信号 $M_{s2}$ がハイであるときに同期信号 $S_{yn}$ をそのままの値とし、中間信号 $M_{s2}$ がローであるときに同期信号 $S_{yn}$ のハイおよびローを反転させたゲート信号 $g_{r3}$ を生成する。すなわち、単相ゲート信号生成部88は、中間信号 $M_{s2}$ と同期信号 $S_{yn}$ との否定排他的論理和( $XNOR$ )をゲート信号 $g_{r3}$ とする。単相ゲート信号生成部88は、さらに、ゲート信号 $g_{r3}$ のハイおよびローを反転したゲート信号 $g_{r4}$ を生成する。

【0057】

R相制御部66Rは、ゲート信号 $g_{r1} \sim g_{r4}$ によって、それぞれ、スイッチング素子 $RW1 \sim RW4$ をオンオフ制御する。すなわち、ゲート信号 $g_{ri}$  ( $i=1 \sim 4$ )がハイであるときに、そのゲート信号 $g_{ri}$ の制御対象のスイッチング素子 $RWi$ をオンにし、ゲート信号 $g_{ri}$ がローであるときにスイッチング素子 $RWi$ をオフにする。

【0058】

図8(a)には、キャリア信号 $C_{rR}$ 、第3比較値 $C_3$ 、および第4比較値 $C_4$ の例が示されている。また、図8(b)には、同期信号 $S_{yn}$ 、および上記の処理によってR相制御部66Rが生成する中間信号 $M_{s1}$ および $M_{s2}$ が示されている。さらに、図8(c)には、上記の処理によってR相制御部66Rが生成するゲート信号 $g_{r1} \sim g_{r4}$ が示されている。

【0059】

図9には、R相スイッチング回路12Rにおける双方向スイッチ $SW1$ および $SW2$ の接続点(交流接続点a)と、双方向スイッチ $SW3$ および $SW4$ の接続点(中性接続点b)との間の電圧 $V_r$ が示されている。電圧 $V_r$ は、中性点Nの電圧を基準とした、R相インダクタ26RとハーフブリッジR1との接続点の電圧であるともいえる。また、R相接続線28RおよびR相インダクタ26Rに流れる電流 $I_R$ が電圧 $V_r$ に重ねて示されている。横軸は時間を示し、縦軸は電圧 $V_r$ または電流 $I_R$ を示す。

【0060】

R相インダクタ26Rに流れる電流は、R相スイッチング回路12Rによってスイッチングされている。R相インダクタ26Rが電流の変化を抑制するという作用によって、電流 $I_R$ の時間波形および位相は、電力系統10のR相線10Rの相電圧の時間波形および位相に近付けられる。

【0061】

S相スイッチング回路12Sにおける交流接続点aおよび中性接続点bとの間の電圧 $V_s$ は、図9に示される電圧 $V_r$ に対し位相が $120^\circ$ 遅れた電圧となり、T相スイッチング回路における交流接続点aおよび中性接続点bとの間の電圧 $V_t$ は、図9に示される電圧 $V_r$ に対し位相が $240^\circ$ 遅れた電圧となる。また、S相接続線28SおよびS相インダクタ26Sに流れる電流 $I_S$ は、図9に示される電流 $I_R$ に対し位相が $120^\circ$ 遅れた電流となり、T相接続線28TおよびT相インダクタ26Tに流れる電流 $I_T$ は、図9に示される電流 $I_R$ に対し位相が $240^\circ$ 遅れた電流となる。

【0062】

図7に示されるS相制御部66SおよびT相制御部66Tは、R相制御部66Rと同様の構成を有している。

【0063】

S相制御部66SがS相スイッチング回路12Sを制御する際には、S相接続線28Sを流れる電流の計測値であるS相電流計測値 $I_{Sm}$ が用いられる。電力変換装置100には、S相電流計測値 $I_{Sm}$ を計測するためのセンサ(図示せず)が設けられおり、このセンサによる計測値はS相制御部66Sに入力されている。

【0064】

総合制御部62からS相制御部66Sには、電力系統10から電力変換装置100に供給される電力に対する指令値である系統電力指令値 $P_g^*$ 、およびS相キャリア信号 $C_{rS}$ が出力されている。直流側制御部64からS相制御部66Sには同期信号 $S_{yn}$ が出力されている。S相制御部66Sは、R相制御部66Rが実行する演算と同様の演算によって、スイッチング素子 $SW1 \sim SW4$ に対するゲート信号 $g_{s1} \sim g_{s4}$ を生成する。

【0065】

T相制御部66TがT相スイッチング回路12Tを制御



15

するに際しては、T相接続線28Tを流れる電流の計測値であるT相電流計測値ITmが用いられる。電力変換装置100には、T相電流計測値ITmを計測するためのセンサ(図示せず)が設けられおり、このセンサによる計測値はT相制御部66Tに入力されている。

#### 【0066】

総合制御部62からT相制御部66Tには、電力系統10から電力変換装置100に供給される電力に対する指令値である系統電力指令値Pg\*、およびT相キャリア信号CrTが出力されている。直流側制御部64からT相制御部66Tには同期信号Synが出力されている。T相制御部66Tは、R相制御部66Rが実行する演算と同様の演算によって、スイッチング素子TW1~TW4に対するゲート信号gt1~gt4を生成する。

