

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6305364号
(P6305364)

(45) 発行日 平成30年4月4日 (2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日 (2018.3.16)

(51) Int.Cl.

F I

HO 2 P 25/22 (2006.01)

HO 2 P 27/06 (2006.01)

HO 2 P 9/04 (2006.01)

HO 2 P 25/22

HO 2 P 27/06

HO 2 P 9/04

L

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-49582 (P2015-49582)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成27年3月12日 (2015.3.12)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-7118 (P2016-7118A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成28年1月14日 (2016.1.14)	(74) 代理人	100110423
審査請求日	平成28年10月5日 (2016.10.5)		弁理士 曾我 道治
(31) 優先権主張番号	特願2014-109762 (P2014-109762)	(74) 代理人	100111648
(32) 優先日	平成26年5月28日 (2014.5.28)		弁理士 梶並 順
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100161115
			弁理士 飯野 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転子鉄心に回転子巻線が巻回された回転子と固定子鉄心に第1固定子巻線および第2固定子巻線が巻回された固定子とを有した回転電機と、

上記回転子巻線に接続されて、上記回転子巻線に電流を供給する回転子電流回路と、電力の充放電を行う第1蓄電装置および第2蓄電装置と、

上記第1固定子巻線と上記第1蓄電装置との間に接続され、上記第1固定子巻線と上記第1蓄電装置との間の電力変換を行う第1電力変換装置と、

上記第2固定子巻線と上記第2蓄電装置との間に接続され、上記第2固定子巻線と上記第2蓄電装置との間の電力変換を行う第2電力変換装置と、

上記回転子に関する回転子情報を検知する回転センサーと、

上記第1蓄電装置の状態に関する状態情報を検知する第1蓄電センサーと、

上記第2蓄電装置の状態に関する状態情報を検知する第2蓄電センサーと、

上記回転センサーからの回転子情報、上記第1蓄電センサーからの状態情報、および、上記第2蓄電センサーからの状態情報に基づいて、上記回転子電流回路、上記第1電力変換装置、および、上記第2電力変換装置を制御する制御装置と、

上記第1蓄電装置に接続された車載負荷と上記第1蓄電装置の直流側との間に設けられ、直流/直流の電力変換を行う第3電力変換装置と

を備え、

上記第1蓄電装置をPAMコンバータと上記PAMコンバータの電圧を制御するコント

10

20

ローラとから構成して、上記第 1 蓄電装置の電圧を可変とし、

上記制御装置により、上記回転子電流回路、上記第 1 電力変換装置、および、上記第 2 電力変換装置を制御することで、

上記回転子電流回路が上記第 1 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給することで、上記第 2 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 2 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 2 蓄電装置を充電させるか、あるいは、

上記回転子電流回路が上記第 2 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給することで、上記第 1 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 1 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 1 蓄電装置を充電させることで、

上記第 1 蓄電装置と上記第 2 蓄電装置間での電力変換を行い、

上記第 1 蓄電装置の電圧が上記第 2 蓄電装置の電圧よりも高く、かつ、上記回転電機を駆動させるとき、上記コントローラは、上記第 1 蓄電装置の電圧を上記第 2 蓄電装置の電圧まで低下させる、

回転電機システム。

【請求項 2】

上記回転子電流回路は、上記回転子巻線に直流電流と交流電流の両方が供給可能であって、

上記回転電機の駆動対象を駆動させる駆動時、および、上記第 1 蓄電装置および上記第 2 蓄電装置を充電させる発電時には、上記回転子巻線に直流電流を供給し、

上記第 1 蓄電装置と上記第 2 蓄電装置間での電力変換時には、上記回転子巻線に交流電流を供給する

請求項 1 に記載の回転電機システム。

【請求項 3】

上記制御装置により、上記回転子電流回路、上記第 1 電力変換装置、および、上記第 2 電力変換装置を制御することで、

上記回転子電流回路が上記第 1 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給するとともに、上記第 1 電力変換装置が上記第 1 蓄電装置からの電力により上記第 1 固定子巻線に電流を供給することで、上記第 2 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 2 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 2 蓄電装置を充電させるか、あるいは、

上記回転子電流回路が上記第 2 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給するとともに、上記第 2 電力変換装置が上記第 2 蓄電装置からの電力により上記第 2 固定子巻線に電流を供給することで、上記第 1 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 1 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 1 蓄電装置を充電させることで、

上記第 1 蓄電装置と上記第 2 蓄電装置間での電力変換を行う

請求項 1 または 2 に記載の回転電機システム。

【請求項 4】

上記第 1 電力変換装置および上記第 2 電力変換装置のいずれか 1 つは、整流装置で構成されている

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【請求項 5】

上記第 1 蓄電装置と上記第 2 蓄電装置との間に、直流 / 直流の電力変換を行う電力変換装置をさらに備えた

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は回転電機システムに関し、特に、車両用電動機および車両発電電動機を含む電動機全般を用いた回転電機システムに関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

従来、車両用電動機の回転電機システムにおいては、2以上の複数の電源装置を備えている場合、1つの電源装置だけが車両用電動機に直接接続され、それ以外は電力変換装置（DC/DCコンバータ）を介して接続されている。電力変換装置（DC/DCコンバータ）を介することで複数の電源間の電力授受を可能としている。

【 0 0 0 3 】

これに対して、固定子巻線を2群として、それぞれに電力変換装置（インバータ）と電源装置を接続し、固定子巻線間で電力変換を行うことで、電力変換装置（DC/DCコンバータ）を不要とする方法がとられている（例えば、特許文献1～3参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 9 - 0 3 8 9 3 4 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開平 0 8 - 3 3 1 7 0 5 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 4 - 1 8 7 4 5 0 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

特許文献1～3に記載のような固定子巻線を利用して異なる電源装置から電力を授受する方法では、電力変換装置（インバータ）を2回通過する必要がある、固定子巻線が3相以上の複数相からなる交流巻線の場合、電力変換装置内では固定子巻線に応じた相数のスイッチング素子を電流が通過するため、素子損失が大きく電力変換効率が低下するという問題点があった。

【 0 0 0 6 】

また、回転子に永久磁石を用いている場合、固定子巻線に流す電流によって永久磁石を減磁させてしまうという問題点があった。

【 0 0 0 7 】

また、固定子巻線の通電電流により、回転子にトルクを発生させる、もしくは、トルクを発生させないとの指令を出力する必要がある。当該指令を出力するためには、回転子の磁極位置情報を考慮して、固定子巻線電流の位相を決める必要があるという問題点があった。

【 0 0 0 8 】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、素子損失を抑えながら、複数の蓄電装置間の電力変換の効率化を図ることが可能な、回転電機システムを得ることを目的としている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

