

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月3日(03.05.2018)



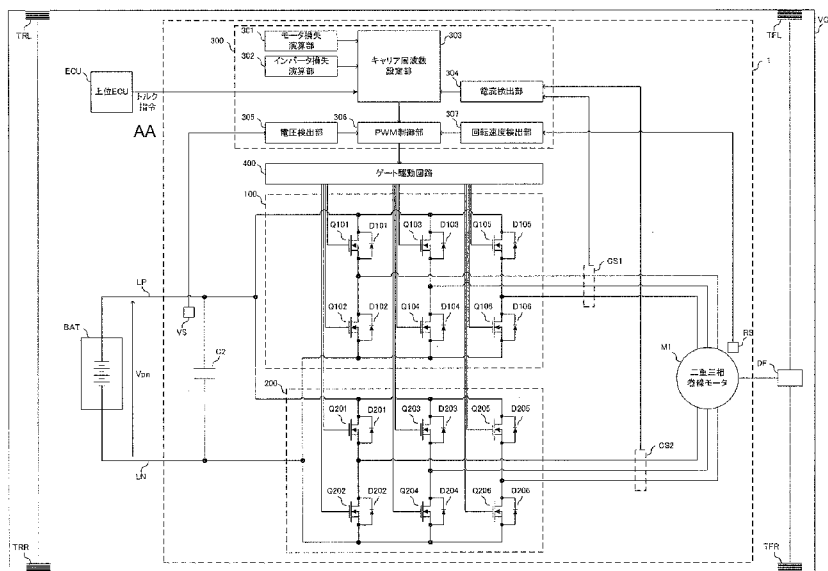
(10) 国際公開番号

WO 2018/078908 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/493 (2007.01) H02P 27/04 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012449
- (22) 国際出願日: 2017年3月27日(27.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-213079 2016年10月31日(31.10.2016) JP
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:湯山 篤(YUYAMA, Atsushi); 〒1008310 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:會我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 會我特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

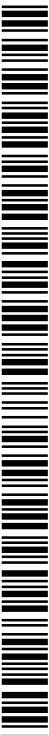
(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置



- 301 Motor loss calculation unit
- 302 Inverter loss calculation unit
- 303 Carrier frequency setting unit
- 304 Current detection unit
- 305 Voltage detection unit
- 306 PWM control unit
- 307 Rotation speed detection unit
- 400 Gate driving circuit
- ECU Upper layer ECU
- M1 Double three-phase winding motor
- AA Torque command

(57) Abstract: The present invention obtains a power conversion device the loss of which can be reduced, and which can improve fuel consumption and electric power consumption of an electrically driven vehicle. The power conversion device (1), which is mounted in a vehicle (VCL) driven by employing a driving motor M1 as a power source, is provided with inverters (100, 200) which control the driving motor (M1) by switching control of a plurality of switching elements (Q101-Q106, Q201-Q206), wherein each of the plurality of switching elements (Q101-Q106, Q201-Q206) is formed of a wide bandgap semiconductor.



WO 2018/078908 A1

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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 電力変換装置の損失を小さくして、電動化車両の燃費および電費を改善することができる電力変換装置を得る。駆動モータ(M1)を動力源として走行する車両(VCL)に搭載される電力変換装置(1)であって、複数のスイッチング素子(Q101~Q106、Q201~Q206)がスイッチング制御されることで駆動モータ(M1)を制御するインバータ(100、200)を備え、複数のスイッチング素子(Q101~Q106、Q201~Q206)のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている。

明 細 書

発明の名称 : 電力変換装置

技術分野

[0001] この発明は、複数の電力用半導体素子を有し、直流電源と交流駆動モータとの間で電力変換を行う電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 昨今、ハイブリッド自動車やプラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池車といった電動パワートレインを搭載した自動車が普及している。以下、ハイブリッド自動車をHEVと称し、プラグインハイブリッド自動車をPHEVと称し、電気自動車をEVと称し、燃料電池車をFCVと称する。また、以下、電動パワートレインを搭載した自動車を電動化車両と称する。

[0003] これらの電動化車両には、従来のガソリンエンジン車の構成に、車両を推進するためのモータと、モータを駆動するための電力変換装置とが追加で搭載されており、燃費および電費を改善するための技術開発が進んでいる。なお、燃費とは、単位燃料量あたりの走行距離のことであり、電費とは、単位電力量あたりの走行距離のことである。

[0004] ここで、モータ損失を低減するために、モータ損失と電力変換装置の損失とを加算した合計損失が最小となるように、電力変換装置のキャリア周波数を設定する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4605274号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載された技術は、モータ損失と電力変換装置の損失とを加算した合計損失が最小となるキャリア周波数で、電力変換装

置に搭載される Si-IGBT 素子をスイッチングしてモータを駆動する技術であり、合計損失の低減により燃費や電費は改善するものの、その効果が小さいという問題がある。なお、Si-IGBT 素子とは、シリコン (Si) 半導体素子を用いた IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) のことである。

[0007] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、電力変換装置の損失を小さくして、電動化車両の燃費および電費を改善することができる電力変換装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] この発明に係る電力変換装置は、駆動モータを動力源として走行する車両に搭載される電力変換装置であって、複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで駆動モータを制御する駆動モータ用インバータを備え、駆動モータ用インバータを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されているものである。

発明の効果

[0009] この発明に係る電力変換装置によれば、複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで駆動モータを制御する駆動モータ用インバータを備え、駆動モータ用インバータを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている。

ここで、電動化車両に搭載される電力変換装置の電力用半導体素子として、Si-IGBT 素子よりも低損失なワイドバンドギャップ半導体素子を使用することで、電動化車両の燃費および電費を改善することができる。

すなわち、電力変換装置の損失を小さくして、電動化車両の燃費および電費を改善することができる電力変換装置を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]この発明の実施の形態 1 に係る電力変換装置を示すブロック図である。
[図2]この発明の実施の形態 1 に係る電力変換装置におけるモータ損失、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータの損失およびこれらを加算した

合計損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図3A]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるSi-IGBTのスイッチング損失を示す説明図である。

[図3B]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるワイドバンドギャップ半導体のスイッチング損失を示す説明図である。

[図3C]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置における高周波駆動とを示す説明図である。

[図4]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合の、それぞれのインバータ損失とインバータ負荷との関係を示す説明図である。

[図5]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合の、それぞれのインバータ損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図6]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるモータ損失、Si-IGBT素子を用いたインバータの損失およびこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図7A]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置において、モータを二重三相巻線とした場合のモータ損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図7B]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置において、モータを三相巻線とした場合のモータ損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図8]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるモータ損失、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータの損失およびこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図9A]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図9B]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置を適用できる電動化車両

を示す構成図である。

[図9C]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図10]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を示すブロック図である。

[図11A]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置のDCDCコンバータを示す回路構成図である。

[図11B]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置のDCDCコンバータを示す回路構成図である。

[図11C]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置のDCDCコンバータを示す回路構成図である。

[図11D]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置のDCDCコンバータを示す回路構成図である。

[図11E]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置のDCDCコンバータを示す回路構成図である。

[図12]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置におけるモータ損失、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータ損失およびコンバータ損失、並びにこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図13]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合の、それぞれのコンバータ損失とコンバータ負荷との関係を示す説明図である。

[図14]この発明の実施の形態1に係る電力変換装置におけるモータ損失、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータの損失、Si-IGBT素子を用いたコンバータの損失およびこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を示す説明図である。

[図15A]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図15B]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図15C]この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図16]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置を示すブロック図である。

[図17]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置における駆動モータの回転速度と損失との関係を示す説明図である。

[図18A]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置における周波数変更制御を例示する説明図である。

[図18B]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置における周波数変更制御を例示する説明図である。

[図19A]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図19B]この発明の実施の形態3に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図20]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置を示すブロック図である。

[図21]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置における駆動モータのトルク負荷または電流負荷と損失との関係を示す説明図である。

[図22A]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置における周波数変更制御を例示する説明図である。

[図22B]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置における周波数変更制御を例示する説明図である。

[図23A]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図23B]この発明の実施の形態4に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図24A]この発明の実施の形態5に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図24B]この発明の実施の形態5に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図25A]この発明の実施の形態6に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図25B]この発明の実施の形態6に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図26A]この発明の実施の形態7に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図26B]この発明の実施の形態7に係る電力変換装置を適用できる電動化車両の構成およびエネルギーフローを示す説明図である。

[図27A]この発明の実施の形態8に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図27B]この発明の実施の形態8に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図28A]この発明の実施の形態9に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図28B]この発明の実施の形態9に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図29A]この発明の実施の形態10に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図29B]この発明の実施の形態10に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図29C]この発明の実施の形態10に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

[図29D]この発明の実施の形態10に係る電力変換装置を適用できる電動化車両を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、この発明に係る電力変換装置の好適な実施の形態につき図面を用いて説明するが、各図において同一、または相当する部分については、同一符号を付して説明する。

[0012] 実施の形態 1.

図 1 は、この発明の実施の形態 1 に係る電力変換装置を示すブロック図である。図 1 において、電力変換装置 1 は、車両 VCL に搭載され、直流電源である高電圧バッテリー BAT の電力を用いて二重三相巻線モータ M1 を駆動するものである。また、電力変換装置 1 は、平滑コンデンサ C2、インバータ 100、インバータ 200、電流センサ CS1、電流センサ CS2、電圧センサ VS、回転速度センサ RS、制御装置 300 およびゲート駆動回路 400 を備えている。

[0013] ここで、インバータ 100、インバータ 200 を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体素子のチップであり、二重化されたインバータ 100 およびインバータ 200 により、二重三相巻線モータ M1 が駆動される。なお、二重三相巻線モータ M1 を単にモータ M1 とも称する。

[0014] 高電圧バッテリー BAT としては、例えば、ニッケル水素バッテリー、リチウムイオンバッテリー、鉛蓄電池等の二次電池を用いることができる。また、大容量キャパシタ、燃料電池、ナトリウム硫黄電池、空気電池等を、二次電池とともに、または二次電池に代えて使用してもよい。

[0015] インバータ 100 は、高電圧バッテリー BAT からの電源電位 V_{pn} を受けてモータ M1 を駆動する。好ましくは、インバータ 100 は、車両 VCL の制動時に、モータ M1 により回生動作を行い、つまりモータ M1 を発電機として使用し、モータ M1 において発電された電力を高電圧バッテリー BAT に戻す。

[0016] また、インバータ 100 は、複数のスイッチング素子を有しており、正極

側電線L Pと負極側電線L Nとの間に2つのスイッチング素子が直列接続された直列回路が、U相、V相およびW相からなる三相各相の図示しない巻線に対応して3セット設けられたブリッジ回路に構成されている。すなわち、インバータ100は、合計6つのスイッチング素子Q101、Q102、Q103、Q104、Q105、Q106を有している。

[0017] 具体的には、各相の直列回路において、正極側のスイッチング素子のソース端子は、正極側電線L Pに接続され、正極側のスイッチング素子のドレイン端子は、負極側のスイッチング素子のドレイン端子に接続され、負極側のスイッチング素子のソース端子は、負極側電線L Nに接続されている。また、正極側のスイッチング素子と負極側のスイッチング素子との接続点は、対応する相の巻線に接続されている。なお、正極側電線L Pが、高電圧バッテリーB A Tの正極に接続され、負極側電線L Nが高電圧バッテリーB A Tの負極に接続されている。

[0018] インバータ100は、各スイッチング素子に逆並列接続されたフリーホイールダイオードを有しており、この実施の形態では、6つのスイッチング素子Q101、Q102、Q103、Q104、Q105、Q106のそれぞれに対応して、合計6つのフリーホイールダイオードD101、D102、D103、D104、D105、D106が設けられている。

[0019] フリーホイールダイオードD101、D102、D103、D104、D105、D106は、スイッチング素子Q101、Q102、Q103、Q104、Q105、Q106の寄生ダイオードを用いてもよい。また、インバータとしての電流容量を確保するために、スイッチング素子を並列接続してもよい。

[0020] インバータ200は、高電圧バッテリーB A Tからの電源電位 V_{pn} を受けてモータM1を駆動する。好ましくは、インバータ200は、車両V C Lの制動時に、モータM1により回生動作を行い、つまりモータM1を発電機として使用し、モータM1において発電された電力を高電圧バッテリーB A Tに戻す。

- [0021] また、インバータ200は、複数のスイッチング素子を有しており、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に2つのスイッチング素子が直列接続された直列回路が、R相、S相およびT相からなる三相各相の図示しない巻線に対応して3セット設けられたブリッジ回路に構成されている。すなわち、インバータ200は、合計6つのスイッチング素子Q201、Q202、Q203、Q204、Q205、Q206を有している。
- [0022] 具体的には、各相の直列回路において、正極側のスイッチング素子のソース端子は、正極側電線LPに接続され、正極側のスイッチング素子のドレイン端子は、負極側のスイッチング素子のドレイン端子に接続され、負極側のスイッチング素子のソース端子は、負極側電線LNに接続されている。また、正極側のスイッチング素子と負極側のスイッチング素子との接続点は、対応する相の巻線に接続されている。なお、正極側電線LPが、高電圧バッテリーBATの正極に接続され、負極側電線LNが高電圧バッテリーBATの負極に接続されている。
- [0023] インバータ200は、各スイッチング素子に逆並列接続されたフリーホイールダイオードを有しており、この実施の形態では、6つのスイッチング素子Q201、Q202、Q203、Q204、Q205、Q206のそれぞれに対応して、合計6つのフリーホイールダイオードD201、D202、D203、D204、D205、D206が設けられている。
- [0024] フリーホイールダイオードD201、D202、D203、D204、D205、D206は、スイッチング素子Q201、Q202、Q203、Q204、Q205、Q206の寄生ダイオードを用いてもよい。また、インバータとしての電流容量を確保するために、スイッチング素子を並列接続してもよい。
- [0025] 平滑コンデンサC2は、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に接続され、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を平滑化する。
- [0026] ゲート駆動回路400は、複数のスイッチング素子のそれぞれに対応して

複数設けられ、対応するスイッチング素子を駆動する。この実施の形態では、12個のゲート駆動回路400が設けられている。各スイッチング素子の制御端子であるゲート端子は、対応するゲート駆動回路400に接続されている。

[0027] 各ゲート駆動回路400は、制御装置300から図示しないフォトカップラ等を介して伝達された、各スイッチング素子のオン指令またはオフ指令に応じて、対応するスイッチング素子に対してオン電圧信号またはオフ電圧信号を出力し、スイッチング素子をオン状態またはオフ状態に切り替える。

[0028] 電流センサCS1は、インバータ100からモータM1の巻線に流れる電流I1を検出する。電流センサCS1は、インバータ100と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS1の出力信号は、制御装置300に入力される。

[0029] 電流センサCS2は、インバータ200からモータM1の巻線に流れる電流I2を検出する。電流センサCS2は、インバータ200と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS2の出力信号は、制御装置300に入力される。

[0030] 電圧センサVSは、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を検出する。電圧センサVSの出力信号は、制御装置300に入力される。

[0031] 回転速度センサRSは、ロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサRSは、ロータの回転軸に取り付けられている。回転速度センサRSとしては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサRSの出力信号は、制御装置300に入力される。

[0032] 制御装置300は、インバータ100およびインバータ200を制御することにより、モータM1の制御を行う。制御装置300は、モータ損失演算部301、インバータ損失演算部302、キャリア周波数設定部303、電流検出部304、電圧検出部305、PWM制御部306および回転速度検

出部307を有している。

- [0033] モータ損失演算部301は、モータM1に流れる図示しない電流、モータM1に印加される図示しない電圧等に基づいて、モータ損失を演算する。なお、モータ損失は、モータM1の動作点、すなわち回転数およびトルクによってあらかじめ計算されたマップを用いて演算されてもよい。
- [0034] インバータ損失演算部302は、インバータ100またはインバータ200に流れる図示しない電流、インバータ100またはインバータ200に印加される図示しない電圧等に基づいて、インバータ損失を演算する。なお、インバータ損失は、モータM1の動作点、すなわち回転数およびトルクによってあらかじめ計算されたマップを用いて演算されてもよい。
- [0035] キャリア周波数設定部303は、PWM制御に用いられるキャリア波のキャリア周波数 F_c を設定する。キャリア周波数設定部303は、モータ損失演算部301で演算されたモータ損失と、インバータ損失演算部302で演算されたインバータ損失とを加算した合計損失が最小となるように、キャリア周波数 F_c を変更する周波数変更制御を実行する。
- [0036] 具体的には、図2に示されるように、キャリア周波数 F_c を増加させることにより、キャリア周波数 F_c に依存するモータM1の電力損失を減少させることができる。一方で、キャリア周波数 F_c を増加させると、キャリア周波数 F_c に依存するインバータ100およびインバータ200の電力損失が増加する。これらの特性により、モータ損失とインバータ損失とを加算した合計損失が最小となるキャリア周波数 F_{c_a} が存在し、キャリア周波数設定部303は、キャリア周波数が F_{c_a} となるように周波数変更制御を実行する。
- [0037] 電流検出部304は、インバータ100からモータM1の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。電流検出部304は、制御装置300に入力される電流センサCS1の出力信号に基づいて、各相の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。また、電流検出部304は、インバータ200からモータM1の巻線に流れる電流 I_2 を検出する。電流検出部304は、制御装置300に入力さ

れる電流センサCS2の出力信号に基づいて、各相の巻線に流れる電流I2を検出する。

[0038] 電圧検出部305は、高電圧バッテリーBATからインバータ100およびインバータ200に供給される入力電圧、いわゆるシステム電圧を検出する。電圧検出部305は、制御装置300に入力される電圧センサVSの出力信号に基づいて、入力電圧、いわゆるシステム電圧を検出する。

[0039] 回転速度検出部307は、モータM1の回転速度を検出する。回転速度検出部307は、回転速度センサRSの出力信号に基づいて、ロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。

[0040] PWM制御部306は、複数のスイッチング素子をPWM制御によりスイッチング制御する。ここで、PWM制御は、パルス幅変調(Pulse Width Modulation)制御である。PWM制御部306は、PWM制御において、キャリア周波数Fcのキャリア波と、各相の交流電圧指令信号との比較により、各相のスイッチング素子をオンまたはオフさせる矩形パルス波のデューティ比を変化させる。PWM制御部306は、モータM1の巻線に流れる電流I1および電流I2が、電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。

[0041] この実施の形態では、インバータ100およびインバータ200のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体素子を用いている。これは、従前より用いられているSi-IGBT素子よりもスイッチング素子の損失を低減できるため、また、キャリア周波数を高めることができるためである。

[0042] スwitching素子の損失は、導通損失とスイッチング損失とに大別することができる。詳細な説明は省略するが、一般に、導通損失は、Si-IGBTよりもワイドバンドギャップ半導体の方が低い。

[0043] 以下、図3を参照しながら、スイッチング損失について説明する。Si-IGBTでは、図3Aに示されるように、スイッチング素子をオンからオフにした際に、スイッチング素子にテール電流が流れ、このテール電流に起因するスイッチング損失が発生する。