#### 【0067】

なお、S相キャリア信号CrSおよびT相キャリア信号CrTは、時間波形がR相キャリア信号CrRと同一の波形である。ただし、R相キャリア信号CrR、S相キャリア信号CrSおよびT相キャリア信号CrTには相互に120°の位相差がある。

#### 【0068】

このような制御によって、交流スイッチング回路12は、電力系統10から電力変換装置100に入力される電力(交流入力電力)、または、電力変換装置100から電力系統10に出力される電力(交流出力電力)を調整する。これによって、R相接続線28R、S相接続線28SおよびT相接続線28Tのそれぞれに流れる電流の時間波形および位相が、電力系統10の各相電圧の時間波形および位相に近付けられる。したがって、電力系統10から電力変換装置100に入力される電力、電力変換装置100から電力系統10に出力される電力の力率が向上する。

#### 【0069】

図10には、電力変換装置100の電力伝送状態が示されている。電力伝送状態(i)および(ii)は、正極端子34および負極端子38に電気自動車が接続されていないときの状態である。電力伝送状態(i)では系統電力指令値Pg\*が正に設定され、バッテリー出力指令値Pb\*が負に設定されている。これによって、電力系統10からバッテリー14に電力が伝送され、バッテリー14が充電される。電力伝送状態(ii)は、系統電力指令値Pg\*が負に設定され、バッテリー出力指令値Pb\*が正に設定されている。これによって、バッテリー14から電力系統10に電力が伝送される。

#### 【0070】

電力伝送状態(iii)~(v)は、正極端子34および負極端子38に電気自動車が接続されているときの状態である。これらの電力伝送状態では、直流電圧指令値Ve\*は所定の正の値に設定されている。電力伝送状態(iii)では、系統電力指令値Pg\*が正に設定され

16

、バッテリー出力指令値Pb\*が0に設定されている。これによって、電力系統10から電気自動車に電力が伝送され、電気自動車の車載バッテリーが充電される。電力伝送状態(iv)では、系統電力指令値Pg\*が0に設定され、バッテリー出力指令値Pb\*が正に設定されている。これによって、バッテリー14から電気自動車に電力が伝送され、電気自動車の車載バッテリーが充電される。電力伝送状態(v)では、系統電力指令値Pg\*およびバッテリー出力指令値Pb\*が正に設定されている。これによって、電力系統10およびバッテリー14から電気自動車に電力が伝送され、電気自動車の車載バッテリーが充電される。

#### 【0071】

本実施形態に係る電力変換装置100は、各指令値の設定によって、次の第1電力伝送動作~第3電力動作のうちいずれかの動作をする。すなわち、電力変換装置100は、各相の交流スイッチング回路(12R、12S、12T)から各相のプライマリ巻線(18R、18S、18T)およびセカンダリ巻線20を介して供給される電力に対するスイッチングによってバッテリー14または電気自動車(隣接回路)に電力を伝送する第1電力伝送動作、隣接回路またはバッテリー14から、セカンダリ巻線20および各相のプライマリ巻線を介して各相の交流スイッチング回路に電力を供給する第2電力伝送動作、または、隣接回路とバッテリー14との間で電力を授受させる第3電力伝送動作のうちいずれかの動作をする。

#### 【0072】

また、電力変換装置100では、セカンダリ巻線20に直接接続されたバッテリー14が設けられている。直流スイッチング回路22およびセカンダリ巻線20は、各相の交流スイッチング回路およびプライマリ巻線18と共に、電力系統10、バッテリー14および電気自動車の相互間での電力伝送をするという機能に加えて、バッテリー14の出力電圧を昇圧するという機能を併せ持っている。セカンダリ巻線20は、交流スイッチング回路12と直流スイッチング回路22との間で電力伝送をするトランス16を構成する他、バッテリー14の出力電圧を昇圧するための昇圧リアクトルとして用いられる。したがって、電力変換装置100では、バッテリー14の出力電圧を昇圧するための回路構成が簡単になる。

#### 【0073】

図11には、第1応用例に係る電力変換装置101が示されている。この電力変換装置101は、図2に示されている電力変換装置100のセカンダリ巻線20を2つのセカンダリ巻線20Aおよび20Bに置き換え、セカンダリ巻線20Aに直流スイッチング回路22を接続し、セカンダリ巻線20Bに直流スイッチング回路40を接続したものである。図2に示された構成要素と同一の構成要素については同一の符号を付してその説明を省略する。

17

## 【 0 0 7 4 】

プライマリ巻線 1 8、セカンダリ巻線 2 0 A、およびセカンダリ巻線 2 0 Bはトランス 5 0を構成する。セカンダリ巻線 2 0 Aおよび 2 0 Bのそれぞれは、プライマリ巻線 1 8が備える R相部分プライマリ巻線 1 8 R、S相部分プライマリ巻線 1 8 S、および T相部分プライマリ巻線 1 8 Tのそれぞれに磁氣的に結合している。

## 【 0 0 7 5 】

直流スイッチング回路 4 0は、直流スイッチング回路 2 2と同様の構成を有している。

すなわち、直流スイッチング回路 4 0は、ハーフブリッジ 1および 2、ならびに、コンデンサ 4 4を備えている。ハーフブリッジ 1および 2、ならびに、コンデンサ 4 4は、それぞれ、直流スイッチング回路 2 2が備えるハーフブリッジ 1および 2、ならびに、コンデンサ 3 0に対応する。