この発明は、回転子鉄心に回転子巻線が巻回された回転子と固定子鉄心に第1固定子巻線および第2固定子巻線が巻回された固定子とを有した回転電機と、上記回転子巻線に接続されて、上記回転子巻線に電流を供給する回転子電流回路と、電力の充放電を行う第1蓄電装置および第2蓄電装置と、上記第1固定子巻線と上記第1蓄電装置との間に接続され、上記第1固定子巻線と上記第1蓄電装置との間の電力変換を行う第1電力変換装置と、上記第2固定子巻線と上記第2蓄電装置との間に接続され、上記第2固定子巻線と上記第2蓄電装置との間の電力変換を行う第2電力変換装置と、上記回転子に関する回転子情報を検知する回転センサーと、上記第1蓄電装置の状態に関する状態情報を検知する第1蓄電センサーと、上記第2蓄電装置の状態に関する状態情報を検知する第2蓄電センサーと、上記回転センサーからの回転子情報、上記第1蓄電センサーからの状態情報、および、上記第2蓄電センサーからの状態情報に基づいて、上記回転子電流回路、上記第1電力変換装置、および、上記第2電力変換装置を制御する制御装置と、上記第1蓄電装置に接続された車載負荷と上記第1蓄電装置の直流側との間に設けられ、直流/直流の電力変換

10

20

30

40

50

を行う第 3 電力変換装置とを備え、上記第 1 蓄電装置を P A M コンバータと上記 P A M コンバータの電圧を制御するコントローラとから構成して、上記第 1 蓄電装置の電圧を可変とし、上記制御装置により、上記回転子電流回路、上記第 1 電力変換装置、および、上記第 2 電力変換装置を制御することで、上記回転子電流回路が上記第 1 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給することで、上記第 2 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 2 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 2 蓄電装置を充電させるか、あるいは、上記回転子電流回路が上記第 2 蓄電装置からの電力により上記回転子巻線に電流を供給することで、上記第 1 固定子巻線に交流電圧を発生させ、その電力を上記第 1 電力変換装置で直流電流に変換して上記第 1 蓄電装置を充電させることで、上記第 1 蓄電装置と上記第 2 蓄電装置間での電力変換を行い、上記第 1 蓄電装置の電圧が上記第 2 蓄電装置の電圧よりも高く、かつ、上記回転電機を駆動させるとき、上記コントローラは、上記第 1 蓄電装置の電圧を上記第 2 蓄電装置の電圧まで低下させる、回転電機システムである。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

この発明によれば、回転子巻線を通電し回転子磁束を発生させ、その磁束を固定子巻線に鎖交させることで、固定子巻線での電圧を発生させ、それを、電力変換装置で交流から直流に変換することで、蓄電装置に充電させることができる。このことにより、回転子巻線と固定子巻線間での電力授受が可能となり、また、電力変換（輸送）で使用する電力変換装置が、回転子電流回路と一方の電力変換装置のみであるので、従来の電力授受に対して、使用する電力変換素子数を減らすことができる。これにより、素子損失を低減することが可能で、蓄電装置間の電力変換の効率化を図ることができる。回転子には、回転子巻線に通電する回転子電流のみが供給されるため、回転子位置に関係なく、制御が可能である。また、回転子には回転子巻線にて磁束を発生させるため、永久磁石を用いることなく、回転電機としての機能を果たせる。このため、電力変換での永久磁石の減磁を考慮する必要がない。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】この発明の実施の形態 1，2 による回転電機システムとエンジンの関係を示す図である。

30

【図 2】この発明の実施の形態 1，2 による回転電機システムの構成を示す図である。

【図 3】この発明の実施の形態 3 による回転電機システムの構成を示す図である。

【図 4】この発明の実施の形態 4 による回転電機システムの構成を示す図である。

【図 5】この発明の実施の形態 1，2 による回転電機システムに設けられた第 1 電力変換装置および第 2 電力変換装置の一例を示す図である。

【図 6】この発明の実施の形態 1，2 による回転電機システムに設けられた回転子電流回路の一例を示す図である。

【図 7】この発明の実施の形態 3 による回転電機システムに設けられた整流回路（レクチファイヤ）の一例構を示す図である。

【図 8】この発明の実施の形態 5 による回転電機システムの構成を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

実施の形態 1 .

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による回転電機システムとエンジンとの関係を示す図である。図 2 は、回転電機システムの構成を示す図である。また、図 5 は、図 2 の回転電機システムに設けられた第 1 電力変換装置および第 2 電力変換装置の一例を示す図である。また、図 6 は、図 2 の回転電機システムに設けられた回転子電流回路の一例を示す図である。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、回転電機システム 1 においては、回転電機 2 の回転子軸 3 にプーリ

50

ー 5 が装着され、ベルト 6 を介して、エンジン 4 と接続されている。回転電機 2 がエンジン 4 側から回転させられる場合と、回転電機 2 を駆動させてエンジン 4 を回転させる場合とがある。

【 0 0 1 4 】

図 2 において、回転電機システム 1 は、回転電機 2 と、回転電機 2 に接続された回転子電流回路 1 4 と、回転電機 2 に接続された第 1 電力変換装置 2 5 及び第 2 電力変換装置 2 6 と、これらを制御する制御装置 3 1 と、第 1 電力変換装置 2 5 に接続された第 1 蓄電装置 2 7 と、第 2 電力変換装置 2 6 に接続された第 2 蓄電装置 2 8 とを備えている。第 1 蓄電装置 2 7 は車載負荷 2 9 に、第 2 蓄電装置 2 8 は車載負荷 3 0 に接続され、それぞれ、車載負荷 2 9 , 3 0 に電力供給を行う。

10

【 0 0 1 5 】

回転電機 2 は、回転子鉄心 1 2 に回転子巻線 1 3 が巻回された回転子 1 1 と、固定鉄心 2 2 に第 1 固定子巻線 2 3 と第 2 固定子巻線 2 4 とが巻回された固定子 2 1 とを備えている。また、回転子 1 1 には、回転子 1 1 の回転状態（回転 / 停止の別）および回転子位置情報を得る回転子センサー 3 2 が設けられている。回転子巻線 1 3 は、回転子電流回路 1 4 に接続され、回転子電流回路 1 4 から回転子電流が与えられる。第 1 固定子巻線 2 3 は第 1 電力変換装置 2 5 に接続され、第 2 固定子巻線 2 4 は第 2 電力変換装置 2 6 に接続されている。

【 0 0 1 6 】

回転子電流回路 1 4 は、第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 に接続され、それらの蓄電装置のいずれか一方からの直流電力を用いて、回転子巻線 1 3 に給電する。第 1 電力変換装置 2 5 および第 2 電力変換装置 2 6 は、第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 からの直流電力を交流電力に変換して、第 1 固定子巻線 2 3 および第 2 固定子巻線 2 4 に給電することができ、逆に、第 1 固定子巻線 2 3 および第 2 固定子巻線 2 4 に発生した交流電力を直流電力に変換して、第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 を充電することが可能である。第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 は、それぞれ、蓄電状態等（電圧および蓄電量（SOC（State Of Charge）））を検知する第 1 蓄電装置センサー 3 3 および第 2 蓄電装置センサー 3 4 を有している。