- [0044] これに対して、ワイドバンドギャップ半導体の場合には、図3Bに示されるように、スイッチング素子をオンからオフにした際に、スイッチング素子に流れるテール電流がない。
- [0045] このため、ワイドバンドギャップ半導体を用いると、Si-IGBTを用いた場合よりも損失を低くできる。加えて、テール電流が発生しないことにより、スイッチング素子をオフからオンに切り替える時間を早めることができるため、図3Cに示されるように、キャリア周波数を高めることができる。
- [0046] インバータ100およびインバータ200のスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合のそれぞれのインバータ損失とインバータ負荷との関係を図4に示す。前述したように、ワイドバンドギャップ半導体は、Si-IGBTと比較して導通損失およびスイッチング損失が小さく、ワイドバンドギャップ半導体を用いた方が、インバータ負荷に応じたインバータ損失が低くなる。これにより、車両VCLに搭載される電力変換装置1を高効率化することができるため、車両VCLとしての電費を向上することができる。
- [0047] インバータ100およびインバータ200のスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合のそれぞれのインバータ損失とキャリア周波数との関係を図5に示す。前述したように、ワイドバンドギャップ半導体は、Si-IGBTと比較してスイッチング損失が小さいため、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータは、Si-IGBTを用いたインバータよりもキャリア周波数を増加したときのインバータ損失の増加量が小さくなる。
- [0048] ここで、モータ損失、Si-IGBT素子を用いたインバータの損失およびこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を図6に示す。インバータにSi-IGBT素子を用いた場合、ワイドバンドギャップ半導体を用いた場合と比較して、合計損失が最小となるキャリア周波数 F_{c_b} が低くなる。なお、モータ損失とキャリア周波数との関係を同一とした場合、キ

キャリア周波数 F_{c_b} は、図 2 に示したキャリア周波数 F_{c_a} よりも小さくなる。

[0049] すなわち、インバータにワイドバンドギャップ半導体を用いた場合には、キャリア周波数がより高いときに合計損失が最小となり、かつ合計損失も小さくなる。したがって、キャリア周波数をより高くできるワイドバンドギャップ半導体を用いることは、合計損失の低減にも寄与する。

[0050] さらに、モータを二重三相巻線とした場合および三相巻線とした場合のモータ損失とキャリア周波数との関係を図 7 A、図 7 B に示す。キャリア周波数 F_c を増加させることより、キャリア周波数 F_c に依存するモータ損失を減少させることができるが、二重三相巻線モータの方が、より高いキャリア周波数でモータ損失が低くなる傾向にある。

[0051] この理由は、二重三相巻線モータの方が、モータのリアクタンスが低いためである。モータのリアクタンスが低いと、モータに流れ込む電流の高調波成分が大きくなり、これに依存するモータ損失が増大する。モータに流れ込む電流の高調波成分は、キャリア周波数を高めることで低減することができるため、二重三相巻線モータは、より高いキャリア周波数で駆動することでモータ損失を低減することができる。一方、モータのリアクタンスが高い三相巻線モータの場合は、キャリア周波数を一定以上に高めてもモータ損失の低減効果は小さくなる傾向がある。

[0052] これらにより、図 8 に示されるように、二重三相巻線モータ M1 を制御するインバータ 100 およびインバータ 200 には、ワイドバンドギャップ半導体を用いた方が、よりキャリア周波数を高めて F_{c_c} とすることができ、モータ損失とインバータ損失とを加算した合計損失を低減することが可能となる。これにより、車両 VCL に搭載される電力変換装置 1 を高効率化することができるため、車両 VCL としての電費を向上することができる。

[0053] この実施の形態を適用できる電動化車両の構成を図 9 に示す。図 9 A は、モータ MOT、インバータ PDU、高電圧バッテリー BAT、モータ MOT とシャフトで接続されたファイナルギア DF、およびファイナルギア DF とシ

ャフトで接続されたタイヤで構成されるEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0054] なお、モータMOTは、図1のモータM1に相当し、簡素化のため三相モータとしている。また、インバータPDUは、図1のインバータ100またはインバータ200に相当する。また、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。

[0055] 図9Bは、モータMOT、インバータPDU、高電圧バッテリーBAT、モータMOTとシャフトでクラッチCLTを介して接続されたファイナルギアDF、ファイナルギアDFとシャフトで接続されたタイヤ、およびモータMOTと同軸に接続されたエンジンENGで構成されるHEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0056] なお、モータMOTは、図1のモータM1に相当し、簡素化のため三相モータとしている。また、インバータPDUは、図1のインバータ100またはインバータ200に相当する。ここで、クラッチCLTは、図示しないトランスミッションとしてもよい。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0057] 図9Cは、図9BのモータMOTとエンジンENGとの間にクラッチCLT2を設けたHEVであり、この実施の形態を適用できる。ここで、クラッチCLT1は、図示しないトランスミッションとしてもよい。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。HEVやPHEVにこの実施の形態を適用した場合、車両の電費に加えて、燃費を向上することができる。

[0058] 以上のように、実施の形態1によれば、複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで駆動モータを制御する駆動モータ用インバータを備え、駆動モータ用インバータを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている。

ここで、電動化車両に搭載される電力変換装置の電力用半導体素子として

、Si-IGBT素子よりも低損失なワイドバンドギャップ半導体素子を使用することで、電動化車両の燃費および電費を改善することができる。

すなわち、電力変換装置の損失を小さくして、電動化車両の燃費および電費を改善することができる電力変換装置を得ることができる。

[0059] 実施の形態2.

図10は、この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を示すブロック図である。図10において、電力変換装置2は、車両VCLに搭載され、直流電源である高電圧バッテリーBATの電力を用いて二重三相巻線モータM1を駆動するものである。

[0060] また、電力変換装置2は、平滑コンデンサC1、平滑コンデンサC2、インバータ100、インバータ200、電流センサCS1、電流センサCS2、電圧センサVS1、電圧センサVS2、回転速度センサRS、制御装置600、ゲート駆動回路400およびDCDCコンバータ500を備えている。

[0061] DCDCコンバータ500は、電圧端子Vn1-Vp1間に入力された直流電圧V1を、直流電圧V1よりも大きい直流電圧V2に昇圧して、電圧端子Vn2-Vp2間に出力する。また、DCDCコンバータ500は、電圧端子Vn2-Vp2間に入力された直流電圧V2を、直流電圧V2よりも小さい直流電圧V1に降圧して、電圧端子Vn1-Vp1間に出力する。

[0062] DCDCコンバータ500の回路構成を図11に示す。DCDCコンバータ500は、複数のスイッチング素子Q1~Q4で構成され、図11Aはチョップパ式DCDCコンバータ、図11Bは図11Aのチョップパ式DCDCコンバータを2並列接続したインターリーブ式DCDCコンバータ、図11Cはリアクトルの磁気結合を利用したインターリーブ式DCDCコンバータ、図11Dおよび図11Eはスイッチドキャパシタ式DCDCコンバータである。

[0063] なお、図11におけるC0、C3、C4はそれぞれコンデンサ、L、L1、L2はそれぞれリアクトル、Mは相互インダクタンス、D1~D4はダイ

オード、DRVはスイッチング素子Q1～Q4の駆動信号を生成するゲート駆動回路を示している。

[0064] 図11には、非絶縁型DCDCコンバータの一例を示したが、これが例示以外のDCDCコンバータであってもよいし、絶縁型DCDCコンバータであってもよい。なお、この発明では、DCDCコンバータ500を構成する複数のスイッチング素子をSi-IGBT素子とするか、またはワイドバンドギャップ半導体とするかが発明の対象であるため、各DCDCコンバータの動作原理の説明は省略する。

[0065] ここで、インバータ100、インバータ200を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体素子のチップであり、二重化されたインバータ100およびインバータ200により、モータM1が駆動される。

[0066] 高電圧バッテリーBATとしては、例えば、ニッケル水素バッテリー、リチウムイオンバッテリー、鉛蓄電池等の二次電池を用いることができる。また、大容量キャパシタ、燃料電池、ナトリウム硫黄電池、空気電池等を、二次電池とともに、または二次電池に代えて使用してもよい。

[0067] インバータ100は、DCDCコンバータ500から電源電位V2を受けてモータM1を駆動する。好ましくは、インバータ100は、車両VCLの制動時に、モータM1により回生動作を行い、つまりモータM1を発電機として使用し、モータM1において発電された電力を、DCDCコンバータ500を介して高電圧バッテリーBATに戻す。

[0068] また、インバータ100は、複数のスイッチング素子を有しており、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に2つのスイッチング素子が直列接続された直列回路が、U相、V相およびW相からなる三相各相の図示しない巻線に対応して3セット設けられたブリッジ回路に構成されている。すなわち、インバータ100は、合計6つのスイッチング素子Q101、Q102、Q103、Q104、Q105、Q106を有している。

- [0069] インバータ200は、DCDCコンバータ500から電源電位V2を受けてモータM1を駆動する。好ましくは、インバータ200は、車両VCLの制動時に、モータM1により回生動作を行い、つまりモータM1を発電機として使用し、モータM1において発電された電力を、DCDCコンバータ500を介して高電圧バッテリーBATに戻す。
- [0070] また、インバータ200は、複数のスイッチング素子を有しており、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に2つのスイッチング素子が直列接続された直列回路が、R相、S相およびT相からなる三相各相の図示しない巻線に対応して3セット設けられたブリッジ回路に構成されている。すなわち、インバータ200は、合計6つのスイッチング素子Q201、Q202、Q203、Q204、Q205、Q206を有している。
- [0071] 平滑コンデンサC1は、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に接続され、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧を平滑化する。平滑コンデンサC2は、DCDCコンバータ500の電圧端子Vp2とDCDCコンバータ500の電圧端子Vn2との間に接続され、電圧端子Vp2と電圧端子Vn2との間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を平滑化する。
- [0072] ゲート駆動回路400は、複数のスイッチング素子のそれぞれに対応して複数設けられ、対応するスイッチング素子を駆動する。この実施の形態では、12個のゲート駆動回路400が設けられている。各スイッチング素子の制御端子であるゲート端子は、対応するゲート駆動回路400に接続されている。
- [0073] 各ゲート駆動回路400は、制御装置600から図示しないフォトカプラ等を介して伝達された、各スイッチング素子のオン指令またはオフ指令に応じて、対応するスイッチング素子に対してオン電圧信号またはオフ電圧信号を出力し、スイッチング素子をオン状態またはオフ状態に切り替える。
- [0074] 電流センサCS1は、インバータ100からモータM1の巻線に流れる電流I1を検出する。電流センサCS1は、インバータ100と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサ

C S 1 の出力信号は、制御装置 6 0 0 に入力される。

[0075] 電流センサ C S 2 は、インバータ 2 0 0 からモータ M 1 の巻線に流れる電流 I 2 を検出する。電流センサ C S 2 は、インバータ 2 0 0 と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば 3 つまたは 2 つ設けられている。電流センサ C S 2 の出力信号は、制御装置 6 0 0 に入力される。

[0076] 電圧センサ V S 1 は、正極側電線 L P と負極側電線 L N との間の直流電圧を検出する。電圧センサ V S 1 の出力信号は、制御装置 6 0 0 に入力される。電圧センサ V S 2 は、電圧端子 V p 2 と電圧端子 V n 2 との間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を検出する。電圧センサ V S 2 の出力信号は、制御装置 6 0 0 に入力される。

[0077] 回転速度センサ R S は、ロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサ R S は、ロータの回転軸に取り付けられている。回転速度センサ R S としては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサ R S の出力信号は、制御装置 6 0 0 に入力される。

[0078] 制御装置 6 0 0 は、インバータ 1 0 0 およびインバータ 2 0 0 を制御することにより、モータ M 1 の制御を行う。制御装置 6 0 0 は、モータ損失演算部 6 0 1、インバータ損失演算部 6 0 2、キャリア周波数設定部 6 0 3、電流検出部 6 0 4、電圧検出部 6 0 5、PWM制御部 6 0 6、回転速度検出部 6 0 7 およびコンバータ損失演算部 6 0 8 を有している。

[0079] モータ損失演算部 6 0 1 は、モータ M 1 に流れる図示しない電流、モータ M 1 に印加される図示しない電圧等に基づいて、モータ損失を演算する。なお、モータ損失は、モータ M 1 の動作点、すなわち回転数およびトルクによってあらかじめ計算されたマップを用いて演算されてもよい。

[0080] インバータ損失演算部 6 0 2 は、インバータ 1 0 0 またはインバータ 2 0 0 に流れる図示しない電流、インバータ 1 0 0 またはインバータ 2 0 0 に印加される図示しない電圧等に基づいて、インバータ損失を演算する。なお、インバータ損失は、モータ M 1 の動作点、すなわち回転数およびトルクによ

ってあらかじめ計算されたマップを用いて演算されてもよい。

- [0081] コンバータ損失演算部608は、DCDCコンバータ500に流れる図示しない電流、DCDCコンバータ500に印加される図示しない電圧等に基づいて、コンバータ損失を演算する。なお、コンバータ損失は、入力電圧 V_1 、出力電圧 V_2 、図示しない入力電流、図示しない出力電流によってあらかじめ計算されたマップを用いて演算されてもよい。
- [0082] キャリア周波数設定部603は、PWM制御に用いられるキャリア波のキャリア周波数 F_c を設定する。キャリア周波数設定部603は、モータ損失演算部601で演算されたモータ損失と、インバータ損失演算部602で演算されたインバータ損失と、コンバータ損失演算部608で演算されたコンバータ損失とを加算した合計損失が最小となるように、インバータのキャリア周波数 F_{ci} を変更する周波数変更制御を実行する。
- [0083] 具体的には、図12に示されるように、インバータのキャリア周波数 F_{ci} を増加させることより、インバータのキャリア周波数 F_{ci} に依存するモータM1の電力損失を減少させることができる。一方で、インバータのキャリア周波数 F_{ci} を増加させると、インバータのキャリア周波数 F_{ci} に依存するインバータ100およびインバータ200の電力損失が増加する。
- [0084] また、インバータのキャリア周波数 F_{ci} を増加させると、DCDCコンバータのリップル電圧が低減するため、DCDCコンバータ500の電力損失を減少させることができる。これらの特性により、モータ損失とインバータ損失とコンバータ損失とを加算した合計損失が最小となるインバータのキャリア周波数 F_{ci_a} が存在し、キャリア周波数設定部603は、インバータのキャリア周波数が F_{ci_a} となるように周波数変更制御を実行する。
- [0085] 電流検出部604は、インバータ100からモータM1の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。電流検出部604は、制御装置600に入力される電流センサCS1の出力信号に基づいて、各相の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。また、電流検出部604は、インバータ200からモータM1の巻線に流れる電流 I_2 を検出する。電流検出部604は、制御装置600に入力さ

れる電流センサCS2の出力信号に基づいて、各相の巻線に流れる電流I2を検出する。

[0086] 電圧検出部605は、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧、およびDCDCコンバータ500からインバータ100およびインバータ200に供給される直流電圧、いわゆるシステム電圧を検出する。電圧検出部605は、制御装置600に入力される電圧センサVS1および電圧センサVS2の出力信号に基づいて、各直流電圧を検出する。

[0087] 回転速度検出部607は、モータM1の回転速度を検出する。回転速度検出部607は、回転速度センサRSの出力信号に基づいて、ロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。

[0088] PWM制御部606は、複数のスイッチング素子をPWM制御によりスイッチング制御する。ここで、PWM制御は、パルス幅変調(Pulse Width Modulation)制御である。PWM制御部606は、PWM制御において、キャリア周波数Fcのキャリア波と、各相の交流電圧指令信号との比較により、各相のスイッチング素子をオンまたはオフさせる矩形パルス波のデューティ比を変化させる。PWM制御部606は、モータM1の巻線に流れる電流I1および電流I2が、電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。

[0089] この実施の形態では、インバータ100およびインバータ200のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体素子を用いている。これは、従前より用いられているSi-IGBT素子よりもスイッチング素子の損失を低減できるため、また、キャリア周波数を高めることができるためである。

[0090] DCDCコンバータ500のスイッチング素子にSi-IGBTおよびワイドバンドギャップ半導体を用いた場合のそれぞれのコンバータ損失とコンバータ負荷との関係を図13に示す。インバータ100およびインバータ200と同様に、ワイドバンドギャップ半導体は、Si-IGBTと比較して導通損失およびスイッチング損失が小さく、ワイドバンドギャップ半導体を用いた方が、コンバータ負荷に応じたコンバータ損失が低くなる。これによ

り、車両VCLに搭載される電力変換装置2を高効率化することができるため、車両VCLとしての電費を向上することができる。

[0091] ここで、モータ損失、ワイドバンドギャップ半導体を用いたインバータの損失、Si-IGBT素子を用いたコンバータの損失およびこれらを加算した合計損失とキャリア周波数との関係を図14に示す。コンバータにSi-IGBT素子を用いた場合、ワイドバンドギャップ半導体を用いた場合と比較して、合計損失が最小となるキャリア周波数 F_{ci_b} が低くなる。なお、モータ損失とキャリア周波数との関係を同一とした場合、キャリア周波数 F_{ci_b} は、図12に示したキャリア周波数 F_{ci_a} よりも小さくなる。

[0092] すなわち、コンバータにワイドバンドギャップ半導体を用いた場合には、キャリア周波数がより高いときに合計損失が最小となり、かつ合計損失も小さくなる。したがって、キャリア周波数をより高くできるワイドバンドギャップ半導体を用いることは、合計損失の低減にも寄与する。

[0093] この実施の形態を適用できる電動化車両の構成を図15に示す。図15Aは、モータMOT、インバータPDU、コンバータVCU、高電圧バッテリーBAT、モータMOTとシャフトで接続されたファイナルギアDF、およびファイナルギアDFとシャフトで接続されたタイヤで構成されるEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0094] なお、モータMOTは、図10のモータM1に相当し、簡素化のため三相モータとしている。また、インバータPDUは、図10のインバータ100またはインバータ200に相当する。また、コンバータVCUは、図10のDCDCコンバータ500に相当する。また、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。

[0095] 図15Bは、モータMOT、インバータPDU、コンバータVCU、高電圧バッテリーBAT、モータMOTとシャフトでクラッチCLTを介して接続されたファイナルギアDF、ファイナルギアDFとシャフトで接続されたタイヤ、およびモータMOTと同軸に接続されたエンジンENGで構成される

HEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0096] なお、モータMOTは、図10のモータM1に相当し、簡素化のため三相モータとしている。また、インバータPDUは、図10のインバータ100またはインバータ200に相当する。また、コンバータVCUは、図10のDCDCコンバータ500に相当する。また、ここで、クラッチCLTは、図示しないトランスミッションとしてもよい。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0097] 図15Cは、図15BのモータMOTとエンジンENGとの間にクラッチCLT2を設けたHEVであり、この実施の形態を適用できる。ここで、クラッチCLT1は、図示しないトランスミッションとしてもよい。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。HEVやPHEVにこの実施の形態を適用した場合、車両の電費に加えて、燃費を向上することができる。

また、図15に示した電動化車両において、上述した実施の形態のように、インバータPDUおよびコンバータVCUの両方のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、どちらか一方のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。どちらの場合においても、電力変換装置2の合計損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。

[0098] 実施の形態3.