## 【 0 0 7 6 】

ハーフブリッジ 1を構成するスイッチング素子 W 1および W 2は、それぞれ、ハーフブリッジ 1を構成するスイッチング素子 W 1および W 2に対応する。ハーフブリッジ 2を構成するスイッチング素子 W 3および W 4は、それぞれ、ハーフブリッジ 2を構成するスイッチング素子 W 3および W 4に対応する。

## 【 0 0 7 7 】

直流スイッチング回路 4 0における正極線 4 6および負極線 4 8は、それぞれ直流スイッチング回路 2 2における正極線 3 2および負極線 3 6に対応し、それぞれ、正極線 3 2および負極線 3 6に接続されている。これによって、直流スイッチング回路 2 2および 4 0は、正極端子 3 4および負極端子 3 8を共有する。

## 【 0 0 7 8 】

直流スイッチング回路 2 2および 4 0はバッテリー 1 4を共有する。バッテリー 1 4の正極は、セカンダリ巻線 2 0 Aおよび 2 0 Bのそれぞれのタップに接続され、バッテリー 1 4の負極は、直流スイッチング回路 4 0の負極線 4 8に接続されている。

## 【 0 0 7 9 】

直流スイッチング回路 2 2および 4 0のスイッチングタイミングは同期している。すなわち、スイッチング素子 W 1 ~ W 4は、それぞれ、スイッチング素子 W 1 ~ W 4と同一のタイミングでオンからオフになり、またはオフからオンになる。

## 【 0 0 8 0 】

このように、本実施形態に係る電力変換装置 1 0 1は、複数のセカンダリ巻線（セカンダリ巻線 2 0 Aおよび 2 0 B）と、複数のセカンダリ巻線に対応して設けられ、共通のバッテリー 1 4が接続された複数の直流スイッチング回路（直流スイッチング回路 2 2および 4 0）とを備えている。複数の直流スイッチング回路は、共通の隣接回路としての電気自動車に接続され、電気自動車との間

18

で電力を授受する。また、電力変換装置 1 0 1では、各セカンダリ巻線（2 0 A、2 0 B）の両端に、各セカンダリ巻線に対応する直流スイッチング回路（2 2、4 0）が接続されており、各セカンダリ巻線の中途点（中途接続点）に、共通のバッテリー 1 4が接続されている。

## 【 0 0 8 1 】

このような構成によれば、図 2 に示されている電力変換装置 1 0 0と同一の電力を、トランス 5 0から正極端子 3 4および負極端子 3 8に伝送し、あるいは、正極端子 3 4および負極端子 3 8からトランス 5 0に伝送する場合には、電力変換装置 1 0 0に比べて、各スイッチング素子に流れる電流が小さくなる。したがって、各スイッチング素子には、図 2 に示されている各スイッチング素子に比べて、許容電流が小さいものを用いてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

図 1 2 ( a )には、電力変換装置 1 0 1について、各電圧の計算結果が示されている。

すなわち、R相スイッチング回路 1 2 Rにおける交流接続点 aと中性接続点 bとの間の電圧  $V_r$ 、S相スイッチング回路 1 2 Sにおける交流接続点 aと中性接続点 bとの間の電圧  $V_s$ 、およびT相スイッチング回路 1 2 Tにおける交流接続点 aと中性接続点 bとの間の電圧  $V_t$ が示されている。横軸は時間を示し縦軸は電圧を示す。電圧  $V_s$ は電圧  $V_r$ に対し位相が  $120^\circ$ 遅れた電圧であり、電圧  $V_t$ は、電圧  $V_s$ に対し位相が  $120^\circ$ 遅れた電圧である。すなわち、電圧  $V_r$ 、電圧  $V_s$ および電圧  $V_t$ の相互の位相差は、 $120^\circ$ である。

## 【 0 0 8 3 】

図 1 2 ( b )には、電力変換装置 1 0 1について、R相インダクタ 2 6 Rの右側の一端とS相インダクタ 2 6 Sの右側の一端との間の相間電圧  $V_{rs}$ 、およびR相接続線 2 8 Rから流入または流出し、S相接続線 2 8 Sから流出または流入する電流  $I_{RS}$ が示されている。横軸は時間を示し、縦軸は電圧または電流を示す。相間電圧  $V_{rs}$ は、S相スイッチング回路 1 2 Sの交流接続点 aを基準としたR相スイッチング回路 1 2 Rの交流接続点 aの電圧であるともいえる。相間電圧  $V_{rs}$ は、図 1 2 ( a )に示された電圧  $V_r$ から電圧  $V_s$ を減じた電圧である。電流  $I_{RS}$ は、電力変換装置 1 0 1によって、その時間波形および位相が電力系統 1 0の相間電圧（R相線とS相線との間のRS相間電圧）の時間波形および位相に近付けられたものである。電流  $I_{RS}$ の時間波形および位相がRS相間電圧の電圧波形および位相に近付けられ、他の相間についても同様の処理が行われることで、電力系統 1 0から電力変換装置 1 0 1に供給される電力の力率が向上する。

## 【 0 0 8 4 】

図 1 3には、第 2 応用例に係る電力変換システム 1 0 2の構成が示されている。この電力換システムは、3台の電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3を備えている。各

10

20

30

40

50

電力変換装置は、図 1 1 に示された電力変換装置 1 0 1 と同様の構成を有している。電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 の交流スイッチング回路 1 2 は、次のように直列接続されている。

