

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 11 月 8 日 (08.11.2007)

PCT

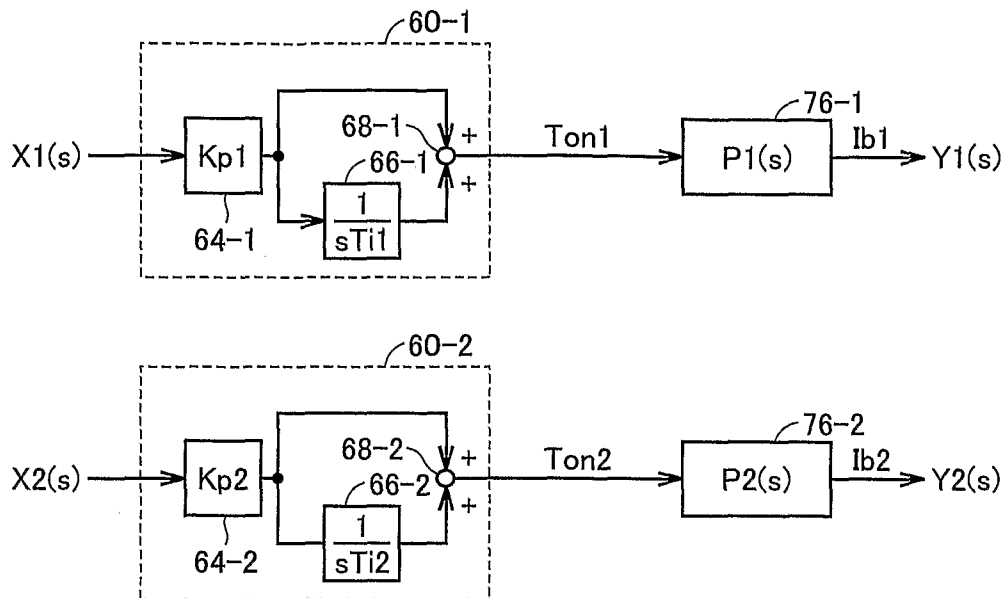
(10) 国際公開番号
WO 2007/125840 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 3/155 (2006.01) H01M 10/44 (2006.01)
B60L 3/00 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/058687
- (22) 国際出願日: 2007 年 4 月 16 日 (16.04.2007)
- (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2006-119300 2006 年 4 月 24 日 (24.04.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 市川真士
- (74) 代理人: 深見久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー 2 2 階 深見特許事務所 Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: POWER SUPPLY SYSTEM AND VEHICLE

(54) 発明の名称: 電源システムおよび車両



(57) Abstract: P1(s) and P2(s) are transmission functions of control models (76-1, 76-2) for inputting duty instructions (Ton1, Ton2) to converters (CONV1, CONV2) and outputting cell currents (Ib1, Ib2). Transmission functions G1(s) and G2(s) containing the transmission functions P1(s) and P2(s), respectively, decide control gains (proportional gains Kp1, Kp2 and integration gains Ti1, Ti2) so that delay elements substantially coincide.

(57) 要約: P1(s), P2(s) は、コンバータ (CONV1, CONV2) に対して、デューティー指令 (Ton1, Ton2) を入力とし、電池電流 (Ib1, Ib2) を出力とする制御モデル (76-1, 76-2) の伝達関数である。そして、それぞれ伝達関数 P1(s), P2(s) を含む伝達関数 G1(s), G2(s)

[続葉有]

WO 2007/125840 A1



(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明細書

電源システムおよび車両

5 技術分野

この発明は、複数の蓄電部を備えた電源システムおよび当該車両システムを搭載した車両に関し、特に蓄電部間に生じる循環電流を抑制する技術に関する。

背景技術

10 近年、環境問題を考慮して、電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池車などのように、電動機を駆動力源とする車両が注目されている。このような車両には、電動機に電力を供給したり、回生制動時に運動エネルギーを電気エネルギーに変換して蓄電したりするために、二次電池などからなる蓄電部が搭載されている。

15 このような電動機を駆動力源とする車両において、加速性能や走行持続距離などの走行性能を高めるために、蓄電部の電池容量をより大きくすることが望ましい。蓄電部の電池容量を大きくする方法として、複数の蓄電部を搭載する構成が提案されている。

たとえば、米国特許第6608396号明細書には、高電圧車両牽引システム
20 に所望の直流高電圧レベルを提供する電動モータ電源管理システムが開示されている。この電動モータ電源管理システムは、それぞれが電池とブースト／バック直流・直流コンバータとを有し且つ並列に接続された、少なくとも1つのインバータに直流電力を提供する複数の電源ステージと、複数の電源ステージの電池を均等に充放電させて複数の電源ステージが少なくとも1つのインバータへの出力
25 電圧を維持するように複数の電源ステージを制御するコントローラとを備える。