図16は、この発明の実施の形態3に係る電力変換装置を示すブロック図である。図16において、電力変換装置3は、車両VCLに搭載され、直流電源である高電圧バッテリーBATの電力を用いて駆動モータM1および発電モータG1を駆動するものである。また、電力変換装置3は、平滑コンデンサC1、平滑コンデンサC2、インバータ100、インバータ200、電流センサCS1、電流センサCS2、回転速度センサRS1、回転速度センサRS2、制御装置700、ゲート駆動回路400およびDCDCコンバータ

500を備えている。

[0099] DCDCコンバータ500は、電圧端子 $V_{n1} - V_{p1}$ 間に入力された直流電圧 V_1 を、直流電圧 V_1 よりも大きい直流電圧 V_2 に昇圧して、電圧端子 $V_{n2} - V_{p2}$ 間に出力する。また、DCDCコンバータ500は、電圧端子 $V_{n2} - V_{p2}$ 間に入力された直流電圧 V_2 を、直流電圧 V_2 よりも小さい直流電圧 V_1 に降圧して、電圧端子 $V_{n1} - V_{p1}$ 間に出力する。

[0100] ここで、インバータ100を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体素子のチップであり、インバータ100により駆動モータ M_1 が駆動される。

[0101] また、インバータ200を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、Si-IGBT素子のチップであり、インバータ200により発電モータ G_1 が駆動される。インバータ100およびインバータ200の構成は、実施の形態1および2と同様のため省略する。

[0102] 高電圧バッテリーBATとしては、例えば、ニッケル水素バッテリー、リチウムイオンバッテリー、鉛蓄電池等の二次電池を用いることができる。また、大容量キャパシタ、燃料電池、ナトリウム硫黄電池、空気電池等を、二次電池とともに、または二次電池に代えて使用してもよい。

[0103] インバータ100は、DCDCコンバータ500から電源電位 V_2 を受けて駆動モータ M_1 を駆動する。好ましくは、インバータ100は、車両VCLの制動時に、駆動モータ M_1 により回生動作を行い、つまり駆動モータ M_1 を発電機として使用し、駆動モータ M_1 において発電された電力を、DCDCコンバータ500を介して高電圧バッテリーBATに戻す。

[0104] インバータ200は、DCDCコンバータ500から電源電位 V_2 を受けて発電モータ G_1 を駆動する。また、インバータ200は、トルク分割機構TSを介してエンジンENGと接続される発電モータ G_1 が、エンジンENGの動力により発電モータ G_1 を回転して発電された交流電力を直流電力に変換する。変換された直流電力は、DCDCコンバータ500を介して高電

圧バッテリーBATに戻すか、またはインバータ100を介して駆動モータM1を駆動する。

[0105] 平滑コンデンサC1は、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に接続され、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧を平滑化する。平滑コンデンサC2は、DCDCコンバータ500の電圧端子Vp2とDCDCコンバータ500の電圧端子Vn2との間に接続され、電圧端子Vp2と電圧端子Vn2との間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を平滑化する。

[0106] ゲート駆動回路400は、複数のスイッチング素子のそれぞれに対応して複数設けられ、対応するスイッチング素子を駆動する。各スイッチング素子の制御端子であるゲート端子は、対応するゲート駆動回路400に接続されている。

[0107] 各ゲート駆動回路400は、制御装置700から図示しないフォトプラ等を介して伝達された、各スイッチング素子のオン指令またはオフ指令に応じて、対応するスイッチング素子に対してオン電圧信号またはオフ電圧信号を出力し、スイッチング素子をオン状態またはオフ状態に切り替える。

[0108] 電流センサCS1は、インバータ100から駆動モータM1の巻線に流れる電流I1を検出する。電流センサCS1は、インバータ100と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS1の出力信号は、制御装置700に入力される。

[0109] 電流センサCS2は、インバータ200から発電モータG1の巻線に流れる電流I2を検出する。電流センサCS2は、インバータ200と各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS2の出力信号は、制御装置700に入力される。

[0110] 回転速度センサRS1は、駆動モータM1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサRS1は、ロータの回転軸に取り付けられている。回転速度センサRS1としては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサRS1の出力信号は、制御装置700に入力される。

- [0111] 回転速度センサRS2は、発電モータG1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサRS2は、ロータの回転軸に取り付けられている。回転速度センサRS2としては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサRS2の出力信号は、制御装置700に入力される。
- [0112] 制御装置700は、インバータ100を制御することにより、駆動モータM1の制御を行い、インバータ200を制御することにより、発電モータG1の制御を行う。制御装置700は、キャリア周波数設定部703、電流検出部704、PWM制御部706および回転速度検出部707を有している。
- [0113] 回転速度検出部707は、駆動モータM1の回転速度を検出する。回転速度検出部707は、回転速度センサRS1の出力信号に基づいて、駆動モータM1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。
- [0114] また、回転速度検出部707は、発電モータG1の回転速度を検出する。回転速度検出部707は、回転速度センサRS2の出力信号に基づいて、発電モータG1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。
- [0115] キャリア周波数設定部703は、PWM制御に用いられるキャリア波のキャリア周波数 F_c を設定する。キャリア周波数設定部703は、回転速度検出部707によって検出された駆動モータM1の回転速度が速いほど、キャリア周波数 F_c を高く変更する周波数変更制御を実行する。
- [0116] 具体的には、図17に示されるように、キャリア周波数 F_c に依存する駆動モータM1の電力損失は、駆動モータM1の回転速度が速いほど大きくなる。このため、駆動モータM1の回転速度が速いほど、キャリア周波数 F_c を高くすることで駆動モータM1の電力損失を効果的に低減することができる。
- [0117] 例えば、キャリア周波数設定部703は、駆動モータM1の回転速度に応じて、図18Aに示されるように、直線状にキャリア周波数 F_c を変更する

か、または図18Bに示されるように、階段状にキャリア周波数 F_c を変更するように、周波数変更制御を実行する。

[0118] 電流検出部704は、インバータ100から駆動モータM1の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。電流検出部704は、制御装置700に入力される電流センサCS1の出力信号に基づいて、駆動モータM1の各相の巻線に流れる電流 I_1 を検出する。

[0119] また、電流検出部704は、インバータ200から発電モータG1の巻線に流れる電流 I_2 を検出する。電流検出部704は、制御装置700に入力される電流センサCS2の出力信号に基づいて、発電モータG1の各相の巻線に流れる電流 I_2 を検出する。

[0120] PWM制御部706は、複数のスイッチング素子をPWM制御によりスイッチング制御する。ここで、PWM制御は、パルス幅変調(Pulse Width Modulation)制御である。PWM制御部706は、PWM制御において、キャリア周波数 F_c のキャリア波と、各相の交流電圧指令信号との比較により、各相のスイッチング素子をオンまたはオフさせる矩形パルス波のデューティ比を変化させる。

[0121] PWM制御部706は、駆動モータM1の巻線に流れる電流 I_1 が電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。また、PWM制御部706は、発電モータG1の巻線に流れる電流 I_2 が電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。

[0122] この実施の形態では、インバータ100のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体素子を用いている。これは、従前より用いられているSi-IGBT素子よりもスイッチング素子の損失を低減できるため、また、キャリア周波数を高めることができるためである。これにより、車両VCLに搭載される電力変換装置3を高効率化することができるため、車両VCLとしての電費や燃費を向上することができる。

[0123] また、この実施の形態では、キャリア周波数設定部703が、駆動モータM1の回転速度に応じてインバータ100を駆動するキャリア周波数を変更

しているが、これを発電モータG1の回転速度に応じてインバータ200を駆動するキャリア周波数を変更することでも同様の効果が得られる。

[0124] 加えて、キャリア周波数設定部703により、駆動モータM1の回転速度に応じてインバータ100を駆動するキャリア周波数を変更するとともに、発電モータG1の回転速度に応じてインバータ200を駆動するキャリア周波数を変更することで、車両VCLに搭載される電力変換装置3をさらに高効率化することができるため、車両VCLとしての電費や燃費をさらに向上することができる。

[0125] この実施の形態を適用できる電動化車両の構成を図19A、図19Bに示す。図19Aは、駆動モータTRC、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータGEN、発電モータ用インバータGENPDU、コンバータVCU、高電圧バッテリーBAT、駆動モータTRCと発電モータGENとエンジンENGとのトルクを分割するトルク分割機構TS、トルク分割機構TSとシャフトで接続されたファイナルギアDF、ファイナルギアDFとシャフトで接続されたタイヤで構成されるシリーズ・パラレルHEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0126] なお、駆動モータTRCは、図16の駆動モータM1に相当し、駆動モータ用インバータTRCPDUは、図16のインバータ100に相当し、発電モータGENは、図16の発電モータG1に相当し、発電モータ用インバータGENPDUは、図16のインバータ200に相当し、コンバータVCUは、図16のDCDCコンバータ500に相当する。また、トルク分割機構TSは、例えば、プラネタリギアである。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0127] 図19Bは、駆動モータTRC、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータGEN、発電モータ用インバータGENPDU、コンバータVCU、高電圧バッテリーBAT、発電モータGENとクラッチCLT3を介して接続されるエンジンENG、駆動モータTRCとクラッチCLT1を介して

、また、エンジンENGとクラッチCLT2を介して接続されるファイナルギアDF、ファイナルギアDFとシャフトで接続されたタイヤで構成されるシリーズ・パラレルHEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0128] なお、駆動モータTRCは、図16の駆動モータM1に相当し、駆動モータ用インバータTRCPDUは、図16のインバータ100に相当し、発電モータGENは、図16の発電モータG1に相当し、発電モータ用インバータGENPDUは、図16のインバータ200に相当し、コンバータVCUは、図16のDCDCコンバータ500に相当する。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0129] また、図19A、図19Bで示す電動化車両は、前輪または後輪駆動式のHEVであるが、図19A、図19Bの構成に、図示しない後輪または前輪駆動モータMOT3、図示しない後輪または前輪駆動モータ用インバータPDU3を搭載した四輪駆動式のHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0130] また、この実施の形態では、駆動モータTRCおよび発電モータGENを三相巻線モータとして例示したが、これらの一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応して駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDUを二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0131] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータTRCおよび発電モータGENを二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置3の電力損失を、さらに低減することができる。

[0132] 図19A、図19Bに示す電動化車両では、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDU、コンバータVCUのいずれか1つまたは2つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0133] いずれの場合においても、図19A、図19Bのエネルギーフローで示す

ように、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置3の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。

[0134] 実施の形態4.

図20は、この発明の実施の形態4に係る電力変換装置を示すブロック図である。図20において、電力変換装置4は、車両VCLに搭載され、直流電源である高電圧バッテリーBATの電力を用いて駆動モータM1および駆動モータM2を駆動するものである。また、電力変換装置4は、平滑コンデンサC2、インバータ100、インバータ200、電流センサCS1、電流センサCS2、回転速度センサRS1、回転速度センサRS2、制御装置800およびゲート駆動回路400を備えている。

[0135] ここで、インバータ100を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体素子のチップであり、インバータ100により駆動モータM1が駆動される。

[0136] また、インバータ200を構成する電力用半導体素子であるスイッチング素子は、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体素子のチップであり、インバータ200により駆動モータM2が駆動される。インバータ100およびインバータ200の構成は、実施の形態1および2と同様のため省略する。

[0137] 高電圧バッテリーBATとしては、例えば、ニッケル水素バッテリー、リチウムイオンバッテリー、鉛蓄電池等の二次電池を用いることができる。また、大容量キャパシタ、燃料電池、ナトリウム硫黄電池、空気電池等を、二次電池とともに、または二次電池に代えて使用してもよい。

[0138] インバータ100は、高電圧バッテリーBATから電源電位V2を受けて駆動モータM1を駆動する。好ましくは、インバータ100は、車両VCLの制動時に、駆動モータM1により回生動作を行い、つまり駆動モータM1を

発電機として使用し、駆動モータM1において発電された電力を、高電圧バッテリーBATに戻す。

[0139] インバータ200は、高電圧バッテリーBATから電源電位V2を受けて駆動モータM2を駆動する。好ましくは、インバータ200は、車両VCLの制動時に、駆動モータM2により回生動作を行い、つまり駆動モータM2を発電機として使用し、駆動モータM2において発電された電力を、高電圧バッテリーBATに戻す。

[0140] 平滑コンデンサC2は、正極側電線LPと負極側電線LNとの間に接続され、正極側電線LPと負極側電線LNとの間の直流電圧、いわゆるシステム電圧を平滑化する。

[0141] ゲート駆動回路400は、複数のスイッチング素子のそれぞれに対応して複数設けられ、対応するスイッチング素子を駆動する。各スイッチング素子の制御端子であるゲート端子は、対応するゲート駆動回路400に接続されている。

[0142] 各ゲート駆動回路400は、制御装置800から図示しないフォトカップラ等を介して伝達された、各スイッチング素子のオン指令またはオフ指令に応じて、対応するスイッチング素子に対してオン電圧信号またはオフ電圧信号を出力し、スイッチング素子をオン状態またはオフ状態に切り替える。

[0143] 電流センサCS1は、インバータ100から駆動モータM1の巻線に流れる電流I1を検出する。電流センサCS1は、インバータ100と駆動モータM1の各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS1の出力信号は、制御装置800に入力される。

[0144] 電流センサCS2は、インバータ200から駆動モータM2の巻線に流れる電流I2を検出する。電流センサCS2は、インバータ200と駆動モータM2の各相の巻線とをつなぐ電線上に複数、例えば3つまたは2つ設けられている。電流センサCS2の出力信号は、制御装置800に入力される。

[0145] 回転速度センサRS1は、駆動モータM1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサRS1は、ロー

タの回転軸に取り付けられている。回転速度センサRS1としては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサRS1の出力信号は、制御装置800に入力される。

[0146] 回転速度センサRS2は、駆動モータM2のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。また、回転速度センサRS2は、ロータの回転軸に取り付けられている。回転速度センサRS2としては、レゾルバ、ロータリエンコーダ等が用いられる。回転速度センサRS2の出力信号は、制御装置800に入力される。

[0147] 制御装置800は、インバータ100を制御することにより、駆動モータM1の制御を行い、インバータ200を制御することにより、駆動モータM2の制御を行う。制御装置800は、キャリア周波数設定部803、電流検出部804、PWM制御部806および回転速度検出部807を有している。

[0148] 電流検出部804は、インバータ100から駆動モータM1の巻線に流れる電流I1を検出する。電流検出部804は、制御装置800に入力される電流センサCS1の出力信号に基づいて、駆動モータM1の各相の巻線に流れる電流I1を検出する。

[0149] また、電流検出部804は、インバータ200から駆動モータM2の巻線に流れる電流I2を検出する。電流検出部804は、制御装置800に入力される電流センサCS2の出力信号に基づいて、駆動モータM2の各相の巻線に流れる電流I2を検出する。

[0150] 回転速度検出部807は、駆動モータM1の回転速度を検出する。回転速度検出部807は、回転速度センサRS1の出力信号に基づいて、駆動モータM1のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。

[0151] また、回転速度検出部807は、駆動モータM2の回転速度を検出する。回転速度検出部807は、回転速度センサRS2の出力信号に基づいて、駆動モータM2のロータの回転速度および回転角度、すなわち磁極位置を検出する。

- [0152] キャリア周波数設定部803は、PWM制御に用いられるキャリア波のキャリア周波数 F_c を設定する。また、キャリア周波数設定部803は、上位ECUよりトルク指令値を入力する。キャリア周波数設定部803は、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷が高いほど、キャリア周波数 F_c を高く変更する周波数変更制御を実行する。
- [0153] すなわち、キャリア周波数設定部803は、上位ECUから出力されるトルク指令値が高いほど、または、電流検出部804によって検出された駆動モータM1に流れる電流が大きいほど、キャリア周波数 F_c を高く変更する周波数変更制御を実行する。
- [0154] 具体的には、図21に示されるように、キャリア周波数 F_c に依存する駆動モータM1の電力損失は、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷が高いほど大きくなる。このため、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷が高いほど、キャリア周波数 F_c を高くすることで駆動モータM1の電力損失を効果的に低減することができる。
- [0155] 例えば、キャリア周波数設定部803は、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷に応じて、図22Aに示されるように、直線状にキャリア周波数 F_c を変更するか、または図18Bに示されるように、階段状にキャリア周波数 F_c を変更するように、周波数変更制御を実行する。
- [0156] PWM制御部806は、複数のスイッチング素子をPWM制御によりスイッチング制御する。ここで、PWM制御は、パルス幅変調(Pulse Width Modulation)制御である。PWM制御部806は、PWM制御において、キャリア周波数 F_c のキャリア波と、各相の交流電圧指令信号との比較により、各相のスイッチング素子をオンまたはオフさせる矩形パルス波のデューティ比を変化させる。
- [0157] PWM制御部806は、駆動モータM1の巻線に流れる電流 I_1 が電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。また、PWM制御部806は、駆動モータM2の巻線に流れる電流 I_2 が電流指令値に近づくようにPWM制御を行う電流フィードバック制御を行う。

[0158] この実施の形態では、インバータ100およびインバータ200のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体素子を用いている。これは、従前より用いられているSi-IGBT素子よりもスイッチング素子の損失を低減できるため、また、キャリア周波数を高めることができるためである。これにより、車両VCLに搭載される電力変換装置4を高効率化することができるため、車両VCLとしての電費を向上することができる。

[0159] また、この実施の形態では、キャリア周波数設定部803が、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷に応じてインバータ100を駆動するキャリア周波数を変更しているが、これを駆動モータM2のトルク負荷または電流負荷に応じてインバータ200を駆動するキャリア周波数を変更することでも同様の効果が得られる。

[0160] 加えて、キャリア周波数設定部803により、駆動モータM1のトルク負荷または電流負荷に応じてインバータ100を駆動するキャリア周波数を変更するとともに、駆動モータM2のトルク負荷または電流負荷に応じてインバータ200を駆動するキャリア周波数を変更することで、車両VCLに搭載される電力変換装置4をさらに高効率化することができるため、車両VCLとしての電費をさらに向上することができる。

[0161] この実施の形態を適用できる電動化車両の構成を図23に示す。図23Aは、駆動モータMOT1、インバータPDU1、駆動モータMOT2、インバータPDU2、駆動モータMOT1とシャフトで接続されたファイナルギアDF1、ファイナルギアDF1とシャフトで接続された後輪タイヤ、駆動モータMOT2とシャフトで接続されたファイナルギアDF2、ファイナルギアDF2とシャフトで接続された前輪タイヤで構成されるEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0162] なお、駆動モータMOT1は、図20の駆動モータM1に相当し、インバータPDU1は、図20のインバータ100に相当し、駆動モータMOT2は、図20の駆動モータM2に相当し、インバータPDU2は、図20の駆動モータM2に相当する。また、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電

池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。

[0163] また、図23aの構成に図示しないエンジン、図示しないトルク分割機構または図示しないクラッチを搭載したHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0164] 図23Bは、駆動モータMOT1、インバータPDU1、駆動モータMOT2、インバータPDU2、駆動モータMOT1とシャフトで接続されたファイナルギアDF1、ファイナルギアDF1とシャフトで接続された後輪または前輪右側タイヤ、駆動モータMOT2とシャフトで接続されたファイナルギアDF2、ファイナルギアDF2とシャフトで接続された後輪または前輪左側タイヤで構成されるEVであり、この実施の形態を適用できる。

[0165] なお、駆動モータMOT1は、図20の駆動モータM1に相当し、インバータPDU1は、図20のインバータ100に相当し、駆動モータMOT2は、図20の駆動モータM2に相当し、インバータPDU2は、図20の駆動モータM2に相当する。また、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。

[0166] また、駆動モータMOT1、MOT2がファイナルギアDF1、DF2のないインホイールモータで構成されるEVにも、この実施の形態を適用できる。加えて、図23Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3および図示しないインバータPDU3を搭載して前輪または後輪を駆動する4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0167] さらに、図23Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3、図示しないMOT4および図示しないインバータPDU3、図示しないPDU4を搭載して4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0168] また、この実施の形態では、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を三相巻線モータとして例示したが、これらの一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応してインバータPDU1、インバータPDU2を二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0169] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置4の電力損失を、さらに低減することができる。

[0170] 図23に示す電動化車両では、インバータPDU1、インバータPDU2のいずれか1つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0171] いずれの場合においても、図23のエネルギーフローで示すように、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置4の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。

[0172] 実施の形態5.