【 0 0 8 5 】

電力変換装置 1 0 1 - 1 の R 相スイッチング回路 1 2 R における交流接続点 a ( 図 2 ) は、インダクタ 2 6 R および R 相接続線 2 8 R を介して、電力系統 1 0 の R 相線 1 0 R に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 1 の R 相スイッチング回路 1 2 R における中性接続点 b ( 図 2 ) は、電力変換装置 1 0 1 - 2 の R 相スイッチング回路 1 2 R における交流接続点 a に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 2 の R 相スイッチング回路 1 2 R における中性接続点 b は、電力変換装置 1 0 1 - 3 の R 相スイッチング回路 1 2 R における交流接続点 a に接続されている。

【 0 0 8 6 】

電力変換装置 1 0 1 - 1 の S 相スイッチング回路 1 2 S における交流接続点 a は、インダクタ 2 6 S および S 相接続線 2 8 S を介して、電力系統 1 0 の S 相線 1 0 S に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 1 の S 相スイッチング回路 1 2 S における中性接続点 b は、電力変換装置 1 0 1 - 2 の S 相スイッチング回路 1 2 S における交流接続点 a に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 2 の S 相スイッチング回路 1 2 S における中性接続点 b は、電力変換装置 1 0 1 - 3 の S 相スイッチング回路 1 2 S における交流接続点 a に接続されている。

【 0 0 8 7 】

電力変換装置 1 0 1 - 1 の T 相スイッチング回路における交流接続点 a は、インダクタ 2 6 T および T 相接続線 2 8 T を介して、電力系統 1 0 の T 相線 1 0 T に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 1 の T 相スイッチング回路 1 2 T における中性接続点 b は、電力変換装置 1 0 1 - 2 の T 相スイッチング回路 1 2 T における交流接続点 a に接続されている。電力変換装置 1 0 1 - 2 の T 相スイッチング回路 1 2 T における中性接続点 b は、電力変換装置 1 0 1 - 3 の T 相スイッチング回路 1 2 T における交流接続点 a に接続されている。

【 0 0 8 8 】

電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれの T 相スイッチング回路 1 2 T における中性接続点 b は、中性点 N で共通に接続されている。

【 0 0 8 9 】

電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれにおける交流スイッチング回路 1 2 のスイッチングタイミングは同期している。また、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれにおける直流スイッチング回路 2 2 および 4 0 のスイッチングタイミングは同期している。電力変換装置 1 0 1 - j ( j = 1 ~ 3 ) における R 相部分

プライマリ巻線 1 8 S の端子間電圧を  $V_{s j}$ 、そして、T 相部分プライマリ巻線 1 8 T の端子間電圧を  $V_{t j}$  とした場合、R 相および S 相の相間電圧  $V_{r s}$ 、S 相および T 相の相間電圧  $V_{s t}$ 、ならびに、T 相および R 相の相間電圧については、次の関係が成立する。

【 0 0 9 0 】

( 数 2 )  $V_{r s} = V_{r 1} + V_{r 2} + V_{r 3} + V_{s 3} + V_{s 2} + V_{s 1}$

【 0 0 9 1 】

( 数 3 )  $V_{s t} = V_{s 1} + V_{s 2} + V_{s 3} + V_{t 3} + V_{t 2} + V_{t 1}$

【 0 0 9 2 】

( 数 4 )  $V_{t r} = V_{t 1} + V_{t 2} + V_{t 3} + V_{r 3} + V_{r 2} + V_{r 1}$

【 0 0 9 3 】

R 相部分プライマリ巻線 1 8 R、S 相部分プライマリ巻線 1 8 S および T 相部分プライマリ巻線 1 8 T の巻き数が同一である場合、各相間電圧は、各部分プライマリ巻線の端子間電圧の 6 倍である。

【 0 0 9 4 】

本実施形態に係る電力変換システム 1 0 2 は、複数の負荷装置としての複数の電気自動車に対応して設けられた複数の電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 ( 複数の電力変換モジュール ) を備えている。電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれは、自らに対応する電気自動車との間で電力を授受する。

【 0 0 9 5 】

電力変換システム 1 0 2 では、電力系統 1 0 の 3 つの相電圧のそれぞれについて、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 における単相スイッチング回路が直列接続されている。

すなわち、R 相については R 相単相スイッチング回路 1 2 R が直列接続され、S 相については S 相単相スイッチング回路 1 2 S が直列接続され、T 相については T 相単相スイッチング回路 1 2 T が直列接続されている。この直列接続は、各単相スイッチング回路の交流接続点 a ( 一方の接続端 ) を前端とし、中性接続点 b ( 他方の接続端 ) を後端としたときに、初段の電力変換装置 1 0 1 - 1 が備える単相スイッチング回路の前端に、複数の相電圧のうちの対応する 1 相の相電圧が印加され、前段の電力変換装置 1 0 1 - 1 が備える単相スイッチング回路の後端が、次段の電力変換装置 1 0 1 - 2 が備える単相スイッチング回路の前端に接続され、最終段の電力変換装置 1 0 1 - 3 が備える単相スイッチング回路の後端が、中性点 N に接続される接続態様である。すなわち、各単相スイッチング回路の後端は、中性点か、中性点 N に至る経路に接続されている。中性点 N に至る経路は、1 つまたは複数の後段の単相スイッチング回路であり、最終段の単相スイッチング回路の後端は中性点 N に接続されている。