20

【 0 0 1 7 】

制御装置 3 1 は、回転子センサー 3 2、第 1 蓄電装置センサー 3 3、および、第 2 蓄電装置センサー 3 4 からの情報に基づき、回転子電流回路 1 4、第 1 電力変換装置 2 5、および、第 2 電力変換装置 2 6 の制御を行う。

30

【 0 0 1 8 】

これ以降の説明では、回転子巻線 1 3 は単相巻線（相数 1）とし、第 1 固定子巻線 2 3 および第 2 固定子巻線 2 4 は 3 相交流巻線とした場合を、例に挙げて説明する。第 1 電力変換装置 2 5 および第 2 電力変換装置 2 6 は、例えば、図 5 に示すように、MOS FET からなる 2 つのスイッチング素子 1 0 1 を直列に接続してなる MOS FET 対を並列に 3 つ接続したフルブリッジ回路からなる 3 相インバータである場合を例に挙げる。各スイッチング素子 1 0 1 には、ダイオードが逆並列で接続されている。図 5 では、第 1 電力変換装置 2 5 の構成のみを図示しているが、第 2 電力変換装置 2 6 の構成は、図 5 の第 1 電力変換装置 2 5 と同じであるため、ここでは図示を省略する。第 1 電力変換装置 2 5 および第 2 電力変換装置 2 6 は、スイッチング素子 1 0 1 をスイッチングさせることで、第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 からの直流電力を交流電力に変換して第 1 固定子巻線 2 3 および第 2 固定子巻線 2 4 に給電するとともに、逆に、第 1 固定子巻線 2 3 および第 2 固定子巻線 2 4 で発生した交流電圧を直流電力に変換して第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 を充電することができる。また、回転子電流回路 1 4 は、例えば、図 6 に示すような、MOS FET からなる複数のスイッチング素子 1 0 2 で構成されたフルブリッジ回路を例に挙げる。回転子電流回路 1 4 は、スイッチング素子 1 0 2 をスイッチングさせることで、回転子巻線 1 3 に直流または交流電流（高周波電流）を供給できるものとする。なお、ここで、高周波電流とは、周波数が大きい（ふつうは数百 Hz 以上）交

40

50

流電流のことを一般に「高周波電流」と呼ぶが、電力会社から通常送電される電流の周波数は関東では50Hz、関西では60Hzであるので、ここでは、これらの周波数より周波数が大きい交流電流を高周波電流と呼ぶこととする。また、第1蓄電装置27は高電圧バッテリー（例えば、2次電池、48Vのリチウムイオンバッテリー（LiB））とし、第2蓄電装置28は低電圧バッテリー（例えば、2次電池、12Vの鉛蓄電池）とする。

【0019】

次に、回転電機システム1の動作について説明する。

本実施の形態に係る回転電機システム1では、“発電”、“駆動（力行）”及び“電力変換”の3つの動作モードがある。これらの3つの動作モードは、車両走行状態（エンジン回転数）または第1蓄電装置27及び第2の蓄電装置28の状態により分類される。まず、車両走行状態のみ考えると、各動作モードは、主には、次の状態で分けられる。車両走行状態が「車両減速時」の場合は動作モードは“発電”となり、車両走行状態が「車両発進時」または「エンジン低速回転時」の場合は動作モードは“駆動（力行）”となり、車両走行状態がそれ以外の場合に動作モードは“電力変換”となる。

【0020】

これらは車両走行状態のみで分けているが、蓄電装置の状態によっては必ずしもこの走行状態で分類されるものではなく、ECUでの車両エネルギーマネジメントなど上位からの指令によっては動作モードが変わり得ることがある。各動作モードについては次に個別で説明する。

【0021】

まず、動作モードが“発電”の場合は、回転電機システム1で機械エネルギーを入力として電気エネルギーを出力する。入力としてエンジン4側からの外部の力により回転子11が回転させられる機械エネルギーを発電により電気エネルギーに変換し、第1蓄電装置27および第2蓄電装置28および車載負荷29, 30に電力供給する。また、回転子巻線13に回転子電流回路14からほぼ一定となる直流電流を供給し、回転子11に磁極を作り、第1固定子巻線23および第2固定子巻線24に交流電圧を発生させ、この交流電力を第1電力変換装置25および第2電力変換装置26で直流電力に変換し、第1蓄電装置27および第2蓄電装置28を充電する。この場合、制御装置31が、回転子センサー32の回転数情報と、第1蓄電装置センサー33での蓄電状態と、第2蓄電装置センサー34の蓄電状態情報とに基づいて、回転子電流回路14に接続された第1蓄電装置27および第2蓄電装置28のうちの蓄電量が少ない方を充電すべき蓄電装置として選択し、第1蓄電装置27および第2蓄電装置28を制御する。すなわち、制御装置31は、回転子11の回転数が大きく第1固定子巻線23と第2固定子巻線24のどちらでも発電できる場合は、第1蓄電装置27および第2蓄電装置28の蓄電状態によって、例えば、第1蓄電装置27, 第2蓄電装置28の両方が満充電でない場合は、第1蓄電装置27, 第2蓄電装置28の両方充電し、どちらかが満充電、または、どちらかが充電過不足状態（非満充電）であれば、充電過不足の蓄電装置側のみを充電する。また、回転数が小さく発電量を大きく取れない場合は、第1蓄電装置センサー33での蓄電状態情報および第2蓄電装置センサー34の蓄電状態情報により、蓄電量が小さい方の蓄電装置を優先して充電させる。このように、“発電”においては、回転子電流回路14から回転子巻線13に直流電流を供給することで、第1蓄電装置27および第2蓄電装置28を充電する。

【0022】

次に、動作モードが“駆動（力行）”の場合は、回転電機システム1で電気エネルギーを入力として機械エネルギーを出力する。第1蓄電装置27または第2蓄電装置28から第1電力変換装置25または第2電力変換装置26に電力供給し、回転電機2の回転子11を駆動させ、ベルト6で接続されているエンジン4のエンジン軸を回転、もしくは、回転アシストを行う状態である。高電圧側である第1蓄電装置27からの直流電力を第1電力変換装置25で交流電力に変換して第1固定子巻線23に給電するとともに、第1蓄電装置27からの直流電力を用いて回転子電流回路14により回転子巻線13にほぼ一定となる直流電流を供給させることで、回転子11にトルクを発生させる。上記説明では、第