図24A、図24Bに示すこの発明の実施の形態5に係る電力変換装置5が適用できる電動化車両は、車両VCLに搭載され、高電圧バッテリーBATの電力を用いて駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を駆動するものであり、インバータPDU1、インバータPDU2、コンバータVCU、駆動モータMOT1とシャフトで接続されたファイナルギアDF1、ファイナルギアDF1とシャフトで接続された後輪タイヤ、駆動モータMOT2とシャフトで接続されたファイナルギアDF2、ファイナルギアDF2とシャフトで接続された前輪タイヤで構成される。

[0173] 図24に示すインバータPDU1、インバータPDU2は、実施の形態1~4に記載のインバータ100またはインバータ200と同じ構成をしている。コンバータVCUは、実施の形態2に記載のDCDCコンバータ500と同じ構成をしている。

[0174] 図24に示す電動化車両では、インバータPDU1、インバータPDU2、コンバータVCUのいずれか1つまたは2つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半

導体を用いてもよい。

- [0175] いずれの場合においても、図24のエネルギーフローで示すように、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置5の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。
- [0176] 好ましくは、インバータPDU1またはインバータPDU2の使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。また、使用頻度の高いインバータに接続されるコンバータに搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。これにより、効率的に電力変換装置5の電力損失の低減ができる。
- [0177] 図24で示す車両はEVであるが、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。また、図24の構成に図示しないエンジン、図示しないトルク分割機構または図示しないクラッチを搭載したHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0178] また、この実施の形態の電力変換装置5に、実施の形態1~4で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置5の電力損失を低減することができる。
- [0179] また、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2の一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応してインバータPDU1、インバータPDU2を二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。
- [0180] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置5の電力損失を、さらに低減することができる。好ましくは、駆動モータMOT1または駆動モータMOT2の使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これによ

り、効率的に電力変換装置 5 の電力損失の低減ができる。

[0181] 実施の形態 6.

図 25 A に示すこの発明の実施の形態 6 に係る電力変換装置 6 が適用できる電動化車両は、車両 VCL に搭載され、高電圧バッテリー BAT の電力を用いて駆動モータ MOT 1 および駆動モータ MOT 2 を駆動するものであり、インバータ PDU 1、インバータ PDU 2、コンバータ VCU、駆動モータ MOT 1 とシャフトで接続されたファイナルギア DF 1、ファイナルギア DF 1 とシャフトで接続された後輪タイヤ、駆動モータ MOT 2 とシャフトで接続されたファイナルギア DF 2、ファイナルギア DF 2 とシャフトで接続された前輪タイヤで構成される。

[0182] また、図 25 B は、駆動モータ MOT 1、インバータ PDU 1、駆動モータ MOT 2、インバータ PDU 2、コンバータ VCU、駆動モータ MOT 1 とシャフトで接続されたファイナルギア DF 1、ファイナルギア DF 1 とシャフトで接続された後輪または前輪右側タイヤ、駆動モータ MOT 2 とシャフトで接続されたファイナルギア DF 2、ファイナルギア DF 2 とシャフトで接続された後輪または前輪左側タイヤで構成される。

[0183] 図 25 に示すインバータ PDU 1、インバータ PDU 2 は、実施の形態 1 ~ 4 に記載のインバータ 100 またはインバータ 200 と同じ構成をしている。コンバータ VCU は、実施の形態 2 に記載の DCDC コンバータ 500 と同じ構成をしている。

[0184] 図 25 に示す電動化車両では、インバータ PDU 1、インバータ PDU 2、コンバータ VCU のいずれか 1 つまたは 2 つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0185] いずれの場合においても、図 25 のエネルギーフローで示すように、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置 6 の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費

や燃費を向上することが可能である。

- [0186] 好ましくは、インバータPDU1またはインバータPDU2の使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。また、使用頻度の高いインバータに接続されるコンバータに搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。これにより、効率的に電力変換装置6の電力損失の低減ができる。
- [0187] 図25で示す車両はEVであるが、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。また、図25の構成に図示しないエンジン、図示しないトルク分割機構または図示しないクラッチを搭載したHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0188] また、駆動モータMOT1、MOT2がファイナルギアDF1、DF2のないインホイールモータで構成されるEVにも、この実施の形態を適用できる。加えて、図25Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3および図示しないインバータPDU3を搭載して前輪または後輪を駆動する4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0189] さらに、図25Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3、図示しないMOT4および図示しないインバータPDU3、図示しないPDU4を搭載して4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0190] また、この実施の形態の電力変換装置6に、実施の形態1~4で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置6の電力損失を低減することができる。
- [0191] また、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2の一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応してインバータPDU1、インバータPDU2を二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。
- [0192] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を二重三相巻線モータとすることで、インバータのキ

キャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置6の電力損失を、さらに低減することができる。好ましくは、駆動モータMOT1または駆動モータMOT2の使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これにより、効率的に電力変換装置6の電力損失の低減ができる。

[0193] 実施の形態7.

図26Aに示すこの発明の実施の形態7に係る電力変換装置7が適用できる電動化車両は、車両VCLに搭載され、高電圧バッテリーBATの電力を用いて駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を駆動するものであり、インバータPDU1、インバータPDU2、コンバータVCU1、コンバータVCU2、駆動モータMOT1とシャフトで接続されたファイナルギアDF1、ファイナルギアDF1とシャフトで接続された後輪タイヤ、駆動モータMOT2とシャフトで接続されたファイナルギアDF2、ファイナルギアDF2とシャフトで接続された前輪タイヤで構成される。

[0194] また、図26Bは駆動モータMOT1、インバータPDU1、コンバータVCU1、駆動モータMOT2、インバータPDU2、コンバータVCU2、駆動モータMOT1とシャフトで接続されたファイナルギアDF1、ファイナルギアDF1とシャフトで接続された後輪または前輪右側タイヤ、駆動モータMOT2とシャフトで接続されたファイナルギアDF2、ファイナルギアDF2とシャフトで接続された後輪または前輪左側タイヤで構成される。

[0195] 図26に示すインバータPDU1、インバータPDU2は、実施の形態1～4に記載のインバータ100またはインバータ200と同じ構成をしている。コンバータVCU1、コンバータVCU2は、実施の形態2に記載のDCDCコンバータ500と同じ構成をしている。

[0196] 図26に示す電動化車両では、インバータPDU1、インバータPDU2、コンバータVCU1、コンバータVCU2のいずれか1つまたは2つまたは3つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

- [0197] いずれの場合においても、図26のエネルギーフローで示すように、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置7の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。
- [0198] 好ましくは、インバータPDU1またはインバータPDU2の使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。また、使用頻度の高いインバータに接続されるコンバータに搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。これにより、効率的に電力変換装置7の電力損失の低減ができる。
- [0199] 図26で示す車両はEVであるが、高電圧バッテリーBATを図示しない燃料電池としたFCVにも、この実施の形態を適用できる。また、図26の構成に図示しないエンジン、図示しないトルク分割機構または図示しないクラッチを搭載したHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0200] また、駆動モータMOT1、MOT2がファイナルギアDF1、DF2のないインホイールモータで構成されるEVにも、この実施の形態を適用できる。加えて、図26Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3および図示しないインバータPDU3を搭載して前輪または後輪を駆動する4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0201] さらに、図26Bの構成に、図示しない駆動モータMOT3、図示しないMOT4および図示しないインバータPDU3、図示しないPDU4を搭載して4輪駆動としたEVにも、この実施の形態を適用できる。
- [0202] また、この実施の形態の電力変換装置7に、実施の形態1~4で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置7の電力損失を低減することができる。
- [0203] また、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2の一方、または両方

を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応してインバータPDU1、インバータPDU2を二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0204] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータMOT1および駆動モータMOT2を二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置7の電力損失を、さらに低減することができる。好ましくは、駆動モータMOT1または駆動モータMOT2の使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これにより、効率的に電力変換装置7の電力損失の低減ができる。

[0205] 実施の形態8.

図27A、図27Bに示すこの発明の実施の形態8に係る電力変換装置8が適用できる電動化車両は、この発明の実施の形態3において図19A、図19Bで示した電動化車両のコンバータVCUを除き、高電圧バッテリーBATと駆動モータ用インバータTRCPDU、および、高電圧バッテリーBATと発電モータ用インバータGENPDUとが直結される構成である。

[0206] 図27に示す電動化車両では、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDUのいずれか1つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0207] いずれの場合においても、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置8の電力損失を低減することができる。なお、エネルギーフローは、図19A、図19Bに類似しているため省略している。

[0208] 好ましくは、駆動モータ用インバータTRCPDUまたは発電モータ用インバータGENPDUの使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。これにより、効率的に電力変換装置8の電力損失の低減ができる。

[0209] 図27で示す車両は前輪または後輪駆動式のHEVであるが、図27の構成に図示しない後輪または前輪駆動モータMOT3、図示しない後輪または前輪駆動モータ用インバータPDU3を搭載した四輪駆動式のHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0210] また、この実施の形態の電力変換装置8に、実施の形態1~4で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置8の電力損失を低減することができる。

[0211] また、駆動モータTRCおよび発電モータGENの一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応して駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDUを二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0212] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータTRCおよび発電モータGENを二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置8の電力損失を、さらに低減することができる。好ましくは、駆動モータTRCまたは発電モータGENの使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これにより、効率的に電力変換装置8の電力損失の低減ができる。

[0213] 実施の形態9.

図28A、図28Bに示すこの発明の実施の形態9に係る電力変換装置9が適用できる電動化車両は、この発明の実施の形態3において図19A、図19Bで示した電動化車両のコンバータVCUを除き、高電圧バッテリーBATと駆動モータ用インバータTRCPDUとの間にコンバータVCU1を搭載し、高電圧バッテリーBATと発電モータ用インバータGENPDUとの間にコンバータVCU2を搭載する構成である。

[0214] 図28に示す電動化車両では、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDU、コンバータVCU1、コンバータVC

U 2 のいずれか 1 つまたは 2 つまたは 3 つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0215] いずれの場合においても、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置 9 の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。なお、エネルギーフローは、図 19 A、図 19 B に類似しているため省略している。

[0216] 好ましくは、駆動モータ用インバータ T R C P D U または発電モータ用インバータ G E N P D U の使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。また、使用頻度の高いインバータに接続されるコンバータに搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるよい。これにより、効率的に電力変換装置 9 の電力損失の低減ができる。

[0217] 図 28 で示す車両は前輪または後輪駆動式の H E V であるが、図 28 の構成に図示しない後輪または前輪駆動モータ M O T 3、図示しない後輪または前輪駆動モータ用インバータ P D U 3 を搭載した四輪駆動式の H E V にも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリー B A T と並列に、図示しない充電器 O B C が接続された P H E V にも、この実施の形態を適用できる。

[0218] また、この実施の形態の電力変換装置 9 に、実施の形態 1 ~ 4 で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置 9 の電力損失を低減することができる。

[0219] また、駆動モータ T R C および発電モータ G E N の一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応して駆動モータ用インバータ T R C P D U、発電モータ用インバータ G E N P D U を二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0220] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータTRCおよび発電モータGENを二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置9の電力損失を、さらに低減することができる。好ましくは、駆動モータTRCまたは発電モータGENの使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これにより、効率的に電力変換装置9の電力損失の低減ができる。

[0221] 実施の形態10.

図29A、図29Bに示すこの発明の実施の形態10に係る電力変換装置10が適用できる電動化車両は、この発明の実施の形態3において図19A、図19Bで示した電動化車両のコンバータVCUを除き、高電圧バッテリーBATと駆動モータ用インバータTRCPDUとの間にコンバータVCU1を搭載する構成である。

[0222] また、図29C、図29Dに示すこの発明の実施の形態10に係る電力変換装置10が適用できる電動化車両は、この発明の実施の形態3において図19A、図19Bで示した電動化車両のコンバータVCUを除き、高電圧バッテリーBATと発電モータ用インバータGENPDUとの間にコンバータVCU2を搭載する構成である。

[0223] 図29に示す電動化車両では、駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDU、コンバータVCUのいずれか1つまたは2つにワイドバンドギャップ半導体を用いてもよいし、すべてのスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いてもよい。

[0224] いずれの場合においても、電動化車両が走行する際にスイッチング素子を含む構成部品を使用することから、スイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、車両走行時の電力変換装置10の電力損失を低減することができ、電動化車両の電費や燃費を向上することが可能である。なお、エネルギーフローは、図19A、図19Bに類似しているため省略している。

[0225] 好ましくは、駆動モータ用インバータTRCPDUまたは発電モータ用イ

ンバータGENPDUの使用頻度が高い方に搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるとよい。また、使用頻度の高いインバータに接続されるコンバータに搭載されるスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いるよい。これにより、効率的に電力変換装置10の電力損失の低減ができる。

[0226] 図29で示す車両は前輪または後輪駆動式のHEVであるが、図29の構成に図示しない後輪または前輪駆動モータMOT3、図示しない後輪または前輪駆動モータ用インバータPDU3を搭載した四輪駆動式のHEVにも、この実施の形態を適用できる。また、高電圧バッテリーBATと並列に、図示しない充電器OBCが接続されたPHEVにも、この実施の形態を適用できる。

[0227] また、この実施の形態の電力変換装置10に、実施の形態1~4で記載したインバータのキャリア周波数の周波数変更制御を適用してもよい。これにより、電力変換装置10の電力損失を低減することができる。

[0228] また、駆動モータTRCおよび発電モータGENの一方、または両方を二重三相巻線モータとしてもよく、それに対応して駆動モータ用インバータTRCPDU、発電モータ用インバータGENPDUを二重三相巻線モータ用のインバータとしてもよい。

[0229] 実施の形態1および2において記述したように、駆動モータTRCおよび発電モータGENを二重三相巻線モータとすることで、インバータのキャリア周波数の周波数変更制御による電力変換装置10の電力損失をさらに低減することができる。好ましくは、駆動モータTRCまたは発電モータGENの使用頻度が高い方を二重三相巻線モータにするとよい。これにより、効率的に電力変換装置10の電力損失の低減ができる。

[0230] なお、この発明の実施の形態1~10に係る電力変換装置1~10において、インバータPDU、PDU1、PDU2、TRCPDU、GENPDU、コンバータVCU、VCU1、VCU2のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、Si-IGBT素子を用いた場合よりも

電力損失を低減できることに加えて、スイッチング素子を高周波駆動して、具体的には、キャリア周波数を、一般に～15kHzである人間の可聴域以上に設定して、電力変換装置1～10に搭載されるリアクトルやコンデンサに起因する騒音を低減することもできる。

[0231] また、この発明の実施の形態1～10に係る電力変換装置1～10において、コンバータVCU、VCU1、VCU2のスイッチング素子にワイドバンドギャップ半導体を用いることで、スイッチング素子にSi-IGBT素子を用いた場合よりもスイッチング素子を高周波駆動することができるため、コンバータVCU、VCU1、VCU2に搭載されるリアクトルやコンデンサを小型化することもできる。

符号の説明

[0232] 1～10 電力変換装置、100、200 インバータ、303 キャリア周波数設定部、307 回転速度検出部、500 コンバータ、603 キャリア周波数設定部、607 回転速度検出部、703 キャリア周波数設定部、707 回転速度検出部、803 キャリア周波数設定部、807 回転速度検出部。

請求の範囲

- [請求項1] 駆動モータを動力源として走行する車両に搭載される電力変換装置であって、
- 複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで前記駆動モータを制御する駆動モータ用インバータを備え、
- 前記駆動モータ用インバータを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている電力変換装置。
- [請求項2] 複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記駆動モータ用インバータに印加する出力電圧を生成するDCDCコンバータをさらに備え、
- 前記駆動モータ用インバータおよび前記DCDCコンバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている
- 請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記駆動モータは、第1駆動モータと第2駆動モータとを有し、
- 前記駆動モータ用インバータは、前記第1駆動モータを制御する第1駆動モータ用インバータと前記第2駆動モータを制御する第2駆動モータ用インバータとを有し、
- 前記第1駆動モータ用インバータおよび前記第2駆動モータ用インバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている
- 請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項4] エンジンの出力により発電する発電モータと、
- 複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで前記発電モータを制御する発電モータ用インバータと、をさらに備え、
- 前記駆動モータ用インバータおよび前記発電モータ用インバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワ

イドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項5]

前記駆動モータは、第 1 駆動モータと第 2 駆動モータとを有し、
前記駆動モータ用インバータは、前記第 1 駆動モータを制御する第 1 駆動モータ用インバータと前記第 2 駆動モータを制御する第 2 駆動モータ用インバータとを有し、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記第 1 駆動モータ用インバータおよび前記第 2 駆動モータ用インバータの両方に印加する出力電圧を生成する D C D C コンバータをさらに備え、

前記第 1 駆動モータ用インバータ、前記第 2 駆動モータ用インバータおよび前記 D C D C コンバータの少なくとも 1 つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項6]

エンジンの出力により発電する発電モータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで前記発電モータを制御する発電モータ用インバータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記駆動モータ用インバータおよび前記発電モータ用インバータの両方に印加する出力電圧を生成する D C D C コンバータをさらに備え、

前記駆動モータ用インバータ、前記発電モータ用インバータおよび前記 D C D C コンバータの少なくとも 1 つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項7]

前記駆動モータは、第 1 駆動モータと第 2 駆動モータとを有し、

前記駆動モータ用インバータは、前記第1駆動モータを制御する第1駆動モータ用インバータと前記第2駆動モータを制御する第2駆動モータ用インバータとを有し、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記第1駆動モータ用インバータおよび前記第2駆動モータ用インバータのいずれか一方に印加する出力電圧を生成するDCDCコンバータをさらに備え、

前記第1駆動モータ用インバータ、前記第2駆動モータ用インバータおよび前記DCDCコンバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項8]

エンジンの出力により発電する発電モータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで前記発電モータを制御する発電モータ用インバータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記駆動モータ用インバータおよび前記発電モータ用インバータのいずれか一方に印加する出力電圧を生成するDCDCコンバータをさらに備え、

前記駆動モータ用インバータ、前記発電モータ用インバータおよび前記DCDCコンバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項9]

前記駆動モータは、第1駆動モータと第2駆動モータとを有し、

前記駆動モータ用インバータは、前記第1駆動モータを制御する第1駆動モータ用インバータと前記第2駆動モータを制御する第2駆動モータ用インバータとを有し、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記第1駆動モータ用インバータに印加する出力電圧を生成する第1DCDCコンバータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記第2駆動モータ用インバータに印加する出力電圧を生成する第2DCDCコンバータと、をさらに備え、

前記第1駆動モータ用インバータ、前記第2駆動モータ用インバータ、前記第1DCDCコンバータおよび前記第2DCDCコンバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項10]