## 【 0 0 9 6 】

このような構成によれば、図 2 に示されている電力変換装置 1 0 0 に比べて、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれの交流スイッチング回路 1 2 が備える双方向スイッチに印加される電圧は小さくなる。したがって、電力変換装置 1 0 0 に比べて、各双方向スイッチに用いられるスイッチング素子の耐電圧を小さくしてもよい。

## 【 0 0 9 7 】

図 1 4 ( a ) ~ ( f ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれに電気自動車に接続された場合における電力変換システム 1 0 2 についてのシミュレーション結果が示されている。図 1 4 に併せて図 1 3 を参照しながらシミュレーション結果について説明する。図 1 4 ( a ) には、電力系統 1 0 から電力変換システム 1 0 2 に供給される電力  $P_g$ 、および、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のバッテリー 1 4 が出力する電力の合計値  $P_b$  が示されている。図 1 4 ( b ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 の各バッテリー 1 4 が出力する電力  $P_{b1} \sim P_{b3}$  が示されている。図 1 4 ( c ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれから電気自動車に出力される電力  $P_{e1} \sim P_{e3}$  が示されている。図 1 4 ( d ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれの正極端子 3 4 および負極端子 3 8 の端子間電圧  $V_{e1} \sim V_{e3}$  が示されている。図 1 4 ( e ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 における相間電圧  $V_{rs}$  が、電力系統 1 0 の R 相線 1 0 R および S 相線 1 0 S の R S 相間電圧  $V_{RS}$  と共に示されている。図 1 4 ( f ) には、R 相接続線 2 8 R に流れる電流  $I_R$ 、S 相接続線 2 8 S に流れる電流  $I_S$  および T 相接続線 2 8 T に流れる電流  $I_T$  が示されている。図 1 4 ( a ) ~ ( f ) の横軸は時間を示し、縦軸は電力、電圧または電流を示す。

## 【 0 0 9 8 】

時間 1 ~ 時間 e までの間、電力変換装置 1 0 1 - 1 ではバッテリー 1 4 から電気自動車に電力  $P_{b1}$  が供給されている。時間 2 以降の時間において、電力変換装置 1 0 1 - 3 ではバッテリー 1 4 から電気自動車に電力  $P_{b3}$  が供給されている。ただし、時間 2 ~ 時間 e の間の時間 f 以降は、それより前に比べて電気自動車に供給される電力  $P_{b3}$  が小さくなる。時間 3 ~ 時間 e までの間、電力変換装置 1 0 1 - 2 ではバッテリー 1 4 から電気自動車に電力  $P_{b2}$  が供給されている。

## 【 0 0 9 9 】

時間 4 より前では、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれにおける交流スイッチング回路 1 2 のスイッチングが停止している。そのため、電力変換装置 1 0 1 - 1 における相間電圧  $V_{rs}$  は 0 である。時間 4 以降は、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれにおける交流スイッチング回路 1 2 のスイッチングが

開始され、相間電圧  $V_{rs}$  が現れると共に、R 相接続線 2 8 R、S 相接続線 2 8 S および T 相接続線 2 8 T に、それぞれ、電流  $I_R$ 、電流  $I_S$  および電流  $I_T$  が流れる。これによって、時間 4 以降は、電力系統 1 0 から各電気自動車に電力が供給される。すなわち、図 1 4 ( e ) に示されているように、時間 4 の前後において電力系統 1 0 の R 相線 1 0 R および S 相線 1 0 S から電力変換システムには正弦波が印加されている。一方、相間電圧  $V_{rs}$  は時間 4 より前では 0 であるものの、時間 4 以降では電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のスイッチングに応じた時間波形となっている。

## 【 0 1 0 0 】

図 1 5 ( a ) ~ ( f ) には、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれに電気自動車に接続されていない場合における電力変換システムについてのシミュレーション結果が示されている。図 1 5 に併せて図 1 3 を参照しながらシミュレーション結果について説明する。電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のいずれにも電気自動車に接続されていないため、図 1 5 ( c ) に示されているように、電力変換システムと各電気自動車との間で授受される電力  $P_{e1} \sim P_{e3}$  は 0 である。また、図 1 5 ( d ) に示されているように、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 における正極端子 3 4 および負極端子 3 8 の端子間電圧  $V_{e1} \sim V_{e3}$  は一定である。図 1 5 ( e ) に示されているように、電力系統 1 0 の R 相線および S 相線から電力変換システムには正弦波が印加され、電力変換装置 1 0 1 - 1 の相間電圧  $V_{rs}$  は、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のスイッチングに応じた時間波形となっている。

## 【 0 1 0 1 】

図 1 5 ( b ) に示されているように、時間 5 ~ 時間 6 の間、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 の各バッテリー 1 4 が出力する電力  $P_{b1} \sim P_{b3}$  は同一の負の値である。

また、図 1 5 ( a ) に示されているように、時間 5 ~ 時間 6 の間、電力系統 1 0 から電力変換システム 1 0 2 に供給される電力  $P_g$  は正であり、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 のそれぞれのバッテリー 1 4 が出力する電力の合計値  $P_b$  は負である。すなわち、時間 5 ~ 時間 6 の間、電力系統 1 0 から各バッテリー 1 4 に同一の電力が供給され、各バッテリー 1 4 は同一の電力で充電されている。図 1 5 ( f ) に示されているように、電流  $I_R$ 、電流  $I_S$  および電流  $I_T$  は、電力系統 1 0 から各バッテリー 1 4 に供給される電力に応じた値となる。