1 蓄電装置 27 から電力供給としたが、第 1 蓄電装置センサー 33 での蓄電状態情報および第 2 蓄電装置センサー 34 の蓄電状態情報により、制御装置 31 は、蓄電量が大きい方の蓄電装置を電力源として、第 1 固定子巻線 23 または第 2 の固定子巻線 24 のいずれか一方と回転子巻線 13 とに電力供給を決める。ただし、蓄電量の大きい方の一方の蓄電装置のみから第 1 固定子巻線 23 または第 2 固定子巻線 24 と回転子巻線 13 との両方に電力供給する必要はなく、第 1 蓄電装置 27 および第 2 蓄電装置 28 とともに蓄電量に余裕がある場合は、蓄電量の大きい方の蓄電装置が第 1 固定子巻線 23 及び第 2 の固定子巻線 24 に電力供給し、蓄電量の小さい方の蓄電装置が回転子巻線 13 へ電力供給してもよい。

【0023】

次に、動作モードが“電力変換”の場合は、回転電機システム 1 で電気エネルギーを入力として電気エネルギーを出力する。回転子 11 の回転数が小さく発電が十分に行えない状態で、第 1 蓄電装置 27 または第 2 蓄電装置 28 の一方が、車載負荷 29, 30 に対する蓄電量が不足となる場合、第 1 蓄電装置 27 及び第 2 蓄電装置 28 間での電力変換（転送）を行う。例えば、蓄電量が多い第 1 蓄電装置 27 から蓄電量不足の第 2 蓄電装置 28 への電力変換（転送）を行う場合について示す。第 1 蓄電装置 27 から回転子電流回路 14 に直流電力を給電して、回転子電流回路 14 の MOS FET をスイッチングさせることで、交流電流（高周波電流）を回転子巻線 13 に与える。交流電流（高周波電流）であることにより、回転子 11 が作る磁束は回転子 11 が停止していても時間的に変化していることで、固定子巻線 24 に交流電圧が発生し、この電力を第 2 電力変換装置 26 で直流電力に変換することで、第 2 蓄電装置 28 を充電できる。これは、機械入力を用いることなく、第 1 蓄電装置 27 の電力を回転子巻線 13 と第 2 固定子巻線 24 を利用することで、第 2 蓄電装置 28 に電力変換（輸送）することができる。この場合、第 2 電力変換装置 26 と回転子電流回路 14 での電力変換素子損失が発生するが、回転子電流回路 14 は単相に相当する為、電力変換素子の数が少なく、損失を小さく抑えることができるので効率を高められる。

また、回転子 11 に永久磁石を用いてないため、永久磁石の減磁を心配しなくてもよい。また、回転子センサー 32 により、回転子情報をみながら、制御装置 31 で全体制御を行うので、トルクの調整が可能である。

また、ベルト 6 が切れるなどして、回転子 11 が回転できず、発電ができずに第 1 蓄電装置 27 および第 2 蓄電装置 28 に充電ができない状態となって、どちらかの蓄電装置 27, 28 の蓄電量がなくなっても、回転子巻線 13 に交流電流（高周波電流）を通電することで、蓄電装置 27, 28 間での電力変換（輸送）を行うことで、車両の電装品に電力供給を行える。

【0024】

なお、上記の説明では、第 1 蓄電装置 27（高電圧側）から第 2 蓄電装置 28（低電圧側）への電力変換（輸送）としたが、第 2 蓄電装置 28（低電圧側）から第 1 蓄電装置 27（高電圧側）への電力変換（輸送）も同様に可能である。

【0025】

以上のように、本実施の形態では、制御装置 31 により、回転子電流回路 14、第 1 電力変換装置 25、および、第 2 電力変換装置 26 を制御することで、回転子電流回路 14 が第 1 蓄電装置 27 からの電力により回転子巻線 13 に電流を供給することで、第 2 固定子巻線 24 に交流電圧を発生させ、その電力を第 2 電力変換装置 26 で直流電流に変換して第 2 蓄電装置 28 を充電させるか、あるいは、回転子電流回路 14 が第 2 蓄電装置 28 からの電力により回転子巻線 13 に電流を供給することで、第 1 固定子巻線 23 に交流電圧を発生させ、その電力を第 1 電力変換装置 25 で直流電流に変換して第 1 蓄電装置 27 を充電させることで、第 1 蓄電装置 27 と第 2 蓄電装置 28 との間の電力変換（輸送）を行う。本実施の形態では、このように、一方の蓄電装置からの電力を用いて回転子巻線 13 に高周波電流を通電し回転子磁束を発生させ、その磁束を固定子巻線に鎖交させ、高周波での磁束変化をさせることで固定子巻線での電圧を発生させ、それを、回転子巻線 13 が接続されていない側の蓄電装置に接続されている電力変換装置で交流を直流に変換する

ことで蓄電装置に充電させることができる。このことにより、回転子巻線と固定子巻線間の電力授受が可能である。また、回転子 1 1 には、回転子巻線 1 3 に通電する回転子電流のみが供給され、回転子位置に関係なく制御が可能である。また、電力授受で使用する電力変換装置が、回転子巻線 1 3 のための回転子電流回路 1 4 (単相)と一方の固定子巻線のための 1 組 (3 相 1 組)の電力変換装置だけであり、従来の電力授受に対して、使用する電力変換素子数を減らすことができるので、電力変換部での損失を低減することが可能で、電力変換の損失を低減し高効率化することができる。また、回転子 1 1 には回転子巻線 1 3 にて磁束を発生させるため、永久磁石を用いることなく、回転電機としての機能を果たせる。このため、電力変換での永久磁石の減磁を考慮する必要がない。本実施の形態においては、従来の動作、発電、駆動 (機械エネルギー $\leftrightarrow$ 電気エネルギー変換) 以外の、電気エネルギー $\leftrightarrow$ 電気エネルギー変換が可能である。

10

【0026】

また、本実施の形態では、回転子電流回路 1 4 は、回転子巻線 1 3 に直流電流と交流電流の両方が供給可能であって、回転電機 2 の駆動対象であるエンジン 4 を駆動させる“駆動”モード時、および、第 1 蓄電装置 2 7 および第 2 蓄電装置 2 8 を充電させる“発電”モード時には、回転子巻線 1 3 に直流電流を供給し、一方、第 1 蓄電装置 2 7 と第 2 蓄電装置 2 8 間での“電力変換”モード時には、回転子巻線 1 3 に交流電流 (高周波電流) を供給するようにした。このように、本実施の形態では、第 1 蓄電装置 2 7 と第 2 蓄電装置 2 8 間での電力変換 (輸送) 時に、回転子巻線 1 3 に供給する電流を高周波電流とし、回転子巻線 1 3 に高周波電流を通電することで、固定子巻線 2 3, 2 4 への磁束が時間変化するため、回転子 1 1 が停止している時にも、電力変換を行うことが可能である。

20

【0027】

実施の形態 2 .