エンジンの出力により発電する発電モータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで前記発電モータを制御する発電モータ用インバータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記駆動モータ用インバータに印加する出力電圧を生成する第1DCDCコンバータと、

複数の電力用半導体素子がスイッチング制御されることで、直流の入力電圧を電圧指令値に従って昇圧し、前記発電モータ用インバータに印加する出力電圧を生成する第2DCDCコンバータと、をさらに備え、

前記駆動モータ用インバータ、前記発電モータ用インバータ、前記第1DCDCコンバータおよび前記第2DCDCコンバータの少なくとも1つを構成する複数の電力用半導体素子のそれぞれは、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されている

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項11]

前記駆動モータは、二重三相モータである

請求項 1、2、4、6、8、10 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

- [請求項12] 前記第 1 駆動モータは、二重三相モータである
請求項 3、5、7、9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項13] 前記第 2 駆動モータは、二重三相モータである
請求項 3、5、7、9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項14] 前記第 1 駆動モータおよび前記第 2 駆動モータは、二重三相モータである
請求項 3、5、7、9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項15] 前記発電モータは、二重三相モータである
請求項 4、6、8、10 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項16] 前記駆動モータおよび前記発電モータは、二重三相モータである
請求項 4、6、8、10 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項17] 前記駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、
前記キャリア周波数設定部は、前記駆動モータの損失と前記駆動モータ用インバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する
請求項 1、2、4、6、8、10 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項18] 前記駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、
前記キャリア周波数設定部は、前記駆動モータの損失と前記駆動モータ用インバータの損失と前記 D C D C コンバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する
請求項 2、6、8 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。
- [請求項19] 前記駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記駆動モータの損失と前記駆動モータ用インバータの損失と前記第1 D C D Cコンバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項10に記載の電力変換装置。

[請求項20]

前記駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記駆動モータの回転速度を検出するモータ回転速度検出部と、をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記駆動モータの回転速度が高いほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項1、2、4、6、8、10のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項21]

前記駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記駆動モータのトルクを検出するモータトルク検出部と、をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記駆動モータのトルクが大きいほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項1、2、4、6、8、10のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項22]

前記第1駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第1駆動モータの損失と前記第1駆動モータ用インバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項3、5、7、9のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項23]

前記第1駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第1駆動モータの損失と前記第1駆動モータ用インバータの損失と前記DCDCコンバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する請求項5、7のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項24] 前記第1駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記第1駆動モータの回転速度を検出するモータ回転速度検出部と、をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第1駆動モータの回転速度が高いほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項3、5、7、9のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項25] 前記第1駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記第1駆動モータのトルクを検出するモータトルク検出部と、をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第1駆動モータのトルクが大きいほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項3、5、7、9のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項26] 前記第2駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第2駆動モータの損失と前記第2駆動モータ用インバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項3、5、7、9のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項27] 前記第2駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第2駆動モータの損失と前記第2駆動モータ用インバータの損失と前記DCDCコンバータの損失と

を加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する
請求項 5、7 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項28] 前記第 2 駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記第 2 駆動モータの回転速度を検出するモータ回転速度検出部と、
をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第 2 駆動モータの回転速度が高いほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項 3、5、7、9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項29] 前記第 2 駆動モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記第 2 駆動モータのトルクを検出するモータトルク検出部と、
をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記第 2 駆動モータのトルクが大きいほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項 3、5、7、9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項30] 前記発電モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記発電モータの損失と前記発電モータ用インバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項 4、6、8、10 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項31] 前記発電モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記発電モータの損失と前記発電モータ用インバータの損失と前記 D C D C コンバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項 6、8 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項32] 前記発電モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記発電モータの損失と前記発電モータ用インバータの損失と前記第2 D C D Cコンバータの損失とを加算した合計損失が最小となるようにキャリア周波数を設定する

請求項10のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項33] 前記発電モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記発電モータの回転速度を検出するモータ回転速度検出部と、をさらに備え、

前記キャリア周波数設定部は、前記発電モータの回転速度が高いほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項4、6、8、10のいずれか1項に記載の電力変換装置。

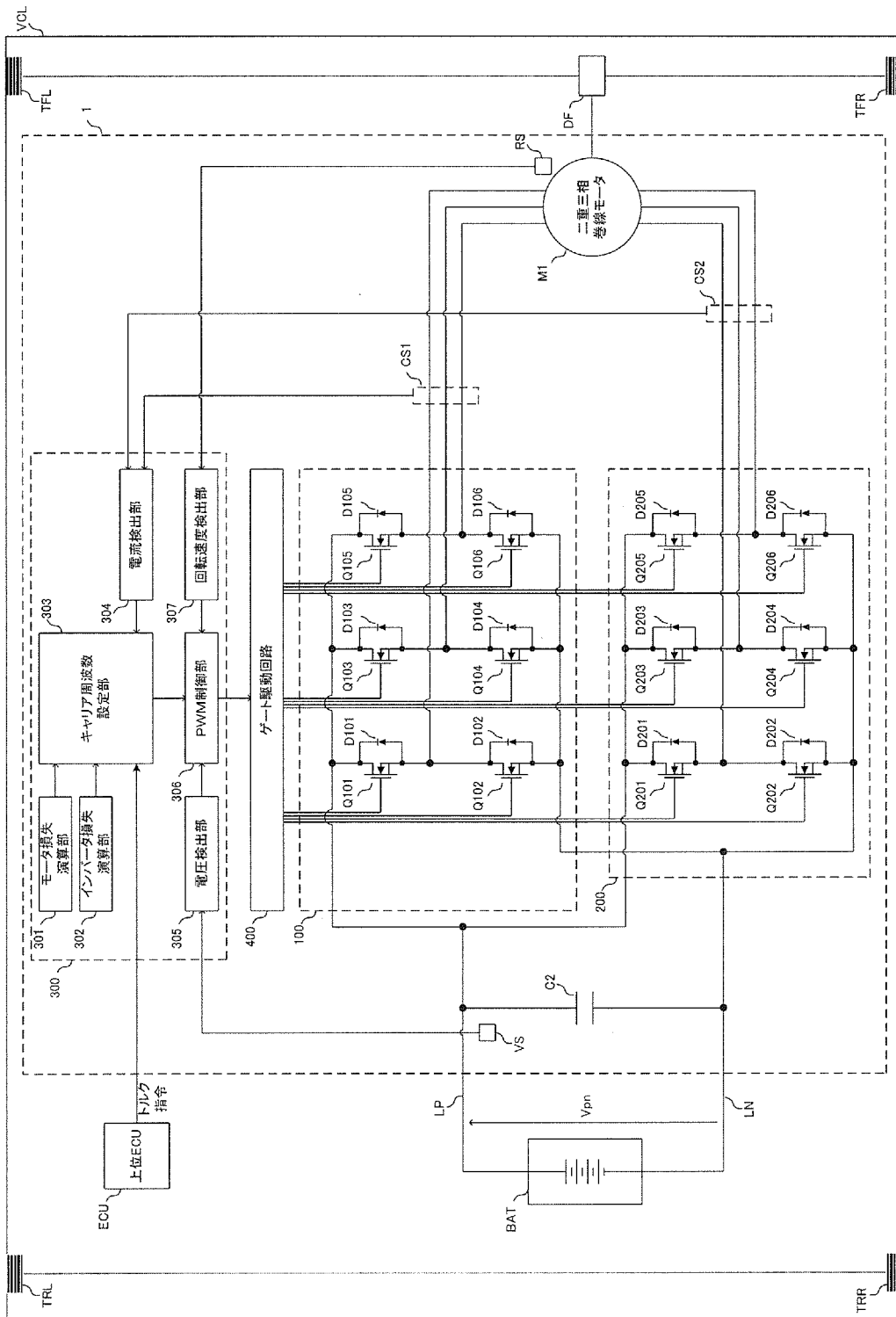
[請求項34] 前記発電モータ用インバータのキャリア周波数を設定するキャリア周波数設定部と、

前記発電モータのトルクを検出するモータトルク検出部と、をさらに備え、

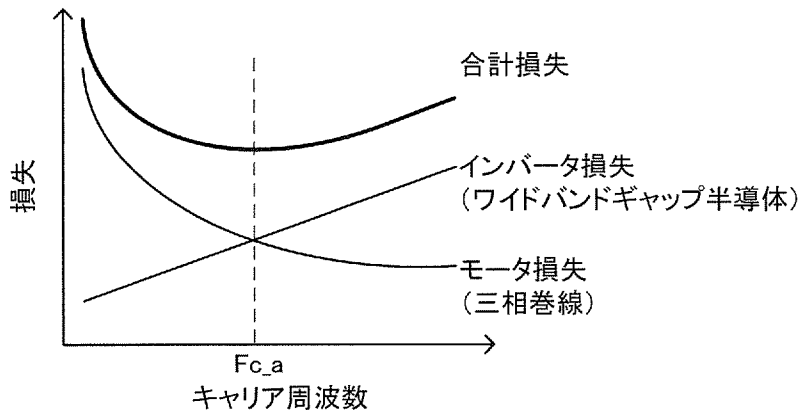
前記キャリア周波数設定部は、前記発電モータのトルクが大きいほど、キャリア周波数を高く設定する

請求項4、6、8、10のいずれか1項に記載の電力変換装置。

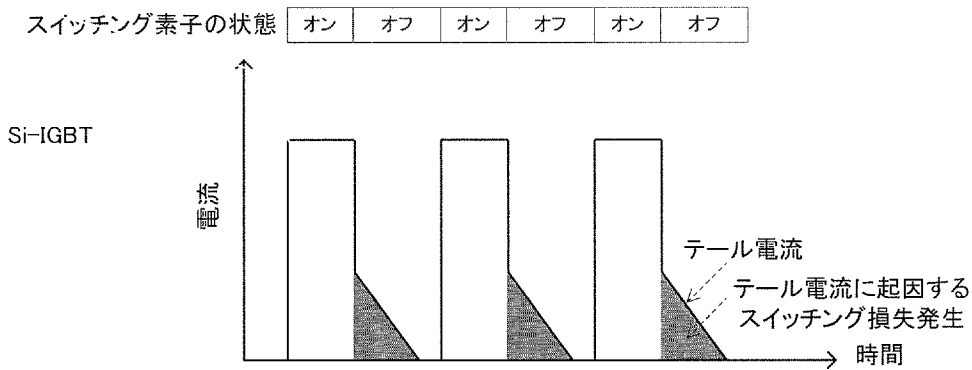
[図1]



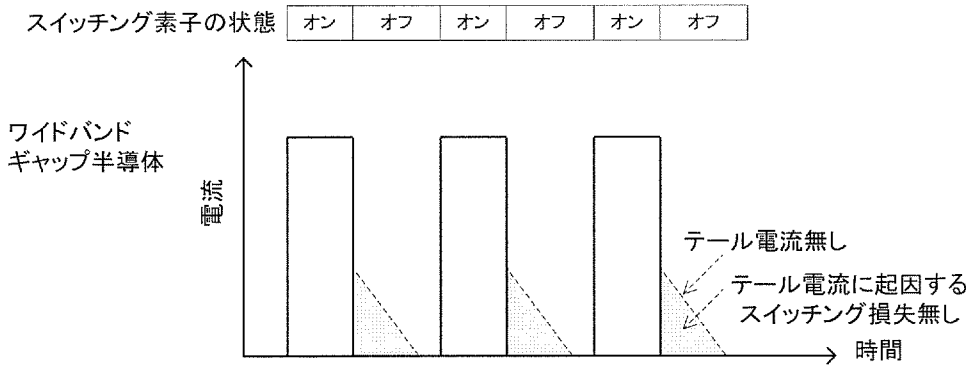
[図2]



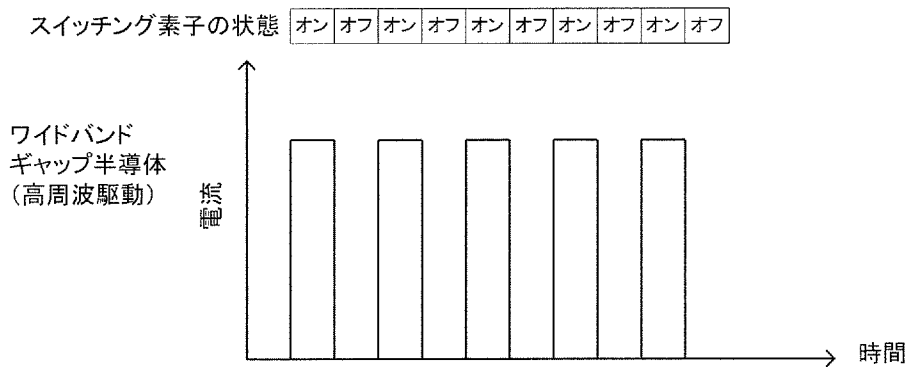
[図3A]



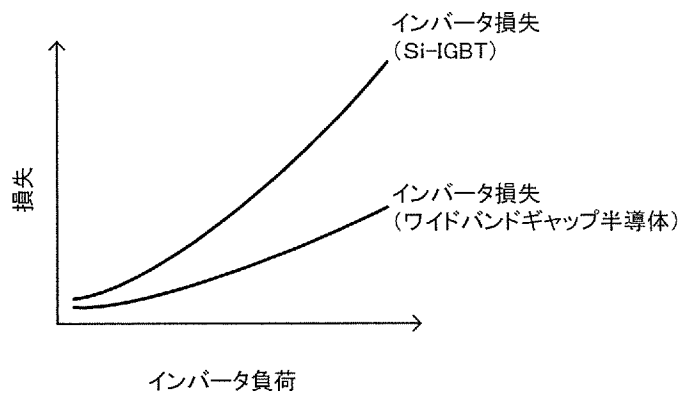
[図3B]



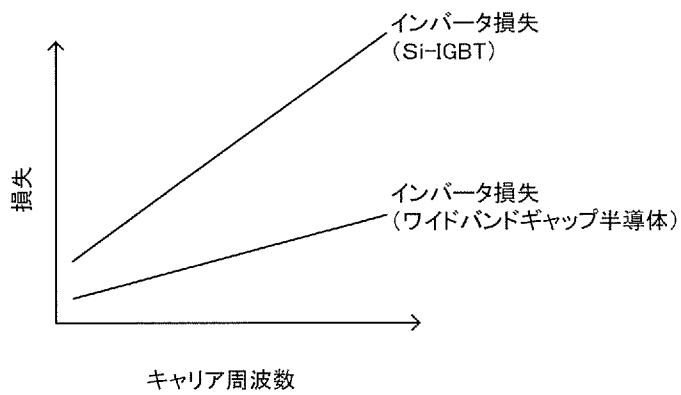
[図3C]



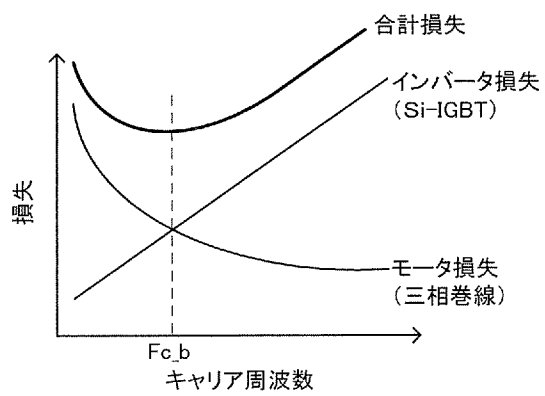
[図4]



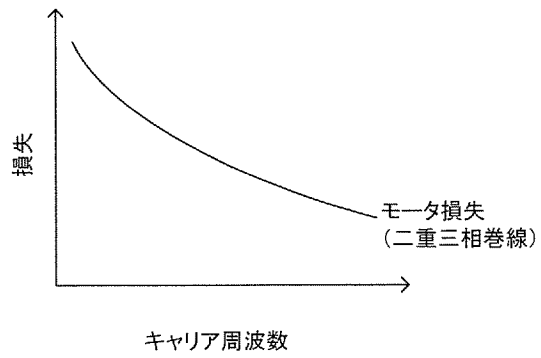
[図5]



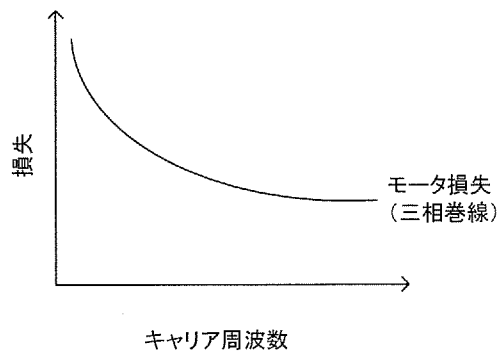
[図6]



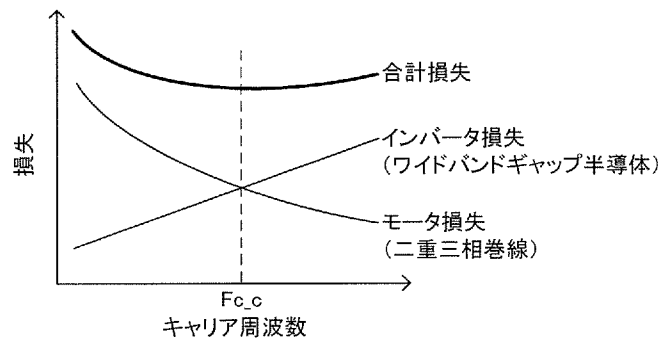
[図7A]



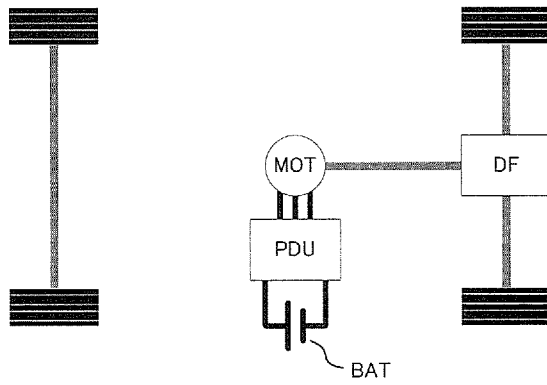
[図7B]



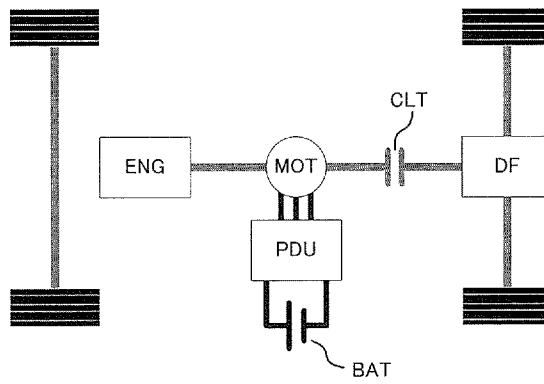
[図8]



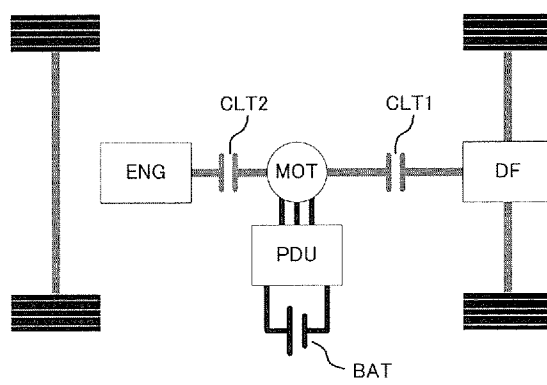
[図9A]