米国特許第6608396号明細書に開示される電動モータ電源管理システムでは、各電池がシステム内の他の電池と同じSOC (State Of Charge) となるように能動的に維持されることが開示されている。このような構成を実現するためには、各電池が互いに同一の電池容量でなければならない。

一方、電池容量を大きくするためには、たとえば車室内などの空間を有効に利用することが重要であり、空間に応じて互いに異なる電池容量をもつ複数の蓄電部を配置することも検討されている。このように互いに電池容量の異なる複数の蓄電部が配置される場合には、各蓄電部の電池容量（もしくは充放電電流）に適合した電圧変換能力（許容変換電力、許容変換電流値および電圧変換可能範囲など）を有する電圧変換部を配置し、電圧変換に伴う損失を低減することが望ましい。

このように電圧変換能力が互いに異なる電圧変換部間では、インダクタンスなどの違いに起因して、その応答特性が必然的に異なってくる。そのため、米国特許第6608396号明細書に開示される電動モータ電源管理システムをそのまま適用したのでは、システム起動直後などの過渡時において、電圧変換部間で電圧差が生じ、電圧変換部を介して蓄電部間に不要な循環電流が流れる場合がある。そして、このような循環電流により蓄電部が損傷するおそれがあった。

発明の開示

この発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、電圧変換能力が互いに異なる複数の電圧変換部間において生じる不要な循環電流を抑制し、蓄電部の損傷を回避する電源システムおよび車両を提供することである。

この発明のある局面に従う電源システムは、各々が充放電可能に構成された複数の蓄電部を有し、負荷装置と電源システムとの間で電力を授受可能に構成された電力線と、複数の蓄電部と電力線との間にそれぞれ設けられ、各々が対応の蓄電部と電力線との間で電圧変換動作を行なう複数の電圧変換部とを備える。そして、複数の電圧変換部の少なくとも1つは、他の電圧変換部と異なる電圧変換能力を有し、複数の電圧変換部の各々は、電圧変換動作により生じる電流値または電圧値を所定の目標値とするように電圧変換動作を行なう第1のフィードバック部を含む制御系により制御され、第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するま

での時間が、他の第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように決定される。

この局面に従う電源システムによれば、第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間が、他の第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように、第1のフィードバック部における制御ゲインが決定される。これにより、各電圧変換部の過渡時の応答特性を決定する第1のフィードバック部が、各電圧変換部の応答特性の差異を補償するように実行されるので、各電圧変換部の出力の応答特性は略一致する。したがって、制御開始直後などの過渡時における電圧変換部間の電圧差の発生を回避でき、電圧変換部を介して流れる蓄電部間の循環電流を抑制できる。

好ましくは、第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部と対応の電圧変換部とを含む伝達関数が遅れ要素について、他の第1のフィードバック部と対応の他の電圧変換部とを含む伝達関数と略一致するように決定される。

好ましくは、電源システムは、複数の蓄電部のそれぞれについての電池電流値を検出する電池電流値検出部をさらに備え、複数の電圧変換部の各々は、対応の蓄電部の電池電流値を目標電流値とするように制御される。

好ましくは、電源システムは、電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、目標電流値は、供給電圧値検出部によって検出された電力線上の電圧値を目標電圧値とするように電圧変換動作を設定する第2のフィードバック部によって決定される。

さらに好ましくは、複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と目標電圧値との比に応じた値を第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む。

また好ましくは、電源システムは、電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検

出部をさらに備え、複数の電圧変換部の各々は、供給電圧値検出部によって検出された電力線上の電圧値を目標電圧値とするように制御される。

さらに好ましくは、複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と目標電圧値との比に応じた値を第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む。

好ましくは、複数の電圧変換部の各々は、チョッパ回路を含んで構成される。

この発明の別の局面に従う車両は、各々が充放電可能に構成された複数の蓄電部を有する電源システムと、電源システムから供給される電力を受けて駆動力を発生する駆動力発生部とを備える。電源システムは、駆動力発生部と電源システムとの間で電力を授受可能に構成された電力線と、複数の蓄電部と電力線との間にそれぞれ設けられ、各々が対応の蓄電部と電力線との間で電圧変換動作を行なう複数の電圧変換部とを含む。複数の電圧変換部の少なくとも1つは、他の電圧変換部と異なる電圧変換能力を有し、複数の電圧変換部の各々は、電圧変換動作により生じる電流値または電圧値を所定の目標値とするように電圧変換動作を行なう第1のフィードバック部を含む制御系により制御され、第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間が、他の第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように決定される。

この局面に従う車両によれば、第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間が、他の第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように、第1のフィードバック部における制御ゲインが決定される。これにより、各電圧変換部の過渡時の応答特性を決定する第1のフィードバック部が、各電圧変換部の応答特性の差異を補償するように実行されるので、各電圧変換部の出力の応答特性