上記の実施の形態 1 では、第 1 蓄電装置 2 7 の電力で、回転子巻線 1 3 に通電し、第 2 固定子巻線 2 4 に電力変換 (輸送) をしていたが、本実施の形態では、回転子巻線 1 3 だけでなく、第 1 固定子巻線 2 3 にも第 1 蓄電装置 2 7 から第 1 電力変換装置 2 5 を介して、交流電流を通電させることで、電力変換 (輸送) を行う場合について説明する。

【0028】

本実施の形態の回転電機システムの構成は、上記の実施の形態 1 で、図 1、図 2、図 5、図 6 に示したものと同一であるため、ここでは、その説明を省略する。

30

【0029】

本実施の形態と上記の実施の形態 1 との動作における差異は、“電力変換”の動作だけである。以下に、本実施の形態における“電力変換”の動作について説明する。なお、他の動作は、上記の実施の形態 1 と同一であるため、ここでは、その説明を省略する。

【0030】

本実施の形態において、動作モードが“電力変換”の場合は、回転電機システム 1 で電気エネルギーを入力として電気エネルギーを出力する。回転子 1 1 の回転数が小さく発電が十分に行えない状態で、第 1 蓄電装置 2 7 または第 2 蓄電装置 2 8 の一方が、車載負荷 2 9, 30 に対して、充電量が不足となる場合、第 1 蓄電装置 2 7 及び第 2 蓄電装置 2 8 間での電力変換 (転送) を行う。例えば、充電量が多い第 1 蓄電装置 2 7 から充電量不足の第 2 蓄電装置 2 8 への電力変換 (転送) を行う場合について示す。第 1 蓄電装置 2 7 から回転子電流回路 1 4 に直流電力を給電して、回転子電流回路 1 4 の MOS FET をスイッチングさせることで、交流電流 (高周波電流) を回転子巻線 1 3 に与える。交流電流 (高周波電流) であることにより、回転子 1 1 が作る磁束は回転子 1 1 が停止している時にも時間的に変化していることで、固定子巻線 2 4 に交流電圧が発生し、この電力を第 2 電力変換装置 2 6 で直流電力に変換することで、第 2 蓄電装置 2 8 を充電できる。これは、機械入力を用いることなく、第 1 蓄電装置 2 7 の電力を回転子巻線 1 3 と第 2 固定子巻線 2 4 を利用することで、第 2 蓄電装置 2 8 に電力変換 (輸送) することができる。この場合、第 2 電力変換装置 2 6 と回転子電流回路 1 4 での電力変換素子損失が発生するが、回転子電流回路 1 4 は単相に相当する為、電力変換素子の数が少なく、損失を小さく抑える

40

50

ことができるので効率を高められる。また、回転子 11 に永久磁石を用いてないため、永久磁石の減磁を心配しなくてもよい。また、回転子センサー 32 により、回転子情報をみながら、制御装置 31 で全体制御を行うので、トルクの調整が可能である。また、ベルト 6 が切れるなどして、回転子 11 が回転できず、発電ができずに第 1 蓄電装置 27 および第 2 蓄電装置 28 に充電ができない状態となって、どちらかの蓄電装置 27, 28 の充電量がなくなっても、回転子巻線 13 に交流電流（高周波電流）を通電することで、蓄電装置 27, 28 間での電力変換（輸送）を行うことで、車両の電装品に電力供給を行える。

【0031】

ここまでの動作は、上記の実施の形態 1 と同じである。

本実施の形態においては、交流電流（高周波電流）を回転子巻線 13 に与えると同時に、第 1 固定子巻線 23 にも、第 1 蓄電装置 27 から第 1 電力変換装置 25 を介して、交流電流を通電させる。

こうして、第 1 固定子巻線 23 に交流電流が流れることで、第 1 固定子巻線 23 に磁束が発生し、この磁束が、回転子巻線 13 により作成される磁束をアシストすることで、第 2 固定子巻線 24 の磁束量を増やし、第 2 蓄電装置 28 への充電量を大きくさせることができる。

この場合、第 1 固定子巻線 23 には回転子電流のアシストとして、小電流しか流さない為、第 1 電力変換装置 25 での電力損失は小さいため効率低下をとどめつつ、第 2 蓄電装置への充電量を大きくできる。

【0032】

なお、上記の説明では、第 1 蓄電装置 27（高電圧側）から第 2 蓄電装置 28（低電圧側）への電力変換（輸送）としたが、第 2 蓄電装置 28（低電圧側）から第 1 蓄電装置 27（高電圧側）への電力変換（輸送）も同様に可能である。

【0033】

以上のように、本実施の形態においては、上記の実施の形態 1 と同様の効果が得られるとともに、さらに、本実施の形態では、制御装置 31 により、回転子電流回路 14、第 1 電力変換装置 25、および、第 2 電力変換装置 26 を制御することで、回転子電流回路 14 が第 1 蓄電装置 27 からの電力により回転子巻線 13 に電流を供給するとともに、第 1 電力変換装置 25 が第 1 蓄電装置 27 からの電力により第 1 固定子巻線 23 に電流を供給することで、第 2 固定子巻線 24 に交流電圧を発生させ、その電力を第 2 電力変換装置 26 で直流電流に変換して第 2 蓄電装置 28 を充電させる。あるいは、その逆で、回転子電流回路 14 が第 2 蓄電装置 28 からの電力により回転子巻線 13 に電流を供給するとともに、第 2 電力変換装置 26 が第 2 蓄電装置 28 からの電力により第 2 固定子巻線 24 に電流を供給することで、第 1 固定子巻線 23 に交流電圧を発生させ、その電力を第 1 電力変換装置 25 で直流電流に変換して第 1 蓄電装置 27 を充電させる。こうすることで、第 1 蓄電装置 27 と第 2 蓄電装置 28 間での電力変換（輸送）を行うことができる。本実施の形態では、このように、回転子巻線 13 だけでなく、第 1 固定子巻線 23 または第 2 固定子巻線 24 にも通電することで、電力変換（輸送）を行うようにしたので、回転子巻線 13 での磁束に、固定子巻線 23 または 24 での磁束をアシストすることで、充電側の固定子巻線 24 または 23 の鎖交磁束量を向上することができる。また、アシストする側の固定子巻線 23 または 24 の電流は小さいことから、電力変換装置 25 または 26 での損失を小さくすることができる。

【0034】

実施の形態 3 .