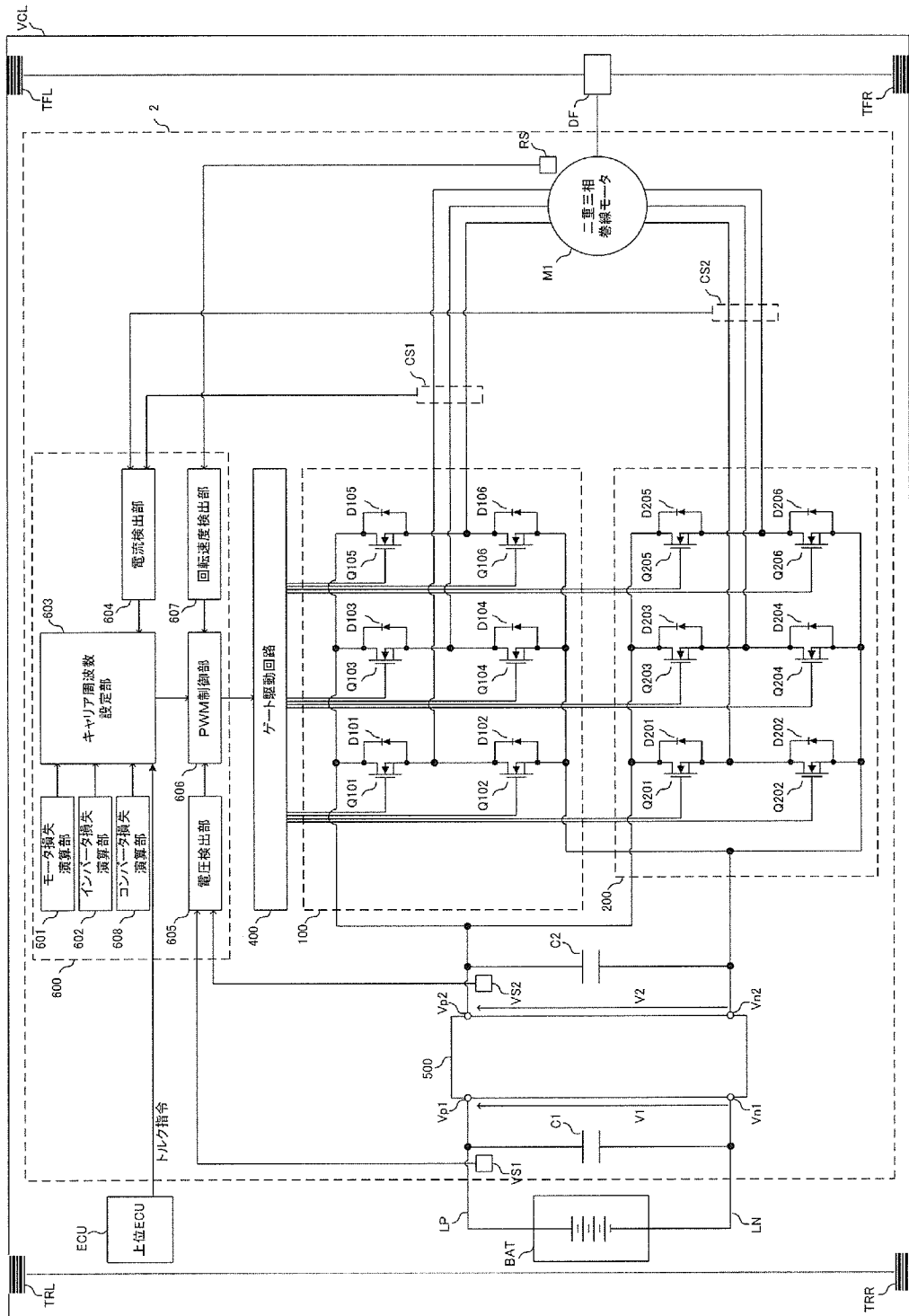
[図9B]



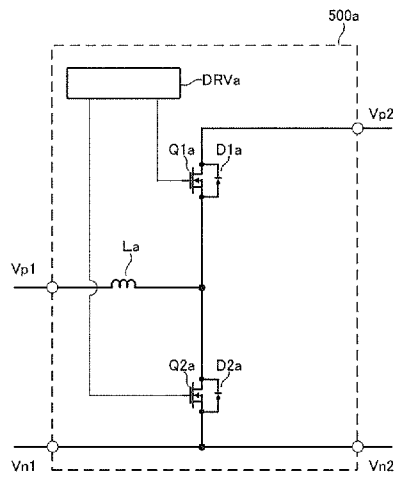
[図9C]



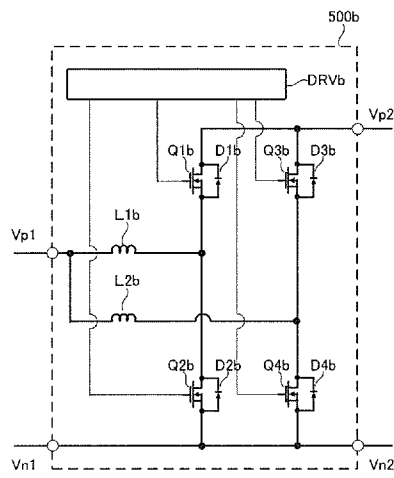
[図10]



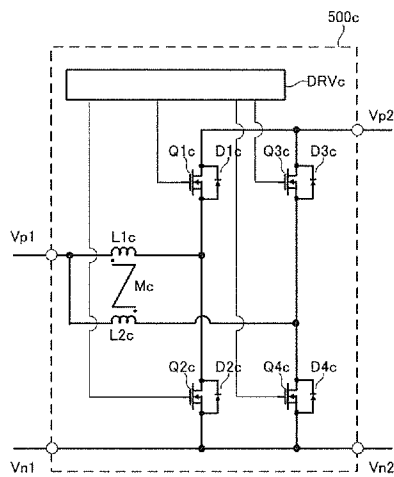
[図11A]



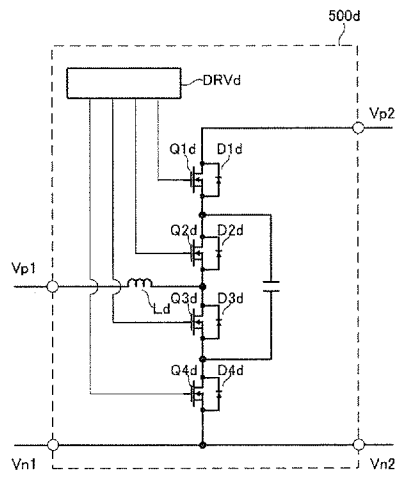
[図11B]



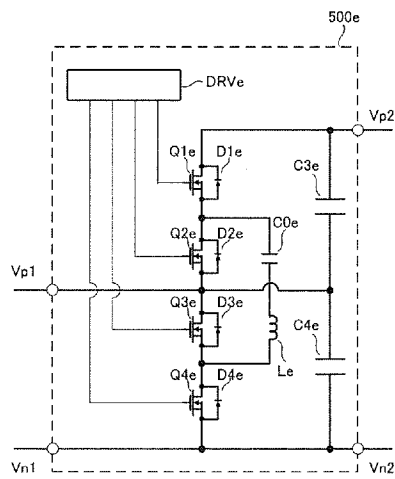
[図11C]



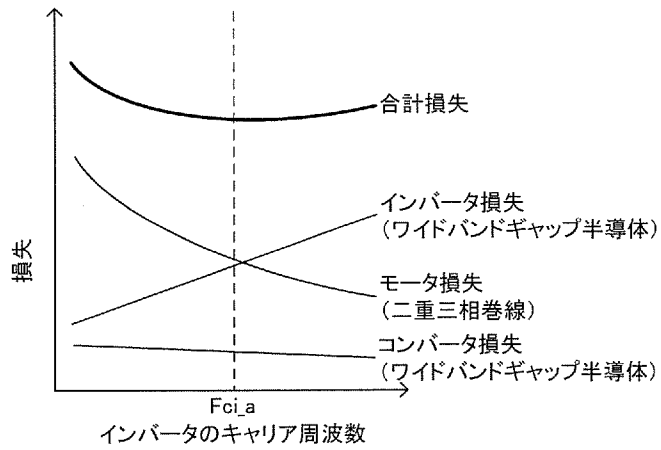
[図11D]



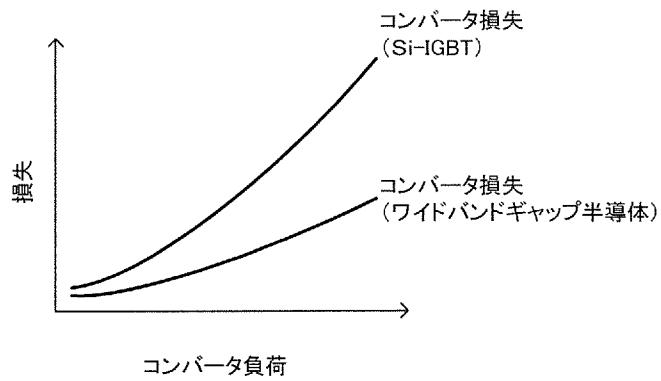
[図11E]



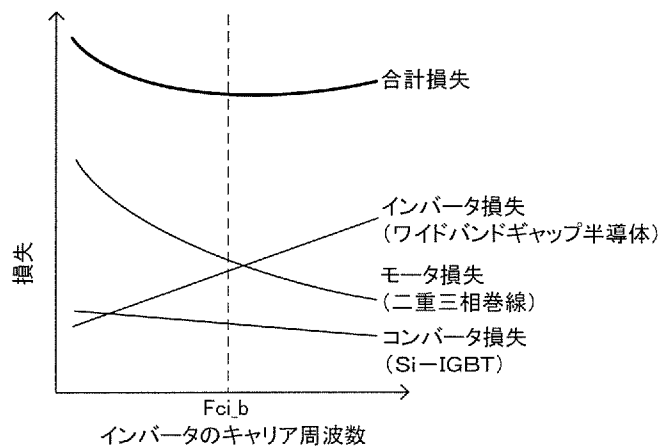
[図12]



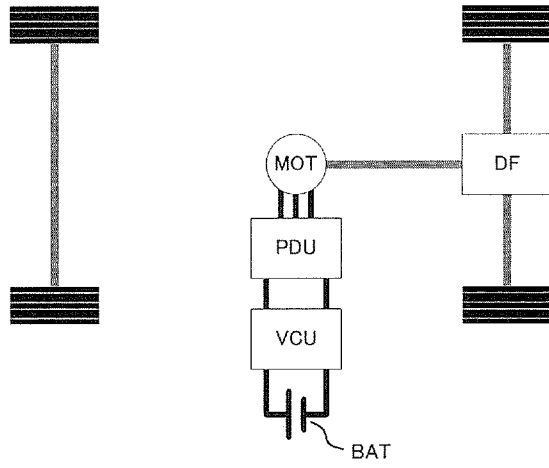
[図13]



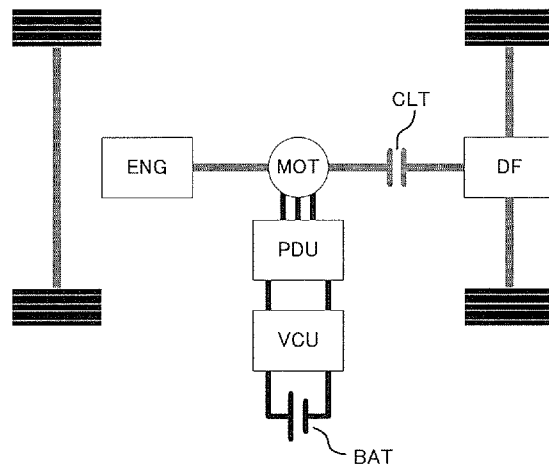
[図14]



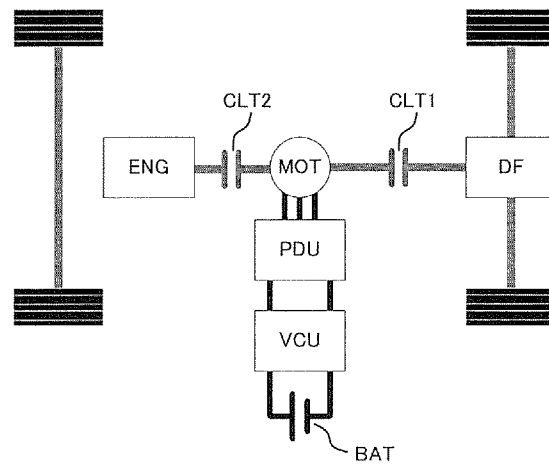
[図15A]



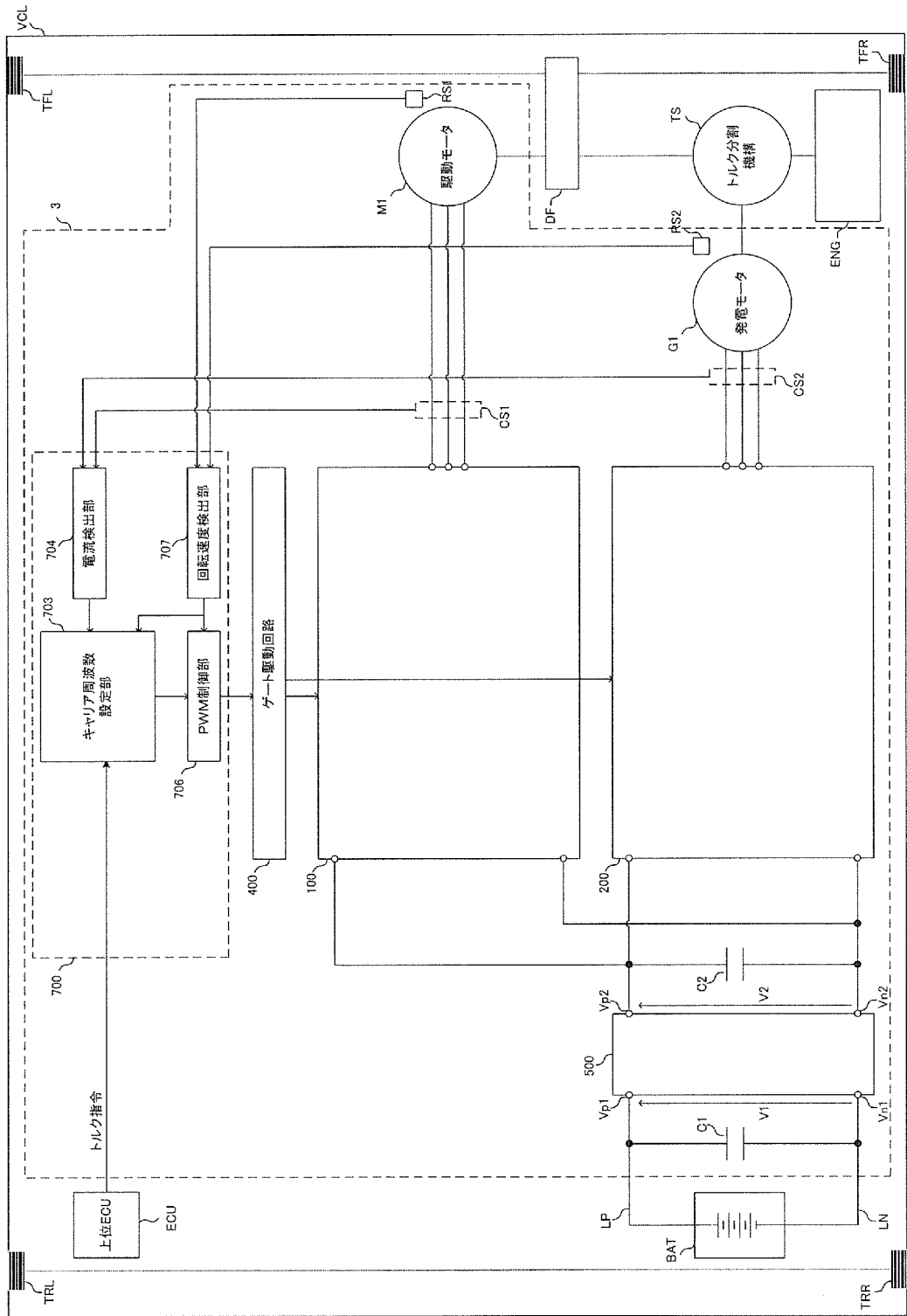
[図15B]



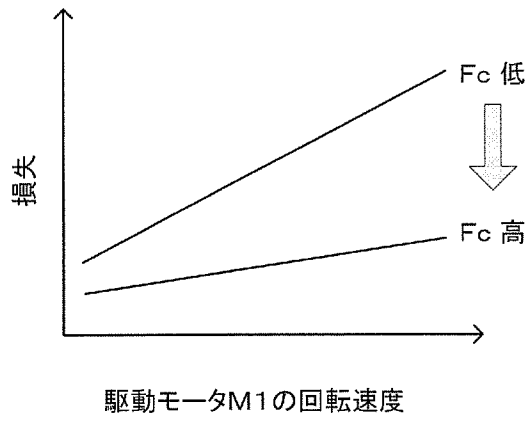
[図15C]



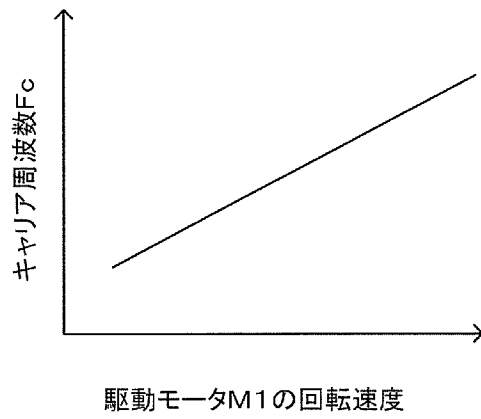
[図16]



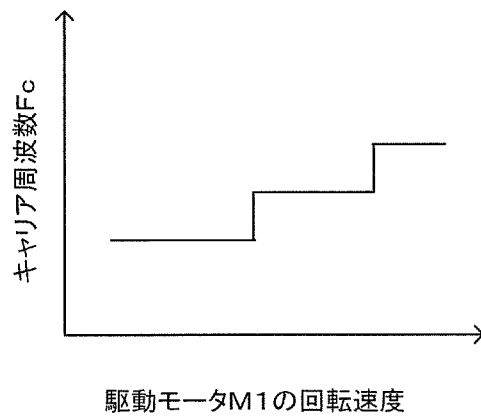
[図17]



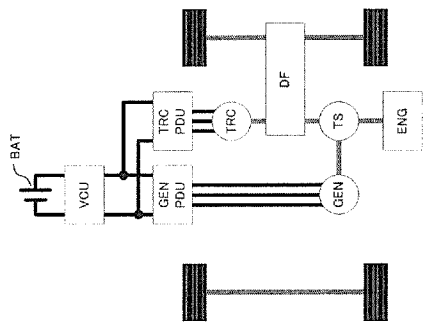
[図18A]