## 【 0 1 0 2 】

図 1 5 ( b ) に示されているように、時間 7 ~ 時間 8 の間、電力変換装置 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 3 の各バッテリー 1 4 が出力する電力  $P_{b1} \sim P_{b3}$  は同一の正の値である。

また、図 1 5 ( a ) に示されているように、時間 7 ~

23

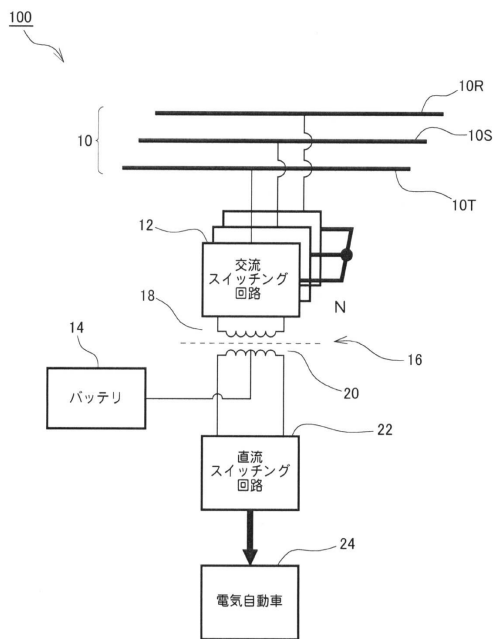
時間 8の間、電力系統10から電力変換システム102に供給される電力Pgは負であり、電力変換装置101-1~101-3のそれぞれのバッテリー14が出力する電力の合計値Pbは正である。すなわち、時間7~時間8の間、各バッテリー14から電力系統10に同一の電力が供給され、各バッテリー14は同一の電力で放電している。図15(f)に示されているように、電流IR、電流ISおよび電流ITは、各バッテリーから電力系統10に供給される電力に応じた値となる。

【符号の説明】

【0103】

10 電力系統、12 交流スイッチング回路、12R R相スイッチング回路、12S S相スイッチング回路、12T T相スイッチング回路、14 バッテリ、16,50 トランス、18 プライマリ巻線、18R R相部分プライマリ巻線、18S S相部分プライマ

【図1】

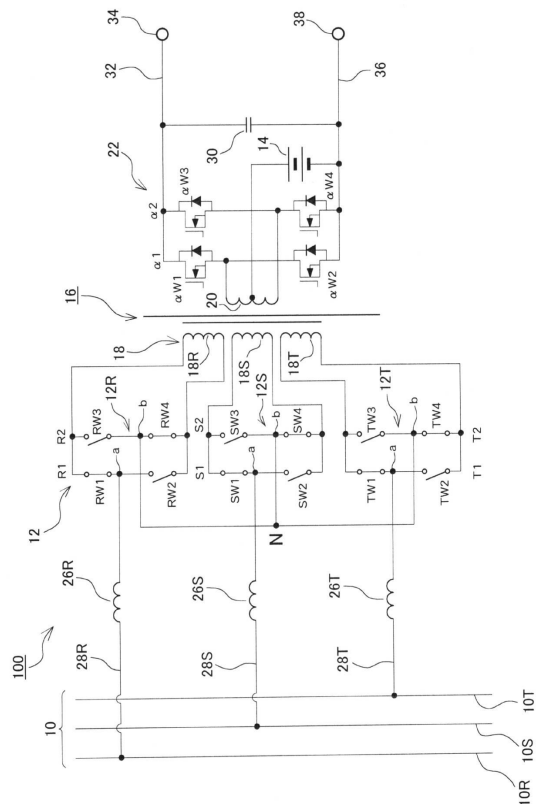


24

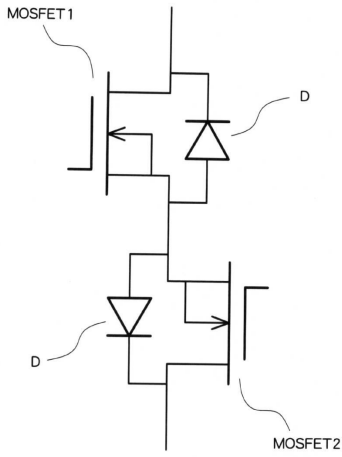
リ巻線、18T T相部分プライマリ巻線、20,20A,20B セカンダリ巻線、22,40 直流スイッチング回路、24 電気自動車、26R R相インダクタ、26S S相インダクタ、26T T相インダクタ、28R R相接続線、28SS相接続線、28T T相接続線、30,44 コンデンサ、32,46 正極線、34 正極端子、36,48 負極線、38 負極端子、60 制御装置、62 総制御部、64 直流側制御部、66 交流側制御部、66R R相制御部、66S S相制御部、66T T相制御部、68,76,82 減算器、70 第1PI制御部、72 加算器、74 第2PI制御部、78 ゲート信号生成部、80 電流演算部、84 単相PI制御部、86 単相・制御量演算部、88 単相ゲート信号生成部、100 電力変換装置。