は略一致する。したがって、制御開始直後などの過渡時における電圧変換部間の電圧差の発生を回避でき、電圧変換部を介して流れる蓄電部間の循環電流を抑制できる。

5 好ましくは、駆動力発生部は、電源システムから供給される電力を変換可能に構成された少なくとも1つの電力変換部と、対応の電力変換部と接続され、駆動力を発生可能に構成された少なくとも1つの回転電機とを含む。

10 好ましくは、第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部と対応の電圧変換部とを含む伝達関数が遅れ要素について、他の第1のフィードバック部と対応の他の電圧変換部とを含む伝達関数と略一致するように決定される。

好ましくは、電源システムは、複数の蓄電部のそれぞれについての電池電流値を検出する電池電流値検出部をさらに備え、複数の電圧変換部の各々は、対応の蓄電部の電池電流値を目標電流値とするように制御される。

15 好ましくは、電源システムは、電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、目標電流値は、供給電圧値検出部によって検出された電力線上の電圧値を目標電圧値とするように電圧変換動作を設定する第2のフィードバック部によって決定される。

20 さらに好ましくは、複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と目標電圧値との比に応じた値を第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む。

また好ましくは、電源システムは、電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、複数の電圧変換部の各々は、供給電圧値検出部によって検出された電力線上の電圧値を目標電圧値とするように制御される。

25 さらに好ましくは、複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と目標電圧値との比に応じた値を第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む。

好ましくは、複数の電圧変換部の各々は、チョッパ回路を含んで構成される。

この発明によれば、電圧変換能力が互いに異なる複数の電圧変換部間において生じる不要な循環電流を抑制し、蓄電部の損傷を回避する電源システムおよび車

両を実現できる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に従う電源システムを備える車両の要部を示す概略構成図である。

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に従うコンバータの概略構成図である。

図 3 A、図 3 B は、電圧変換動作の開始時において蓄電部間に生じる循環電流を説明するための図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 1 に従うコンバータを制御するための制御ブロックを示す図である。

図 5 は、電流フィードバック部における制御ゲインの決定方法の一例を説明するための図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 1 の変形例に従うコンバータを制御するための制御ブロックを示す図である。

図 7 は、本発明の実施の形態 2 に従う電源システムを備える車両の要部を示す概略構成図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 2 に従うコンバータを制御するための制御ブロックを示す図である。

図 9 は、本発明の実施の形態 2 の変形例に従うコンバータを制御するための制御ブロックを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰返さない。

〔実施の形態 1〕

図 1 を参照して、本発明の実施の形態 1 に従う電源システム 1 を備える車両 100 について説明する。本実施の形態 1 においては、負荷装置の一例として、車両 100 の駆動力を発生する駆動力発生部 3 を用いる場合について例示する。そして、車両 100 は、駆動力発生部 3 が電源システム 1 から供給される電力を受

けて発生する駆動力を車輪（図示しない）に伝達することで走行する。

本実施の形態１においては、複数の蓄電部の一例として、２つの蓄電部を備える電源システム１について説明する。電源システム１は、主正母線MPLおよび主負母線MNLを介して、駆動力発生部３との間で直流電力の授受を行なう。

5 駆動力発生部３は、第１インバータINV１と、第２インバータINV２と、第１モータジェネレータMG１と、第２モータジェネレータMG２とを備え、HV_ECU（Hybrid Vehicle Electronic Control Unit）４からのスイッチング指令PWM１，PWM２に応じて駆動力を発生する。

10 インバータINV１，INV２は、主正母線MPLおよび主負母線MNLに対して並列接続され、それぞれ電源システム１との間で電力の授受を行なう。すなわち、インバータINV１，INV２は、それぞれ主正母線MPLおよび主負母線MNLを介して受ける直流電力を交流電力に変換してモータジェネレータMG１，MG２へ供給する。さらに、インバータINV１，INV２は、車両１００の回生制動時などにおいて、車両１００の運動エネルギーを受けてモータジェネレータMG１，MG２が発電する交流電力を直流電力に変換した上で、回生電力として電源システム１へ供給するように構成してもよい。一例として、インバータINV１，INV２は、三相分のスイッチング素子を含むブリッジ回路で構成され、それぞれHV_ECU４から受けたスイッチング指令PWM１，PWM２に応じて、スイッチング（回路開閉）動作を行なうことで、三相交流電力を発生
15
20 する。

モータジェネレータMG１，MG２は、それぞれインバータINV１，INV２から供給される交流電力を受けて回転駆動力を発生可能であるとともに、外部からの回転駆動力を受けて交流電力を発電可能に構成される。一例として、モータジェネレータMG１，MG２は、永久磁石が埋設されたロータを備える三相交流回転電機である。そして、モータジェネレータMG１，MG２は、それぞれ動力伝達機構６と連結され、発生した駆動力を駆動軸８を介して車輪（図示しない）に伝達する。
25