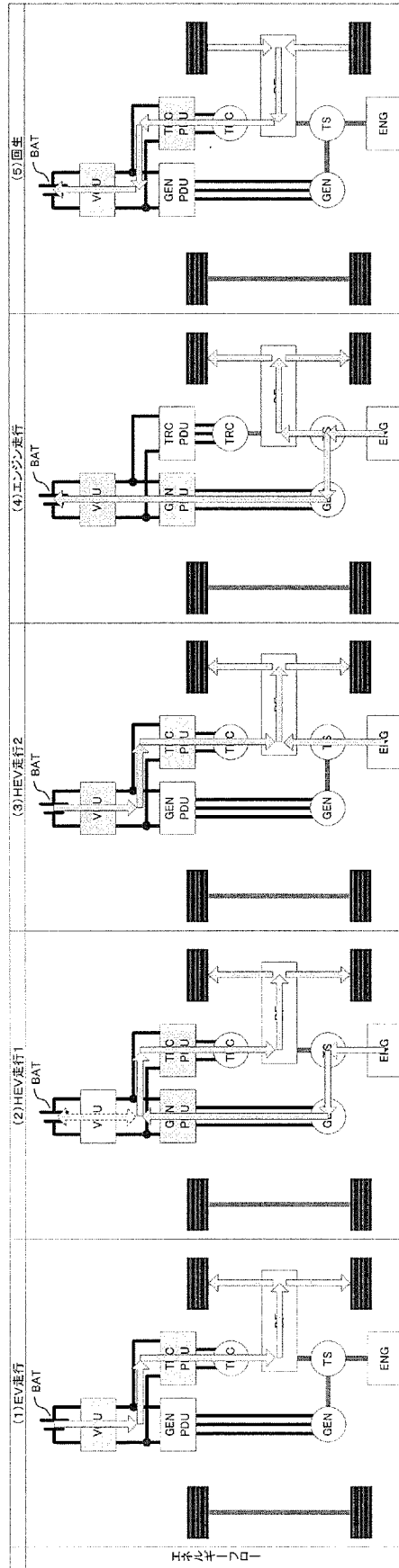
[図18B]



[図19A]

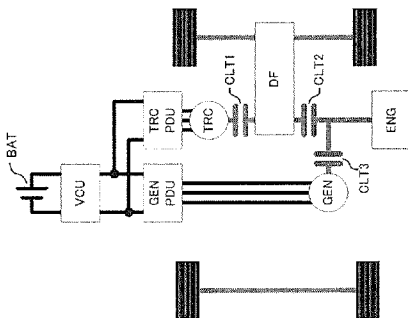


システム構成

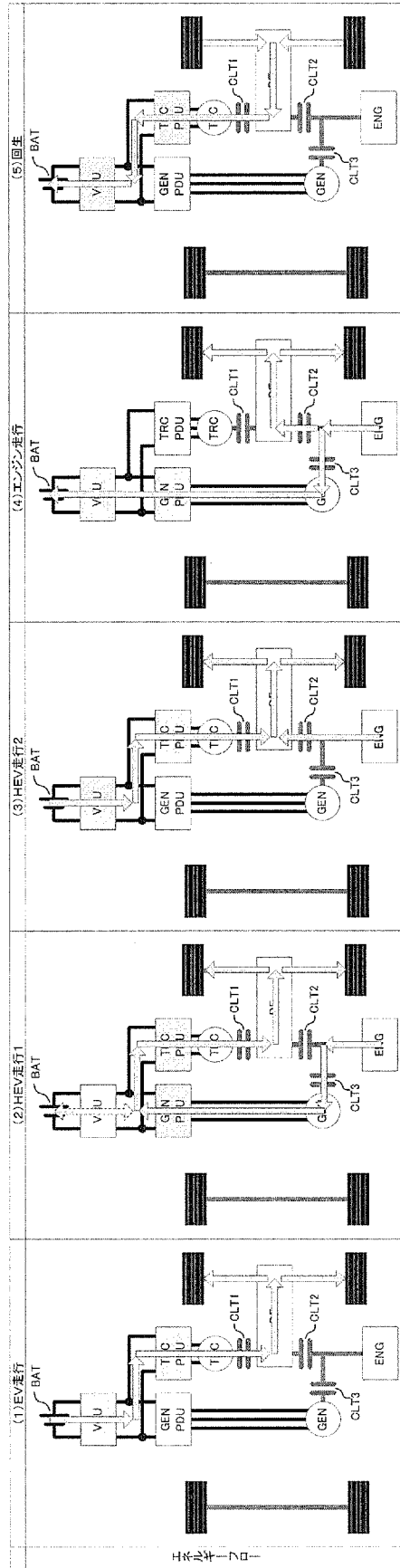


エネルギーフロー
 □: 使用するスイッチング素子を含む構成部品

[図19B]

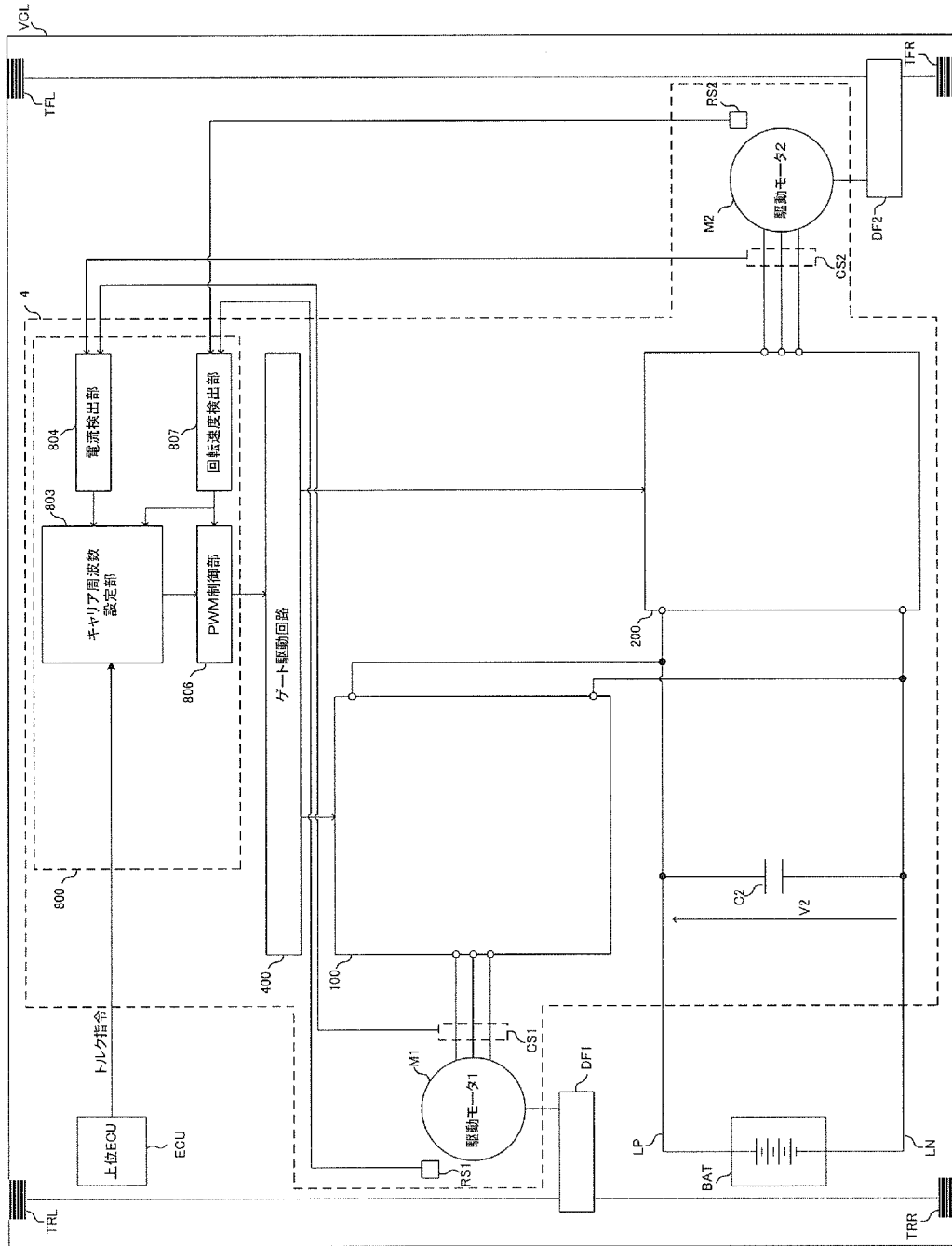


システム構成

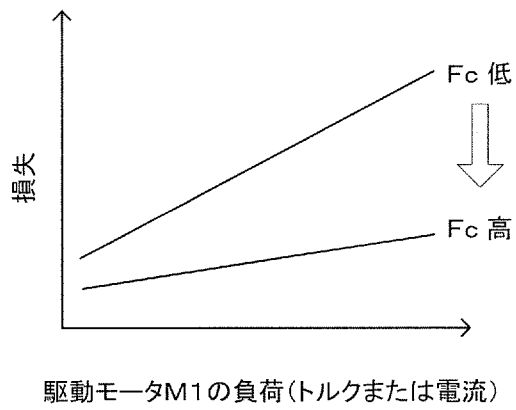


□:エネルギーフロー
 □:使用するスイッチング素子を含む構成部品

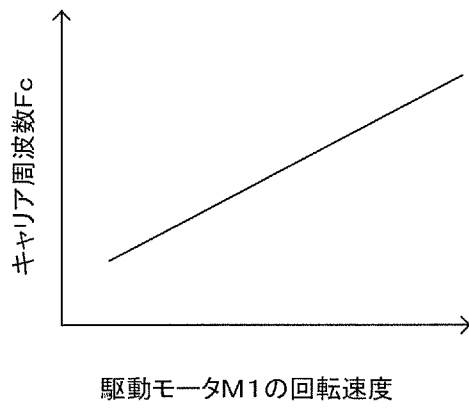
[図20]



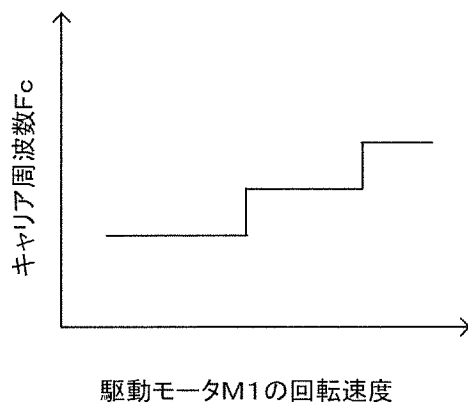
[図21]



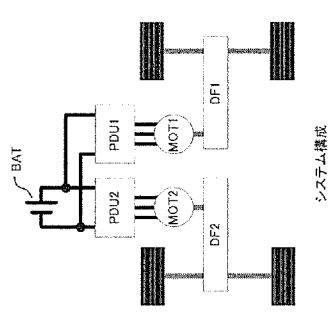
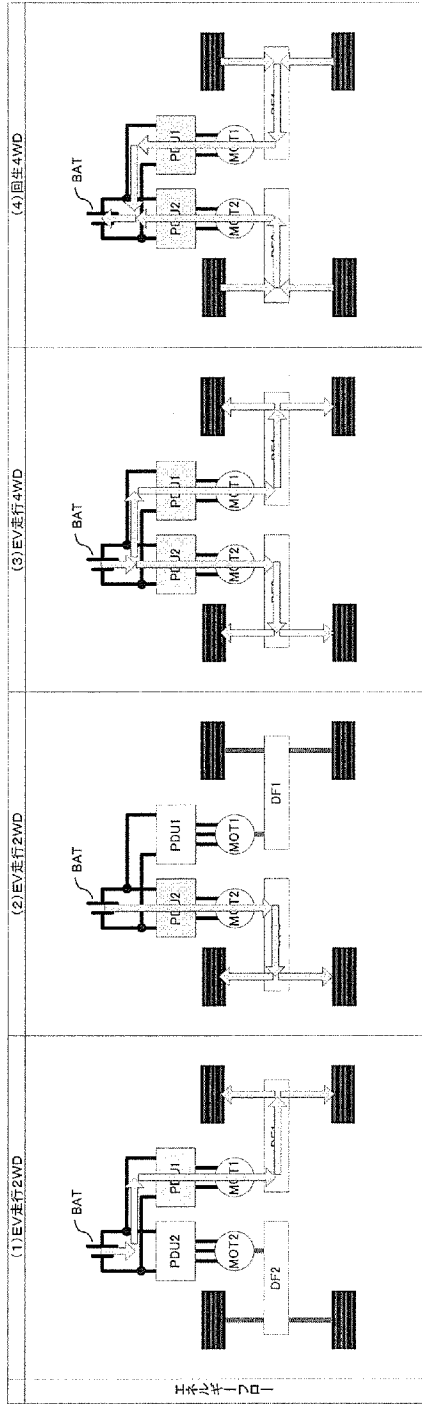
[図22A]



[図22B]

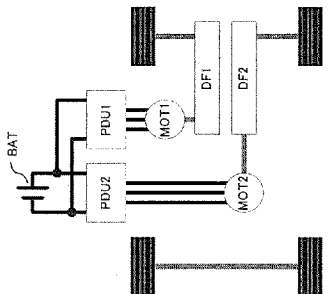
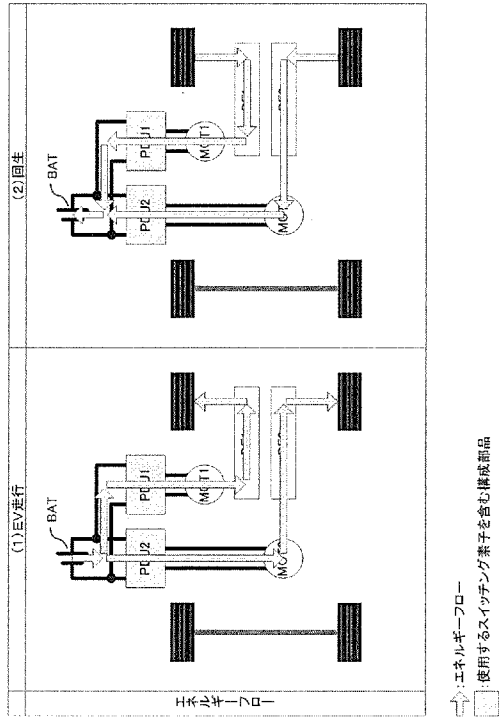


[図23A]



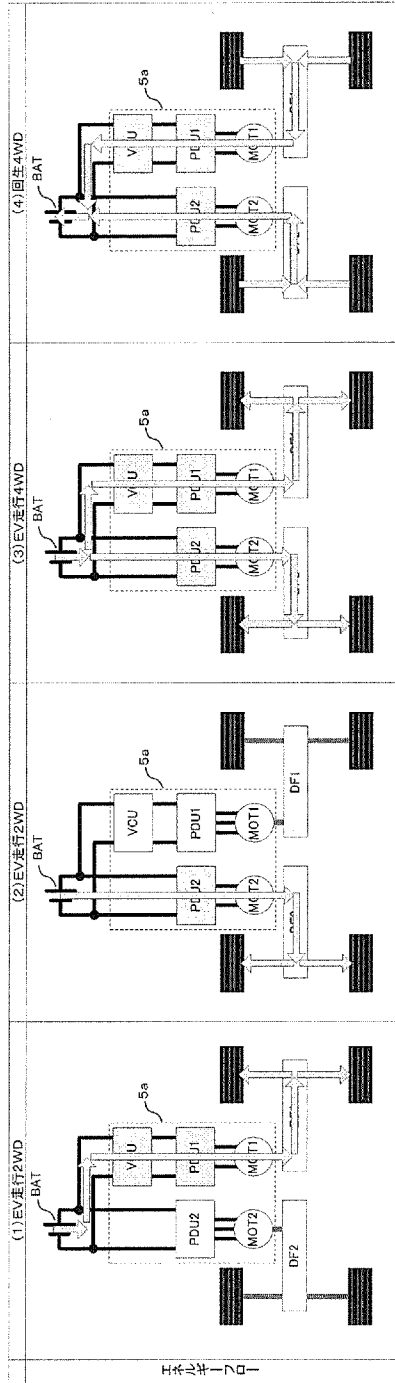
□: エネルギーフロー
 □: 使用するスイッチング素子を含む構成部品

[図23B]

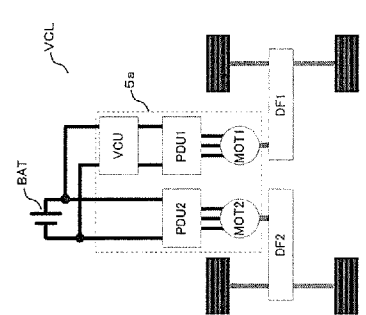


システム構成

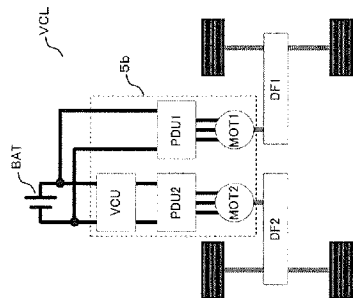
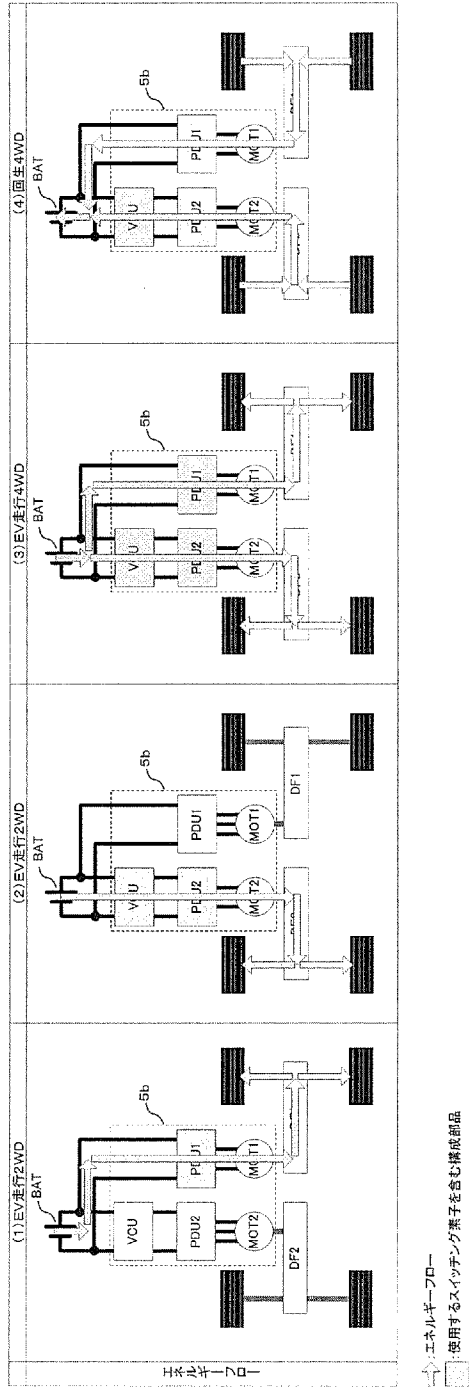
[図24A]