10

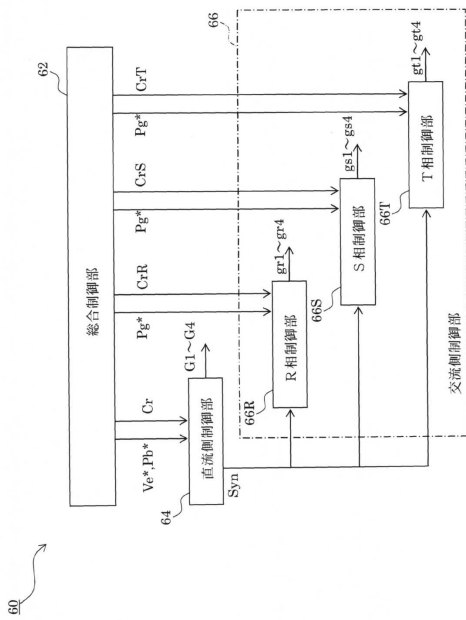
【図2】



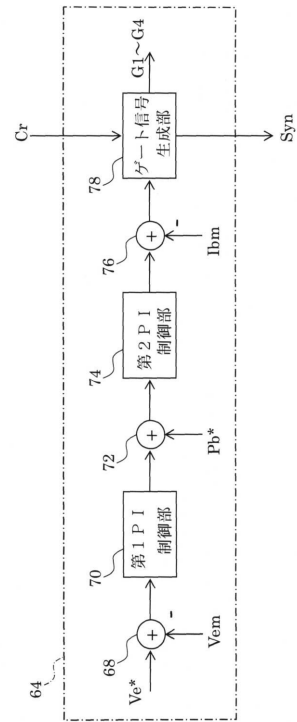
【図3】



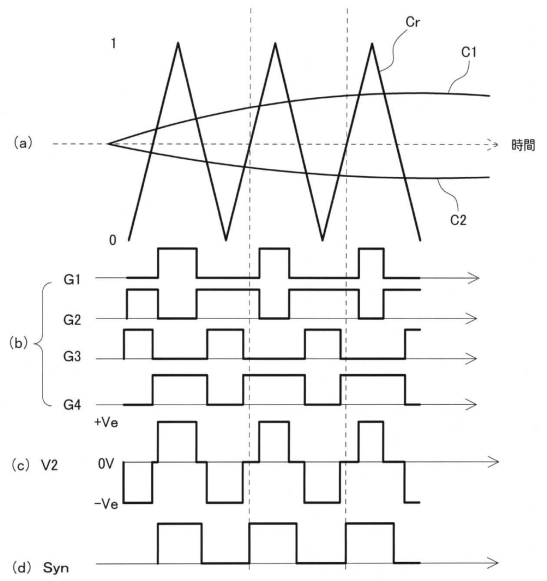
【図4】



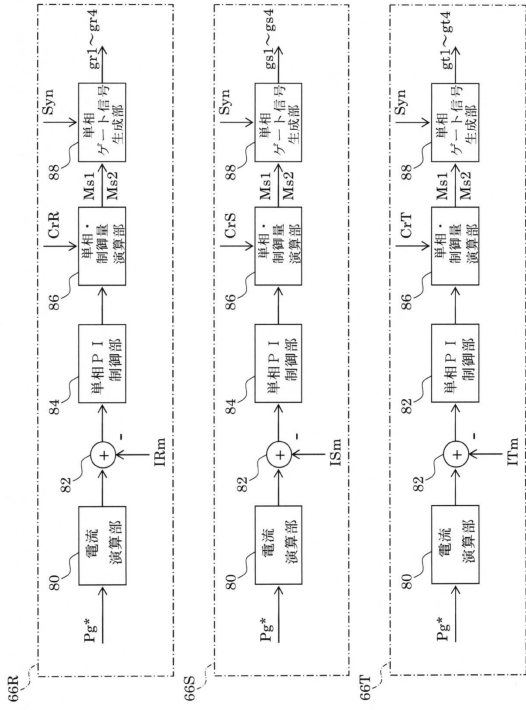
【図5】



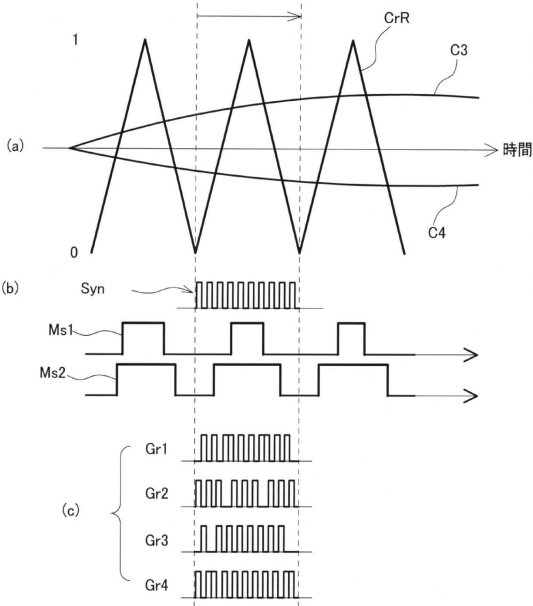
【図6】



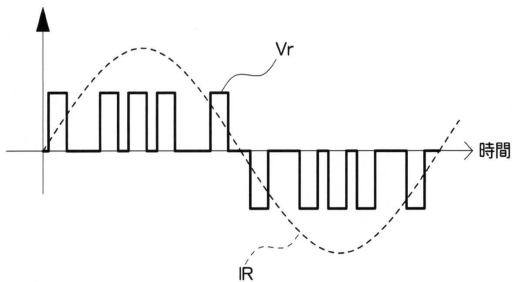
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