図 3 は、実施の形態 3 における回転電機システムの構成を示す図である。

上記の実施の形態 1、2 では、第 1 電力変換装置 25 及び第 2 電力変換装置 26 は、蓄電装置 27, 28 と固定子巻線 23, 24 との間を、交流電力→直流電力、直流電力→交流電力の交直双方向変換としていた。実施の形態 3 では、これまでの低電圧側であった第 2 電力変換装置 26 を整流装置（レクチファイヤ）41 に置き換える。他の構成については、上記の実施の形態 1、2 と同じであるため、ここでは、説明を省略する。

【 0 0 3 5 】

整流装置（レクチファイヤ）４１は、例えば、図７に示すように、２つのダイオード１０３を直列に接続してなるダイオード対を並列に３つ接続したダイオードブリッジ回路からなる３相全波整流回路で構成される。第２電力変換装置２６の代わりに、整流装置（レクチファイヤ）４１とすることで、第２固定子巻線２４で発生した交流電圧を、第２蓄電装置２８への直流になるよう整流して供給する一方向変換となる。

【 0 0 3 6 】

本実施の形態では、“電力変換”モード時は、制御装置３１により、回転子電流回路１４、および、第１電力変換装置２５を制御することで、回転子電流回路１４が第１蓄電装置２７からの電力により回転子巻線１３に電流を供給することで、第２固定子巻線２４に交流電圧を発生させ、その電力を整流装置４１で整流して直流電流に変換して第２蓄電装置２８を充電させることで、第１蓄電装置２７と第２蓄電装置２８との間の電力変換（輸送）を行う。これにより、第１蓄電装置２７と第２蓄電装置２８間の電力変換（輸送）に回転子巻線１３を利用することで、使用する電気回路は、回転子電流回路１４と固定子巻線側の整流装置４１のみであり、電力素子損失を低減させて、電力変換の損失を低減し高効率化することができる。従来の動作、発電、駆動（機械エネルギー→電気エネルギー変換）以外の、電気エネルギー→電気エネルギー変換が可能である。

【 0 0 3 7 】

このように、本実施の形態においては、整流装置４１を用いることで、電気回路部を小さくすることができ、回転電機システム１を小さくし、車載搭載性を向上させることが可能となる。また、整流装置４１は受動素子であるため、制御する必要がなくなり、制御装置３１での制御ロジックを簡素化できる。

【 0 0 3 8 】

本実施の形態の場合、“駆動”モード時は、第１蓄電装置２７から第１電力変換装置２５を介して第１固定子巻線２３に電力供給して、回転子１１を回転させることとなる。“発電”モード時は、整流装置４１により整流して第２蓄電装置２８に充電することが可能である。また、第１電力変換装置２５を動作させることで、第１蓄電装置２７にも充電が可能である。

【 0 0 3 9 】

なお、上記の説明においては、第２蓄電装置２８側（低電圧側）の第２電力変換装置を整流装置４１に置き換える例について説明したが、その場合に限らず、第１蓄電装置２７側（高電圧側）の第１電力変換装置を整流装置４１に置き換えるようにしてもよい。

【 0 0 4 0 】

以上のように、本実施の形態においては、上記の実施の形態１，２と同様の効果が得られるとともに、さらに、本実施の形態では、第１電力変換装置２５および第２電力変換装置２６のいずれか１つを整流装置４１で構成するようにした。このように、本実施の形態においては、電力変換装置を整流装置４１とすることで、回路構成を簡素化でき、小型化が可能となる。また、受動素子の整流装置４１とすることで制御ロジックを簡素化できる。

【 0 0 4 1 】

実施の形態４．

図４は、実施の形態４での回転電機システムの構成を示す図である。

本実施の形態では、図４に示すように、上記の実施の形態１～３（図２または図３）の構成に対して、第１蓄電装置２７と第２蓄電装置２８の間に電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２をさらに備えている。他の構成については、上記の実施の形態１～３と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

【 0 0 4 2 】

本実施の形態では、電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２により、第１蓄電装置２７と第２蓄電装置２８とで直接の電力変換（輸送）を直流－直流で変換が可能となり、実施の形態１～３での回転子巻線１３と固定子巻線間との電力変換（輸送）の補助的なも

10

20

30

40

50

のとして利用する。そのため、電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２の電力変換容量を小さくすることができ、電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２のサイズを小さくでき、車載搭載性を向上させることができる。また、電力変換の一部を電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）で行うため、固定子巻線に接続された電力変換装置での変換量を小さくできるため、素子での損失を小さくすることが熱的負担を軽減できる。

【００４３】

以上のように、本実施の形態においては、上記の実施の形態１～３と同様の効果が得られるとともに、さらに、本実施の形態では、第１蓄電装置２７と第２蓄電装置２８との間に、直流／直流の電力変換を行う電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２をさらに備えるようにしたので、第１蓄電装置２７、第２蓄電装置２８間の電力変換を、回転子巻線１３、固定子巻線２３，２４間で行う以外にも、補助的に、蓄電装置２７，２８間に設けた電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２で電力変換することで、固定子巻線２３，２４の電力変換装置２５，２６、回転子巻線１３の回転子電流回路１４での負担、損失を低減させることができる、また、上記のいずれかが故障した場合のバックアップとして電力変換を行うこともできる。

【００４４】

実施の形態５．

図８は、実施の形態５による回転電機システムの構成を示す図である。

本実施の形態では、図８に示すように、上記の実施の形態１～４（図２または図３または図４）の構成に対して、高圧側の蓄電装置である第１蓄電装置として可変蓄電装置４３が設けられている。可変蓄電装置４３は、内部に、可変電圧可能なＰＡＭコンバータと、ＰＡＭコンバータの電圧を制御するコントローラとを有している。このため、可変蓄電装置４３によって、高圧側の電圧を低圧側と同じ電圧まで複数段もしくはリニア（線形）に変化させることが可能なシステムとなる。コントローラの制御方法としては、例えば、“発電”、“駆動（力行）”、“電力変換”の回転電機システム１の各動作モードに合わせて、ＰＡＭコンバータの電圧を制御する。コントローラは、制御装置３１から、現在の動作モードの情報を得て、動作モードが、回転電機２の駆動対象であるエンジン４を駆動させる“駆動”モードであることを検知した場合には、ＰＡＭコンバータの電圧を低圧側と同じ電圧まで段階的にもしくはリニア（線形）に変化させる。この変化パターンは、予めコントローラに記憶させておいてもよく、あるいは、ＰＡＭコンバータの電圧を測定し、フィードバック制御するようにしてもよい。一方、コントローラは、動作モードが“発電”または“電力変換”の場合には、インバータの効率と回転電機の効率を鑑みてＰＡＭコンバータの電圧を高圧、低圧に変化させてシステム全体として効率よく駆動できる状態を保つようにする。また、“駆動”モードにおいても、エンジンのアシストする領域で、回転電機のトルクが小さい状態では、ＰＡＭコンバータ電圧を下げた方がインバータおよび回転電機の効率が高くなることがあるため、エンジン回転数（回転電動機回転数）および入力電力に応じて電圧を変化させる。

また、本実施の形態においては、図８に示すように、高圧側の車載負荷２９と可変電圧可能な可変蓄電装置４３との間に直流／直流の電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２が備えられている。そのため、電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２により、高圧側の車載負荷２９へ供給する電力の電圧を調整することができるため、可変電圧可能な可変蓄電装置４３の電圧が変更されても、高圧側の車載負荷２９の電圧を一定に保つことが可能である。もしくは、図示していないが、可変蓄電装置４３のＰＡＭコンバータを通過しない高圧側の電源回路を持つことによって、上記直流／直流の電力変換装置（ＤＣ／ＤＣコンバータ）４２を省くことが可能である。