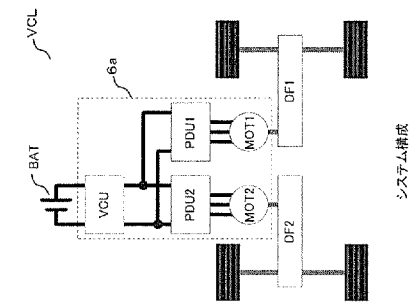
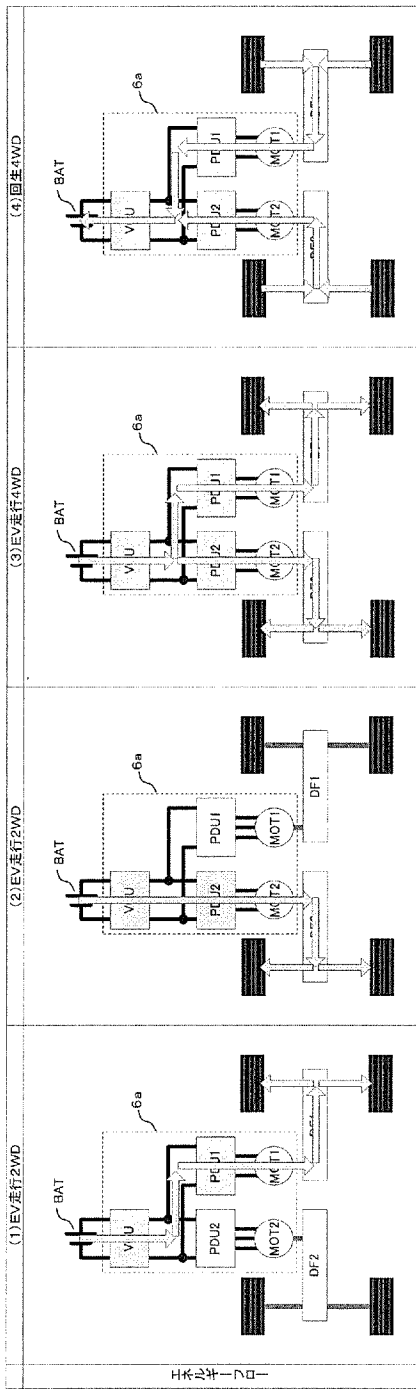
エネルギーフロー
 使用するスイッチング素子を含む構成部品



[図24B]

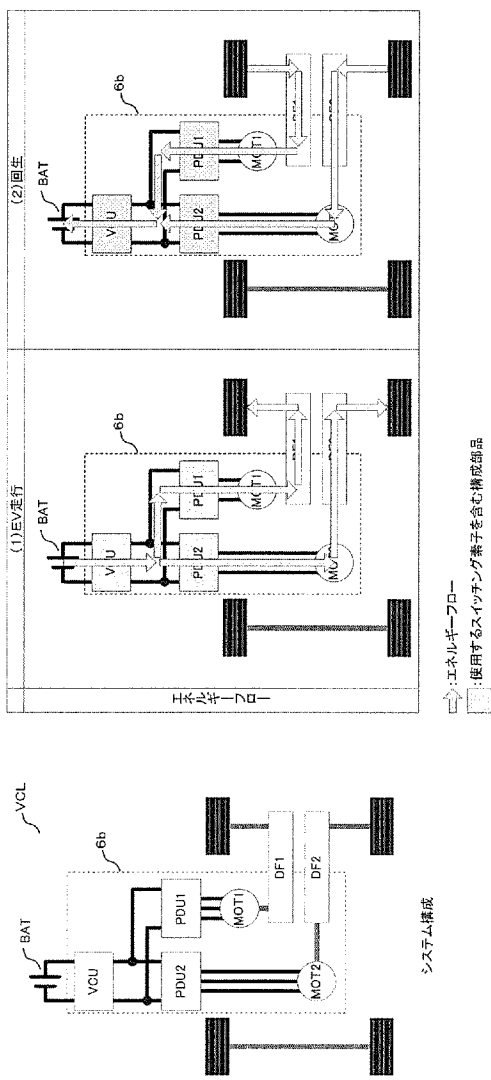


[図25A]

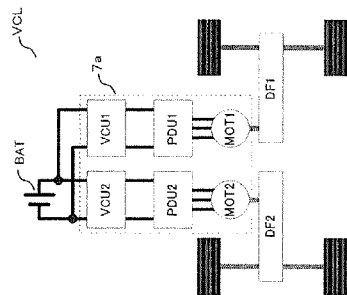
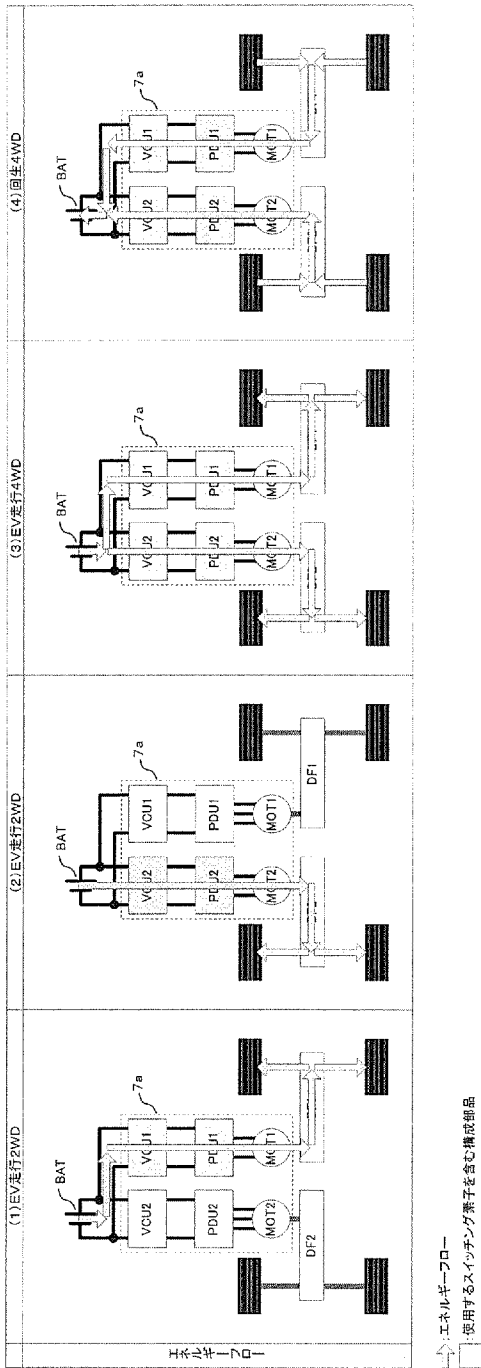


エネルギーフロー
 使用するスイッチング素子を含む構成部品

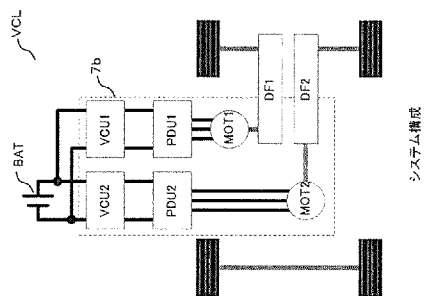
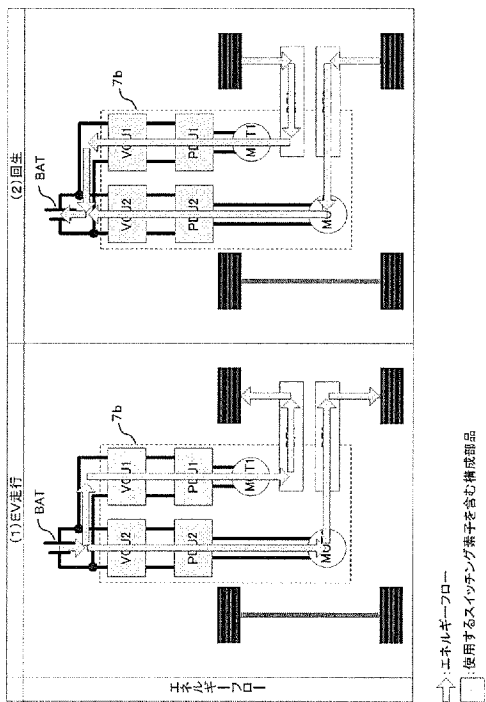
[図25B]



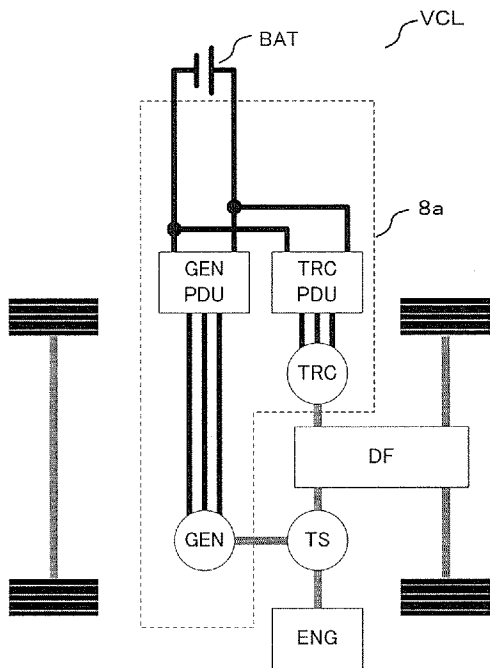
[図26A]



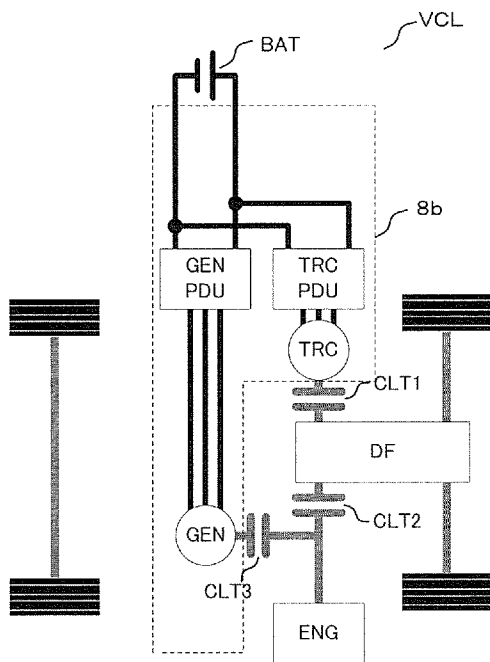
[図26B]



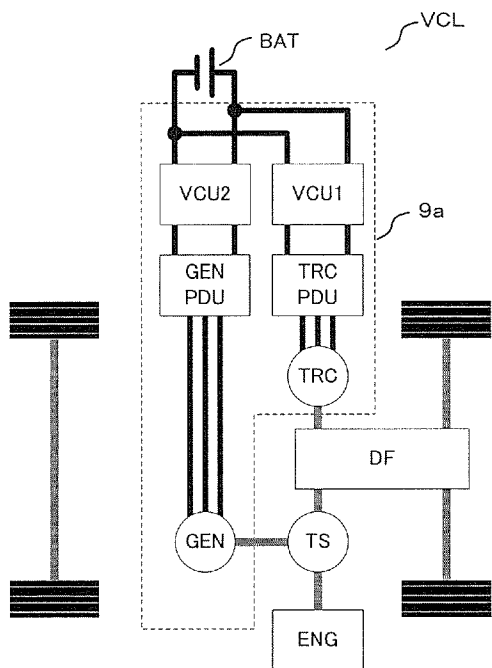
[図27A]



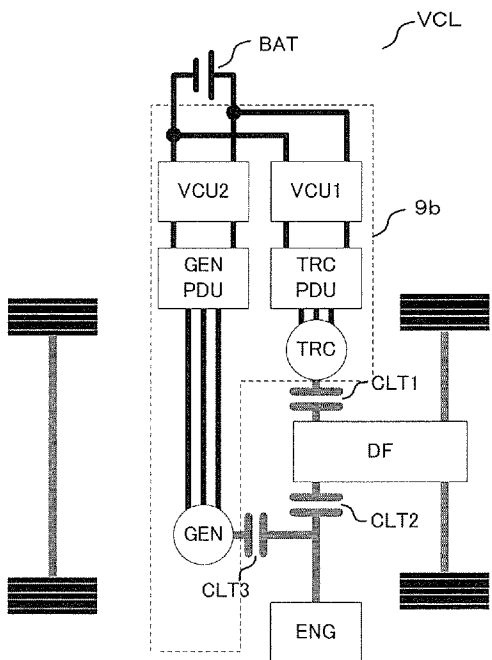
[図27B]



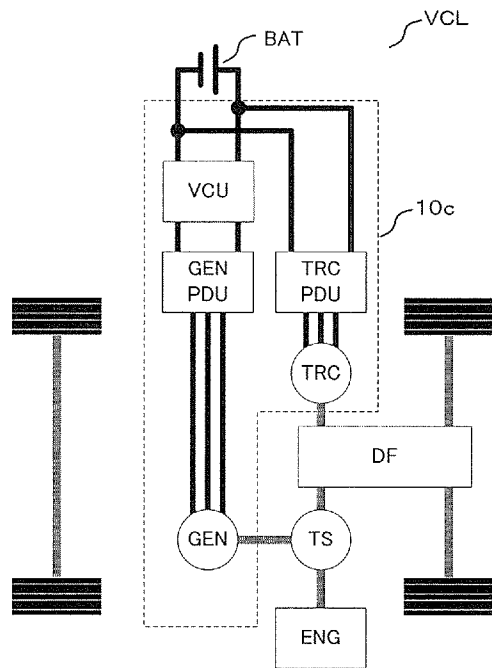
[図28A]



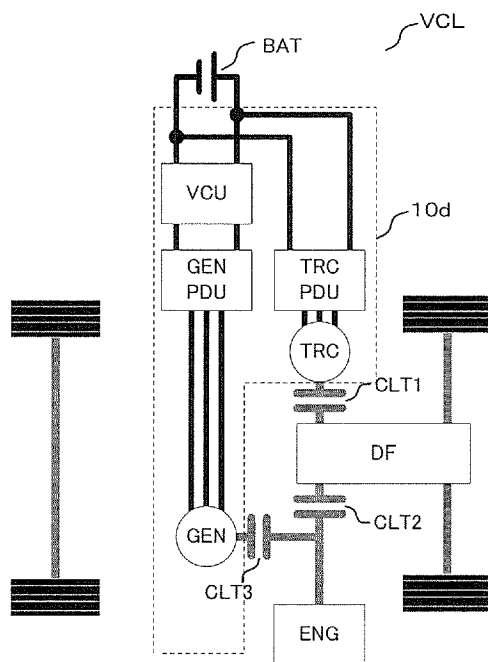
[図28B]



[図29C]



[図29D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012449

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02M7/493(2007.01)i, H02P27/04(2016.01)i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>H02M7/493, H02M3/155, H02P27/04, B60L11/08</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017</i></p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>														
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X Y A</td> <td>JP 2014-68428 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0002], [0012], [0022] to [0025]; fig. 1 (Family: none)</td> <td>1-2 3-20, 22-24, 26-28, 30-33 21, 25, 29, 34</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2004-242371 A (Toyota Motor Corp.), 26 August 2004 (26.08.2004), paragraphs [0021], [0025], [0029], [0095], [0097]; fig. 1 (Family: none)</td> <td>3, 5, 7, 9-17, 19-20, 22-24, 26-28, 30, 32-33</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2005-160185 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraph [0007]; fig. 1 (Family: none)</td> <td>4, 6, 8, 10-11, 15-20, 30-33</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X Y A	JP 2014-68428 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0002], [0012], [0022] to [0025]; fig. 1 (Family: none)	1-2 3-20, 22-24, 26-28, 30-33 21, 25, 29, 34	Y	JP 2004-242371 A (Toyota Motor Corp.), 26 August 2004 (26.08.2004), paragraphs [0021], [0025], [0029], [0095], [0097]; fig. 1 (Family: none)	3, 5, 7, 9-17, 19-20, 22-24, 26-28, 30, 32-33	Y	JP 2005-160185 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraph [0007]; fig. 1 (Family: none)	4, 6, 8, 10-11, 15-20, 30-33
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X Y A	JP 2014-68428 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0002], [0012], [0022] to [0025]; fig. 1 (Family: none)	1-2 3-20, 22-24, 26-28, 30-33 21, 25, 29, 34												
Y	JP 2004-242371 A (Toyota Motor Corp.), 26 August 2004 (26.08.2004), paragraphs [0021], [0025], [0029], [0095], [0097]; fig. 1 (Family: none)	3, 5, 7, 9-17, 19-20, 22-24, 26-28, 30, 32-33												
Y	JP 2005-160185 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraph [0007]; fig. 1 (Family: none)	4, 6, 8, 10-11, 15-20, 30-33												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 02 May 2017 (02.05.17)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 16 May 2017 (16.05.17)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012449

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-514945 A (Valeo Equipments Electriques Moteur), 23 May 2016 (23.05.2016), paragraphs [0002], [0034]; fig. 1 & US 2016/0141997 A1 paragraphs [0002], [0043]; fig. 1 & WO 2014/162101 A1 & EP 2982036 A1 & CN 105264763 A & KR 10-2015-0140741 A	11-16
Y	JP 2010-57243 A (Toyota Motor Corp.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0063] to [0071]; fig. 9 to 10 & US 2010/0052583 A1 paragraphs [0082] to [0090]; fig. 9 to 10	17-20, 22-24, 26-28, 30-33
Y	WO 2011/155013 A1 (Toyota Motor Corp.), 15 December 2011 (15.12.2011), paragraphs [0050] to [0053]; fig. 4 & US 2013/0169206 A1 paragraphs [0060] to [0063]; fig. 4 & EP 2579452 A1 & CN 102934355 A	20, 24, 28, 33

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02M7/493(2007.01)i, H02P27/04(2016.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02M7/493, H02M3/155, H02P27/04, B60L11/08		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017年		
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A Y	JP 2014-68428 A (三菱電機株式会社) 2014.04.17, [0002]、[0012]、[0022] - [0025]、図1 (ファミリーなし) JP 2004-242371 A (トヨタ自動車株式会社) 2004.08.26, [0021]、[0025]、[0029]、[0095]、[0097]、図1 (ファミリーなし)	1-2 3-20, 22-24, 26-28, 30-33 21, 25, 29, 34 3, 5, 7, 9-17, 19-20, 22-24, 26-28, 30, 32-33
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 02.05.2017	国際調査報告の発送日 16.05.2017	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 高野 誠治 電話番号 03-3581-1101 内線 3526	5G 3567

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2005-160185 A (日産自動車株式会社) 2005. 06. 16, [0007]、 図1 (ファミリーなし)	4, 6, 8, 10-11, 15-20, 30-33
Y	JP 2016-514945 A (ヴァレオ エキプマン エレクトリック モト ール) 2016. 05. 23, [0002]、[0034]、図1 & US 2016/0141997 A1, [0002], [0043], 図1 & WO 2014/162101 A1 & EP 2982036 A1 & CN 105264763 A & KR 10-2015-0140741 A	11-16
Y	JP 2010-57243 A (トヨタ自動車株式会社) 2010. 03. 11, [0063] - [0071]、図9-10 & US 2010/0052583 A1, [0082] - [0090]、図9-10	17-20, 22-24, 26-28, 30-33
Y	WO 2011/155013 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2011. 12. 15, [005 0] - [0053]、図4 & US 2013/0169206 A1, [0060] - [0 063]、図4 & EP 2579452 A1 & CN 102934355 A	20, 24, 28, 33