なお、駆動力発生部３がハイブリッド車両に適用される場合には、モータジェネレータMG１，MG２は、動力伝達機構６または駆動軸８を介してエンジン

(図示しない)とも連結される。そして、HV_ECU4によって、エンジンの発生する駆動力とモータジェネレータMG1, MG2の発生する駆動力とが最適な比率となるように制御が実行される。このようなハイブリッド車両に適用される場合には、モータジェネレータMG1をもつばら電動機として機能させ、モータジェネレータMG2をもつばら発電機として機能させることもできる。

HV_ECU4は、予め格納されたプログラムを実行することで、図示しない各センサから送信された信号、走行状況、アクセル開度の変化率、および格納しているマップなどに基づいて、モータジェネレータMG1, MG2のトルク目標値および回転数目標値を算出する。そして、HV_ECU4は、モータジェネレータMG1, MG2の発生トルクおよび回転数がそれぞれ当該算出したトルク目標値および回転数目標値となるように、スイッチング指令PWM1, PWM2を生成して駆動力発生部3へ与える。

また、HV_ECU4は、当該算出したトルク目標値および回転数目標値、もしくは図示しない各種センサにより検出したトルク実績値および回転数実績値に基づいて、モータジェネレータMG1, MG2のそれぞれにおいて生じる逆起電圧値 V_{m1} , V_{m2} を取得し、当該逆起電圧値 V_{m1} , V_{m2} に基づいて決定される電圧要求値 V_{m1}^* , V_{m2}^* を電源システム1へ出力する。すなわち、HV_ECU4は、電源システム1からモータジェネレータMG1, MG2へ電力を供給できるように、逆起電圧値 V_{m1} , V_{m2} より高い電圧値を電圧要求値 V_{m1}^* , V_{m2}^* として決定する。

さらに、HV_ECU4は、上述のトルク目標値と回転数目標値との積、もしくはトルク実績値と回転数実績値との積に基づいて、電力実績 $P1$, $P2$ を取得して電源システム1へ出力する。なお、HV_ECU4は、例えば、電力消費を正值に定め、電力発生を負値に定めるというように電力実績 $P1$, $P2$ の符号を変化させることで、駆動力発生部3における電力需給状態を電源システム1へ知らせる。

一方、電源システム1は、平滑コンデンサCと、供給電流値検出部16と、供給電圧値検出部18と、第1コンバータCONV1と、第2コンバータCONV2と、第1蓄電部BAT1と、第2蓄電部BAT2と、電池電流値検出部10-

1, 10-2と、電池電圧値検出部12-1, 12-2と、電池温度検出部14-1, 14-2と、制御部2とを備える。

平滑コンデンサCは、主正母線MPLと主負母線MNLとの間に接続され、コンバータCONV1, CONV2からの供給電力に含まれる変動成分を低減する。

5 供給電流値検出部16は、主正母線MPLに直列に介挿され、駆動力発生部3への供給電力の供給電流値I_hを検出し、その検出結果を制御部2へ出力する。

供給電圧値検出部18は、主正母線MPLと主負母線MNLとの間に接続され、駆動力発生部3への供給電力の供給電圧値V_hを検出し、その検出結果を制御部2へ出力する。

10 コンバータCONV1, CONV2は、主正母線MPLおよび主負母線MNLに対して並列接続され、それぞれ対応する蓄電部BAT1, BAT2と主正母線MPLおよび主負母線MNLとの間で電圧変換動作を行なう。具体的には、コンバータCONV1, CONV2は、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2の放電電力を目標電圧値まで昇圧して供給電力を生成する。一例として、コンバータCONV1, CONV2は、チョップ回路を含んで構成され、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2の電池容量に応じて、その電圧変換能力（許容変換電力、許容変換電流値および電圧変換可能範囲など）が選定される。具体的には、インダクタの容量やトランジスタの定格電流値などが最適化される。

20 蓄電部BAT1, BAT2は、それぞれコンバータCONV1, CONV2を介して、主正母線MPLおよび主負母線MNLに並列接続される。一例として、蓄電部BAT1, BAT2は、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池などの充放電可能に構成された二次電池からなる。特に、本発明の実施の形態1においては、蓄電部BAT1, BAT2は、互いに異なる電池容量を有する。

25 電池電流値検出部10-1, 10-2は、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2とコンバータCONV1, CONV2とを接続する電力線に介挿され、蓄電部BAT1, BAT2の入出力に係る電池電流値I_{b1}, I_{b2}を検出し、その検出結果を制御部2へ出力する。

電池電圧値検出部12-1, 12-2は、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2とコンバータCONV1, CONV2とを接続する電力線間に接続され、蓄電部

BAT1, BAT2の電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} を検出し、その検出結果を制御部2へ出力する。

5 電池温度検出部14-1, 14-2は、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2を構成する電池セルなどに近接して配置され、蓄電部BAT1, BAT2の内部温度である電池温度 T_{b1} , T_{b2} を検出し、その検出結果を制御部2へ出力する。なお、電池温度検出部14-1, 14-2は、それぞれ蓄電部BAT1, BAT2を構成する複数の電池セルに対応付けて配置された複数の検出素子の検出結果に基づいて、平均化処理などにより代表値を出力するように構成することもできる。