【００４５】

他の構成については、上記の実施の形態１～４と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

【００４６】

本実施の形態では、高圧側の蓄電装置である第１蓄電装置として可変蓄電装置４３を用

いて、高圧側の電源電圧を可変にすることで、回転電機 2 の駆動対象であるエンジン 4 を駆動させる“駆動”モード時に発生する回転電機 2 の突入電流を抑えることが可能となる。通常、高電圧側の巻線は低電圧側の巻線と比較して抵抗が大きくなっている。しかしながら、巻線の抵抗が電圧に比例して大きくなっていないことから高電圧側は突発的な電流が発生する可能性が大きい。よって、回転電機 2 の駆動対象であるエンジン 4 を駆動させる“駆動”モード時において、可変蓄電装置 43 のコントローラによって、可変電圧可能な PAM コンバータの電圧を下げしておくことによって、突入電流を低減することが可能である。

【0047】

以上のように、本実施の形態においては、上記の実施の形態 1 ~ 4 と同様の効果が得られるとともに、さらに、本実施の形態では、第 1 蓄電装置として可変蓄電装置 43 を設け、当該第 1 蓄電装置を PAM コンバータおよびコントローラから構成して、第 1 蓄電装置の電圧を可変可能とし、さらに、第 1 蓄電装置に接続された高圧側の車載負荷 29 と第 1 蓄電装置との間に直流 / 直流の電力変換を行う電力変換装置 (DC / DC コンバータ) 42 をさらに備えるようにしたので、回転電機 2 の駆動対象であるエンジン 4 を駆動させる“駆動”モード時に発生する回転電機 2 の突入電流を抑えることが可能となる。

【0048】

なお、上記各実施の形態 1 ~ 5 では、第 1 固定子巻線 23 及び第 2 固定子巻線 24 を 3 相交流巻線としたが、3 相交流巻線に限定されず、これらの固定子巻線 23, 24 を多相交流巻線 (例えば、5 相、7 相) でもよい。この場合、第 1 電力変換装置 25 及び第 2 電力変換装置 26 も多相巻線対応した回路構成とする。

【0049】

また、上記各実施の形態 1 ~ 5 において、第 1 電力変換装置 25, 第 2 電力変換装置 26、回転子電流回路 14、制御装置 31 は、回転電機 2 と一体であってもよく、別体としてであってもよい。

【0050】

また、上記各実施の形態 1 ~ 5 の回転電機システムにおいては、エンジン自動車をもとに、エンジン軸とベルト 6 等で回転子軸が接続されているとして説明したが、エンジン軸とベルト等で接続していない、ハイブリッド電気自動車としてもよい。ハイブリッド電気自動車の場合でも、駆動、発電 (回生)、電力変換と同じ動作モードが存在し、同じ効果が得られる。

【符号の説明】

【0051】

1 回転電機システム、2 回転電機、3 回転軸、4 エンジン、5 プーリー、6 ベルト、11 回転子、12 回転子鉄心、13 回転子巻線、14 回転子電流回路、21 固定子、22 固定子鉄心、23 第 1 固定子巻線、24 第 2 固定子巻線、25 第 1 電力変換装置、26 第 2 電力変換装置、27 第 1 蓄電装置、28 第 2 蓄電装置、29 車載負荷、30 車載負荷、31 制御装置、32 回転センサー、33 第 1 蓄電装置センサー、34 第 2 蓄電装置センサー、41 整流装置、42 電力変換装置 (DC / DC コンバータ)、43 可変蓄電装置、101, 102 スイッチング素子 (MOS FET)、103 ダイオード。