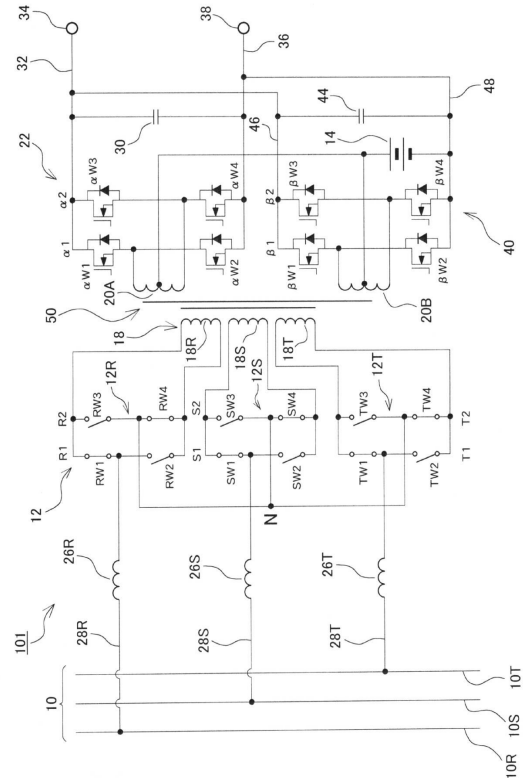


【 図 10 】

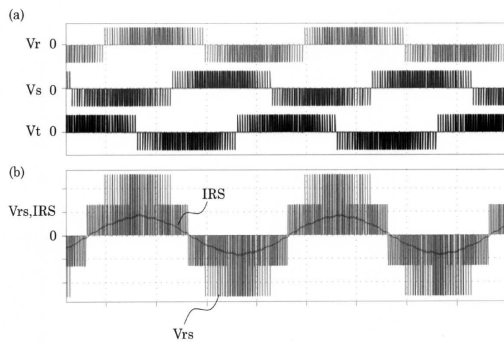
指令値 正極端子 および負極端子	Ve*	Pg*	Pb*	電力伝送方向
未接続	--	正	負	電力系統 → バッテリ
未接続	--	負	正	電力系統 ← バッテリ
電気自動車に 接続されている。	正	正	0	電力系統 → 電気自動車
電気自動車に 接続されている。	正	0	正	バッテリ → 電気自動車
電気自動車に 接続されている。	正	正	正	電力系統 およびバッテリ → 電気自動車

- (i)
- (ii)
- (iii)
- (iv)
- (v)

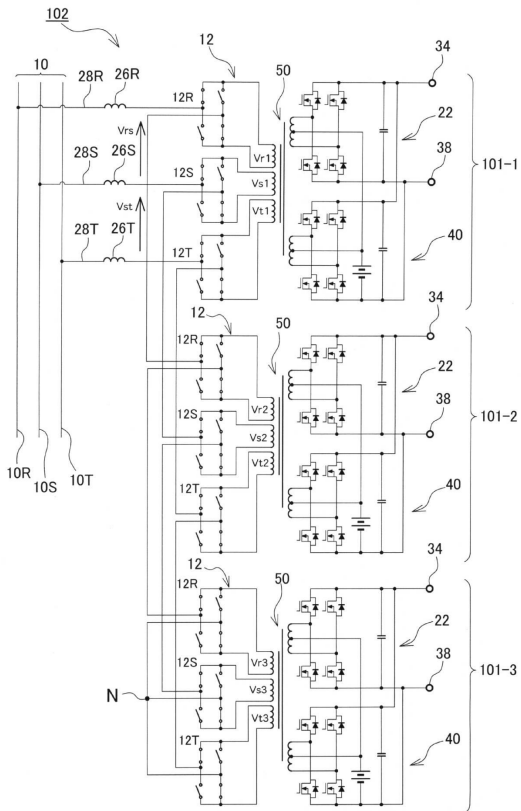
【 図 11 】



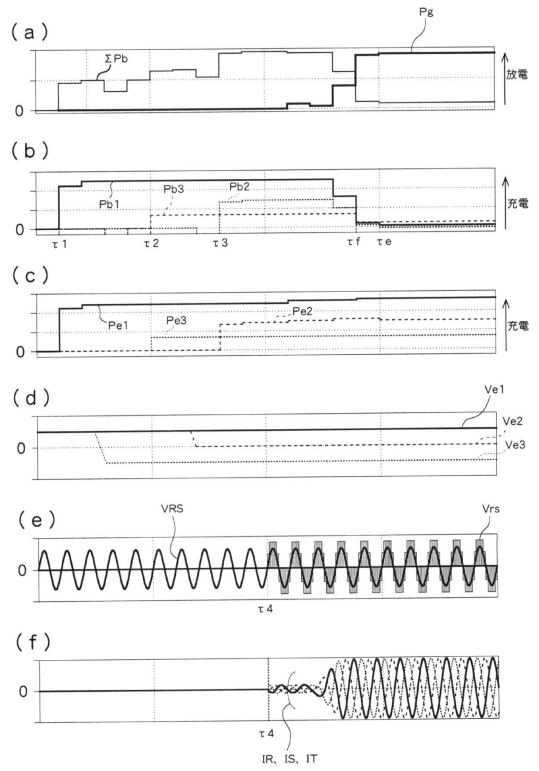
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