10 制御部2は、HV_ECU4から受けた電圧要求値 V_{m1}^* , V_{m2}^* および電力実績 P_1 , P_2 と、供給電流値検出部16から受けた供給電流値 I_h と、供給電圧値検出部18から受けた供給電圧値 V_h と、電池電流値検出部10-1, 10-2から受けた電池電流値 I_{b1} , I_{b2} と、電池電圧値検出部12-1, 12-2から受けた電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} と、電池温度検出部14-1, 14-2から受けた電池温度 T_{b1} , T_{b2} とに基づいて、後述する制御構造に従ってそれぞれスイッチング指令 PWC_1 , PWC_2 を生成し、コンバータCONV1, CONV2の電圧変換動作を制御する。

20 具体的には、制御部2は、プロセス値の1つである供給電圧値 V_h を目標電圧値 V_h^* とするように電圧変換動作を設定する電圧フィードバック部（メインループ）と、各電池電流値 I_{b1} , I_{b2} を電流目標値 I_{b1}^* , I_{b2}^* とするように電圧変換動作をさせる2つの電流フィードバック部（マイナーループ）とを含む制御系により、デューティ指令 T_{on1} , T_{on2} を生成する。ここで、目標電圧値 V_h^* は、HV_ECU4から受けた電圧要求値 V_{m1}^* , V_{m2}^* に応じて決定される。また、電圧フィードバック部と電流フィードバック部とは、25 カスケード制御を構成し、電流目標値 I_{b1}^* , I_{b2}^* は、それぞれ電圧フィードバック部からの演算結果により決定される。

この2つの電流フィードバック部は、それぞれ比例要素（P : Proportional element）および積分要素（I : Integral element）を含んで構成される。そして、各要素の制御ゲインである比例ゲイン K_p および積分ゲイン T_i は、当該電

流フィードバック部に基準目標値（電流目標値）が与えられた後に、対応のコンバータ CONV 1, CONV 2 における電圧変換動作により生じる電池電流値が基準出力値に到達するまでの時間を互いに略同一とするように、決定される。具体的な一例として、各要素の制御ゲインである比例ゲイン K_p および積分ゲイン T_i は、当該電流フィードバック部と対応のコンバータ CONV 1, CONV 2 とを含む伝達関数が遅れ要素について互いに略一致するように決定される。

さらに、上述の制御系は、それぞれ各蓄電部 BAT 1, BAT 2 の電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} と目標電圧値 V_{h*} との比（電圧変換比）に応じた値を加算する電圧フィードフォワード部を含んで構成される。

10 このように、それぞれ蓄電部 BAT 1, BAT 2 の電池電流値 I_{b1} , I_{b2} を制御する 2 つの電流フィードバック部における制御ゲインを対象プロセスであるコンバータ CONV 1, CONV 2 の応答特性（伝達関数）を含めて決定することにより、電圧変換能力が互いに異なる場合であっても、不要な循環電流を抑制できる。

15 図 1 と本願発明との対応関係については、駆動力発生部 3 が「負荷装置」に相当し、主正母線 MPL および主負母線 MNL が「電力線」に相当し、コンバータ CONV 1, CONV 2 が「複数の電圧変換部」に相当する。そして、電池電流値検出部 10-1, 10-2 が「電池電流値検出部」を相当し、供給電圧値検出部 18 が「供給電圧値検出部」に相当し、電池電圧値検出部 12-1, 12-2
20 が「電池電圧値検出部」に相当する。

図 2 を参照して、本発明の実施の形態 1 に従うコンバータ CONV 1, CONV 2 について説明する。コンバータ CONV 1 は、チョップ回路 40-1 と、平滑コンデンサ C 1 とからなる。

25 チョップ回路 40-1 は、電力を双方向に供給することが可能である。具体的には、チョップ回路 40-1 は、制御部 2（図 1）からのスイッチング指令 PWC_1 に応じて、蓄電部 BAT 1 からの放電電力を昇圧して駆動力発生部 3（図 1）へ供給可能であるとともに、駆動力発生部 3 から受けた回生電力を降圧して蓄電部 BAT 1 へ供給可能である。そして、チョップ回路 40-1 は、それぞれ正母線 LN 1 A と、負母線 LN 1 C と、配線 LN 1 B と、スイッチング素子であ

るトランジスタQ1A、Q1Bと、ダイオードD1A、D1Bと、インダクタL1を含む。

5 正母線LN1Aは、その一方端がトランジスタQ1Aのコレクタに接続され、他方端が主正母線MPLに接続される。また、負母線LN1Cは、その一方端が蓄電部BAT1の負側に接続され、他方端が主負母線MNLに接続される。