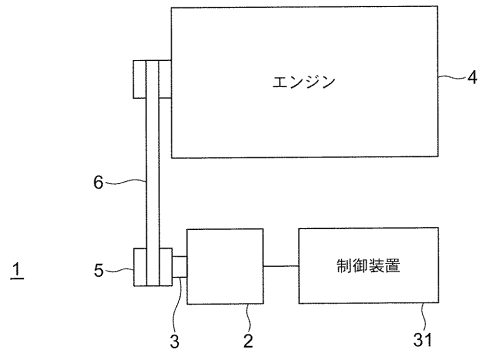
10

20

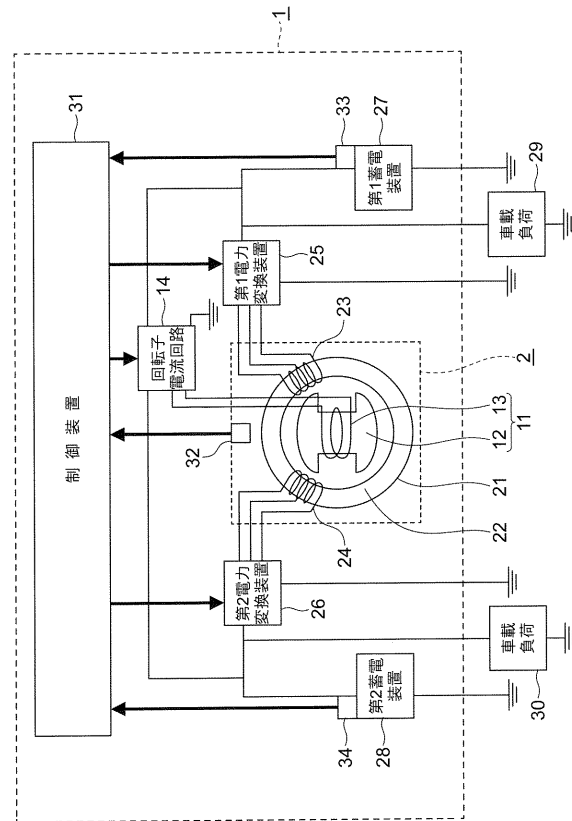
30

40

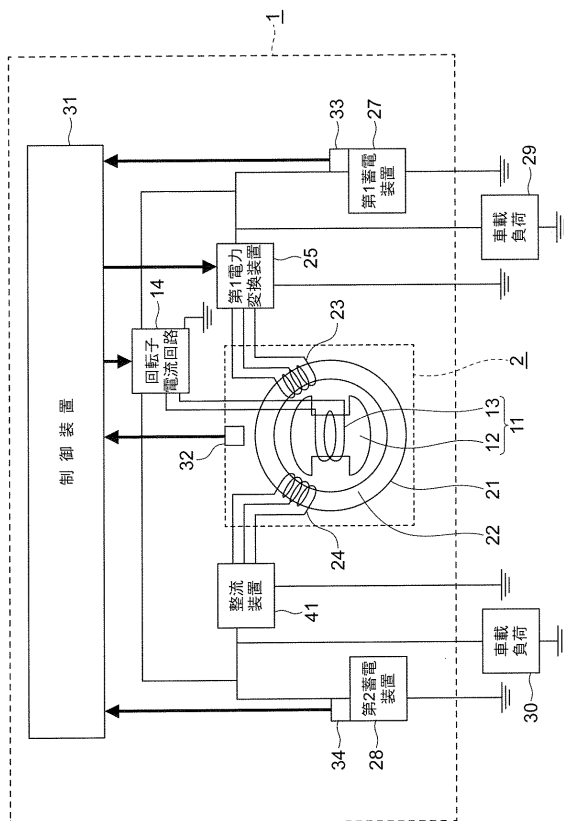
【図 1】



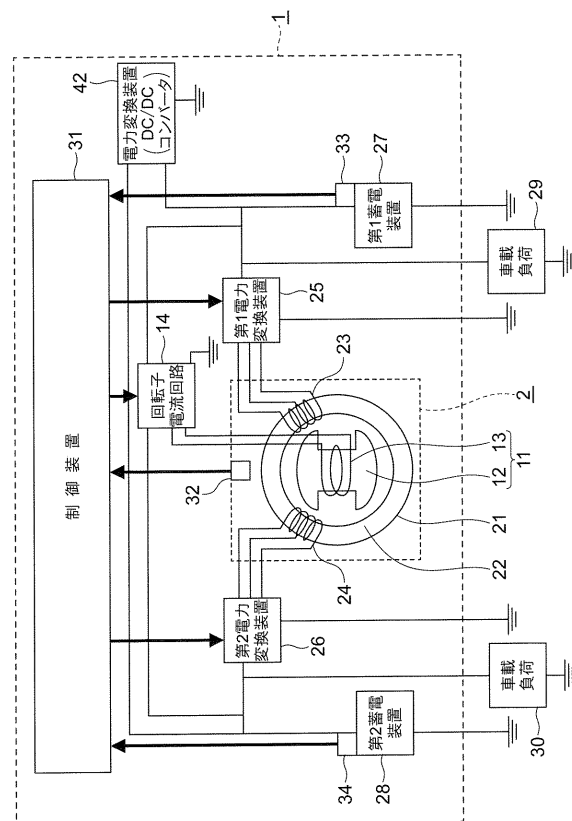
【図 2】



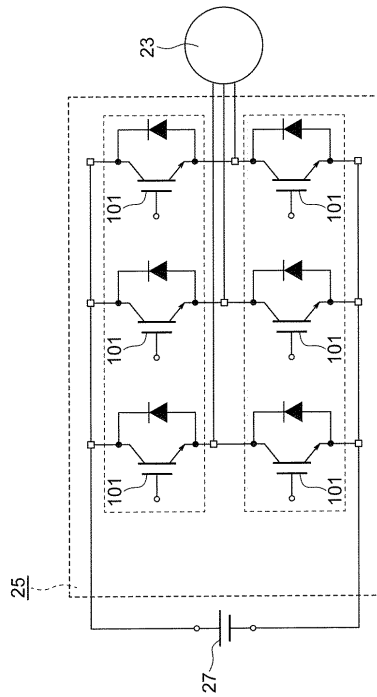
【図 3】



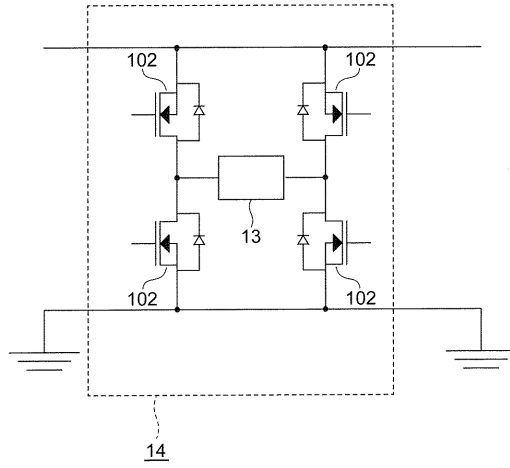
【図 4】



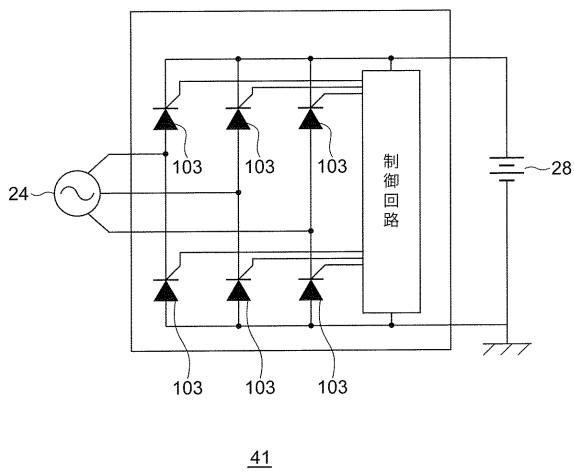
【図 5】



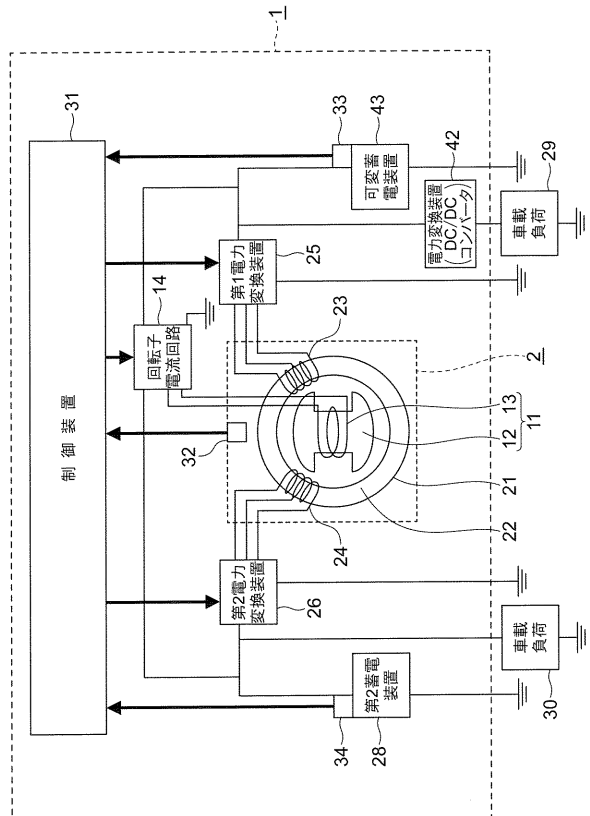
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 吉澤 敏行
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 小松 大河
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 有田 秀哲
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 大穀 晃裕
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 田村 恵里加

- (56)参考文献 特開2004-187450(JP,A)
特開2005-094922(JP,A)
特開2013-099124(JP,A)
特開2005-033867(JP,A)
特開平08-331705(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0271935(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 9/00-9/48, 21/00-25/03,
25/04, 25/10-27/18
B60L 1/00-3/12, 7/00-13/00,
/00-15/42