トランジスタQ1AおよびQ1Bは、正母線LN1Aと負母線LN1Cとの間に直列に接続される。そして、トランジスタQ1Aのコレクタは正母線LN1Aに接続され、トランジスタQ1Bのエミッタは負母線LN1Cに接続される。また、各トランジスタQ1A、Q1Bのコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオードD1A、D1Bがそれぞれ接続されている。さらに、インダクタL1は、トランジスタQ1AとトランジスタQ1Bとの接続点に接続される。

配線LN1Bは、一方端が蓄電部BAT1の正側に接続され、他方端がインダクタL1に接続される。

15 平滑コンデンサC1は、配線LN1Bと負母線LN1Cとの間に接続され、配線LN1Bと負母線LN1Cとの間の直流電圧に含まれる交流成分を低減する。

以下、コンバータCONV1の電圧変換動作について説明する。昇圧動作時において、制御部2（図1）は、トランジスタQ1Aをオン状態に維持し、かつ、トランジスタQ1Bを所定のデューティ比でオン／オフさせる。トランジスタQ1Bのオン期間においては、蓄電部BAT1から配線LN1B、インダクタL1、トランジスタQ1A、および正母線LN1Aを順に介して、放電電流が主正母線MPLへ流れる。同時に、蓄電部BAT1から配線LN1B、インダクタL1、トランジスタQ1B、および負母線LN1Cを順に介して、ポンプ電流が流れる。インダクタL1は、このポンプ電流により電磁エネルギーを蓄積する。続いて、トランジスタQ1Bがオン状態からオフ状態に遷移すると、インダクタL1は、蓄積した電磁エネルギーを放電電流に重畳する。その結果、コンバータCONV1から主正母線MPLおよび主負母線MNLへ供給される直流電力の平均電圧は、デューティ比に応じてインダクタL1に蓄積される電磁エネルギーに相当する電圧だけ昇圧される。

コンバータ CONV 2 についても上述したコンバータ CONV 1 と同様の構成および動作であるので、詳細な説明は繰返さない。

5 上述したように、コンバータ CONV 1, CONV 2 の電圧変換（昇圧）の能力は、スイッチング動作に伴いインダクタ L_1 , L_2 に蓄積される電磁エネルギーに応じて決定される。そのため、蓄電部 BAT 1, BAT 2 の電池容量に応じて、インダクタ L_1 , L_2 の容量（インダクタンス）およびスイッチング周期が最適に設計される。また、各トランジスタ Q_1A , Q_1B , Q_2A , Q_2B を流れる許容電流値についても、蓄電部 BAT 1, BAT 2 の電池容量（もしくは充放電電力）に応じて、最適に設計される。そのため、蓄電部 BAT 1, BAT 2
10 の電池容量が異なる場合には、必然的にコンバータ CONV 1, CONV 2 を構成する素子の物理定数が異なり、その応答特性も異なってくる。なお、ここでいう応答特性とは、対象プロセスであるコンバータ CONV 1, CONV 2 に対して基準指令を与えたときに、コンバータ CONV 1, CONV 2 の電圧変換動作の結果として現れるプロセス値（電池電流値 I_{b1} , I_{b2} や供給電圧値 V_h など）の時間的変化を含む総称的な意味である。
15

図 3 A, 図 3 B を参照して、電圧変換動作の開始時において蓄電部 BAT 1, BAT 2 間に生じる循環電流を説明する。図 3 A は、電圧変換動作の開始直後におけるコンバータ CONV 1, CONV 2 からの出力電圧値 V_{out1} , V_{out2} の時間的変化を示す。図 3 B は、蓄電部 BAT 1, BAT 2 間に生じる循環電流の概略を示す。
20

制御部 2 は、たとえばイグニッションオン信号（図示しない）を受けると、予め定められた制御演算式に従って、デューティ指令 T_{on1} , T_{on2} の生成を開始する。上述したように、コンバータ CONV 1, CONV 2 を構成するインダクタ L_1 , L_2 の容量が異なる場合には、電圧変換動作（昇圧）に用いられるスイッチング毎の電磁エネルギーが異なる。そのため、過渡状態においては、
25 図 3 A に示すように、各コンバータ CONV 1, CONV 2 の出力電圧値 V_{out1} , V_{out2} の時間的変化は一致しない。

一例として蓄電部 BAT 1, BAT 2 の電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} が初期状態において同一であるとしても、各コンバータ CONV 1, CONV 2 の出力電圧

値 V_{out1} , V_{out2} の応答特性（立上がり時間）の違いにより、過渡的に出力電圧間には電圧差 ΔV が生じ得る。

図 3 B を参照して、コンバータ CONV 1, CONV 2 は互いに並列接続されているので、より高い電圧を発生するコンバータ CONV 1 がその出力電圧値 V_{out1} を供給電圧値 V_h として負荷装置（駆動力発生部 3）へ供給する。同時に、互いの出力電圧値に電圧差 ΔV が生じるコンバータ CONV 1, CONV 2 間には、コンバータ CONV 1 から CONV 2 へ循環電流 I_c が生じる。この循環電流 I_c は、蓄電部 BAT 1 から蓄電部 BAT 2 へ流れるものであり、流れる経路上に存在する抵抗値は小さいので、電圧差 ΔV が比較的小さい場合であっても、循環電流 I_c の値は比較的大きくなる。そのため、蓄電部 BAT 1, BAT 2 が損傷するおそれがある。

そのため、本発明の実施の形態 1 においては、このような循環電流 I_c を抑制するために、コンバータ CONV 1, CONV 2 の応答特性を考慮して、電池電流値 I_{b1} , I_{b2} に係る 2 つの電流フィードバック部における制御ゲインを決定する。すなわち、電流フィードバック部に基準目標値（電流目標値）が与えられた後に、対応のコンバータ CONV 1, CONV 2 における電圧変換動作により生じる電池電流値 I_{b1} , I_{b2} が基準出力値に到達するまでの時間（応答時間）を互いに略同一とすることで、このような循環電流 I_c を抑制する。

図 4 を参照して、本発明の実施の形態 1 に従うコンバータ CONV 1, CONV 2 を制御するための制御ブロック 200 について説明する。制御ブロック 200 は、電圧フィードバック部 50 と、除算部 56-1, 56-2 と、電流フィードバック部 60-1, 60-2 と、電圧フィードフォワード部 70-1, 70-2 と、変調部 (MOD) 58-1, 58-2 とを含む。

電圧フィードバック部 50 は、目標電圧値 V_h^* および供給電圧値 V_h を受け、供給電圧値 V_h を目標電圧値 V_h^* とするように、その電圧偏差に応じた制御出力を与える。ここで、電圧フィードバック部 50 は、当該電圧偏差から所定の定数に乗じて電力偏差を生成し、生成した電力偏差の基づいて、コンバータ CONV 1, CONV 2 の供給電力の目標値である電力目標値 P_b^* を出力する。なお、目標電圧値 V_h^* は、電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} のうち最大の電池電圧値を下回

らないように、すなわち当該最大の電池電圧値が目標電圧値 V_h^* の最低値に維持されるように決定される。これは、制御開始直後において、蓄電部 $BAT1$, $BAT2$ の電池電圧差により生じる循環電流を抑制するためである。

そして、電圧フィードバック部 50 は、減算部 52 と、比例積分部 (PI) 54 とを含む。減算部 52 は、目標電圧値 V_h^* と供給電圧値 V_h との差から電圧偏差を演算し、比例積分部 54 へ出力する。比例積分部 54 は、少なくとも比例要素 (P : proportional element) および積分要素 (I : integral element) を含んで構成され、入力された電圧偏差に応じた制御出力 (電力目標値 P_b^*) を除算部 56-1, 56-2 へ出力する。

10 除算部 56-1, 56-2 は、それぞれ電力目標値 P_b^* を受け、蓄電部 $BAT1$, $BAT2$ の電池電圧値 V_{b1} , V_{b2} で除算して、電流目標値 I_{b1}^* , I_{b2}^* を算出する。そして、除算部 56-1, 56-2 は、算出した電流目標値 I_{b1}^* , I_{b2}^* をそれぞれ電流フィードバック部 60-1, 60-2 へ出力する。

15 電流フィードバック部 60-1 は、電流目標値 I_{b1}^* および電池電流値 I_{b1} を受け、電池電流値 I_{b1} を電流目標値 I_{b1}^* とするように、その電流偏差に応じた制御出力を与える。同様に、電流フィードバック部 60-2 は、電流目標値 I_{b2}^* および電池電流値 I_{b2} を受け、電池電流値 I_{b2} を電流目標値 I_{b2}^* とするように、その電流偏差に応じた制御出力を与える。

20 より具体的には、電流フィードバック部 60-1 は、減算部 62-1 と、比例要素 64-1 と、積分要素 66-1 と、加算部 68-1 とを含む。

減算部 62-1 は、電流目標値 I_{b1}^* と電池電流値 I_{b1} との差から電流偏差を演算し、比例要素 64-1 へ出力する。比例要素 64-1 は、比例ゲイン K_{p1} をもち、減算部 62-1 から受けた出力に比例ゲイン K_{p1} を乗じて、積分要素 66-1 および加算部 68-1 へ出力する。積分要素 66-1 は、積分ゲイン (積分時間もしくはリセットタイム) T_{i1} をもち、比例要素 64-1 から受けた出力を時間的に積分して加算部 68-1 へ出力する。加算部 68-1 は、比例要素 64-1 および積分要素 66-1 から受けた 2 つの出力を加算して、電圧フィードフォワード部 70-1 へ出力する。すなわち、電流フィードバック部 6

0-1から与えられる制御出力は、 $K_{p1} \times (1 + 1/s T_{i1}) \times (I_{b1}^* - I_{b1})$ となる。なお、「s」は、ラプラス変数である。

一方、電流フィードバック部60-2は、減算部62-2と、比例要素64-2と、積分要素66-2と、加算部68-2とを含む。そして、比例要素64-2が比例ゲイン K_{p2} をもち、積分要素66-2が積分ゲイン T_{i2} をもつ点を除いては、上述の電流フィードバック部60-1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

電圧フィードフォワード部70-1は、電流フィードバック部60-1から受けた制御出力の符号を反転させた後、電池電圧値 V_{b1} /目標電圧値 V_h^* を加算して、デューティ指令 T_{on1} を出力する。同様に、電圧フィードフォワード部70-2は、電流フィードバック部60-2から受けた制御出力の符号を反転させた後、電池電圧値 V_{b2} /目標電圧値 V_h^* を加算して、デューティ指令 T_{on2} を出力する。なお、電池電圧値 V_{b1} /目標電圧値 V_h^* 、および電池電圧値 V_{b2} /目標電圧値 V_h^* は、それぞれコンバータCONV1, CONV2における理論昇圧比の逆数に相当する。

より具体的には、電圧フィードフォワード部70-1は、除算部74-1と、減算部72-1とを含む。除算部74-1は、蓄電部BAT1の電池電圧値 V_{b1} を目標電圧値 V_h^* で除算し、その除算結果を減算部72-1へ出力する。減算部72-1は、電流フィードバック部60-1から受けた制御出力の符号を反転させ、除算部74-1から受けた除算結果を加算して、変調部58-1へ出力する。

一方、電圧フィードフォワード部70-2は、除算部74-2と、減算部72-2とを含み、その動作は、電圧フィードフォワード部70-1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

変調部58-1は、電圧フィードフォワード部70-1から受けたデューティ指令 T_{on1} と、図示しない発振部が発生する搬送波（キャリア波）とを比較して、スイッチング指令PWC1を生成する。同様に、変調部58-2は、電圧フィードフォワード部70-2から受けたデューティ指令 T_{on2} と、図示しない発振部が発生する搬送波（キャリア波）とを比較して、スイッチング指令P

WC 2を生成する。なお、デューティー指令 T_{on1} 、 T_{on2} は、それぞれコンバータCONV1、CONV2のトランジスタ $Q1B$ 、 $Q2B$ （図2）のオン・デューティーを規定する制御指令であり、コンバータCONV1、CONV2の昇圧比を決定する。

5 なお、図4に示す制御ブロック200は、各ブロックに相当する回路を含むように制御部2を構成することにより実現することもできるが、多くの場合、制御部2が予め設定されたプログラムに従って処理ルーチンを実行することで実現される。

10 以下、図4および図5を参照して、上述の電流フィードバック部60-1、60-2を構成する比例要素64-1、64-2および積分要素66-1、66-2における制御ゲインの決定方法について詳述する。

15 デューティー指令 T_{on1} 、 T_{on2} の生成に共通する電圧フィードバック部50については、コンバータCONV1、CONV2の別に制御ゲインを選択することはできない。また、電圧フィードフォワード部70-1、70-2については、制御開始時の初期値を決定できるものの、過渡的な動作に影響を与えない。

20 したがって、応答特性が互いに異なるコンバータCONV1、CONV2における過渡的な変化を一致させるためには、デューティー指令 T_{on1} 、 T_{on2} を時間的に変化させる電流フィードバック部60-1、60-2の制御ゲインを適切に選択する必要がある。すなわち、電流フィードバック部60-1、60-2およびコンバータCONV1、CONV2のみを考慮して制御ゲインを決定できる。

25 コンバータCONV1、CONV2に対して、デューティー指令 T_{on1} 、 T_{on2} を入力とし、電池電流値 I_{b1} 、 I_{b2} を出力とする制御モデル76-1、76-2の伝達関数をそれぞれ $P1(s)$ 、 $P2(s)$ とすると、電流フィードバック部60-1、60-2およびコンバータCONV1、CONV2を考慮した制御系は図5のように表される。

 そして、各制御系において、入力を $X1(s)$ 、 $X2(s)$ とし、出力を $Y1(s)$ 、 $Y2(s)$ とした場合における伝達関数 $G1(s)$ 、 $G2(s)$ は、以下のように表される。

$$G_1(s) = Y_1(s) / X_1(s) = K_{p1} \times (1 + 1/s T_{i1}) \times P_1(s)$$

$$G_2(s) = Y_2(s) / X_2(s) = K_{p2} \times (1 + 1/s T_{i2}) \times P_2(s)$$

5 なお、制御モデル 76-1, 76-2 は、チョッパ回路 40-1, 40-2 (図 2) の各素子の物理定数、変調部 58-1, 58-2 (図 3) のスイッチング周期、および電池電流値検出部 10-1, 10-2 (図 1) における検出遅れなどに基づいてモデル化できる。

10 さらに、上述の伝達関数 $G_1(s)$, $G_2(s)$ が遅れ要素について互いに略一致するように制御ゲイン (比例ゲイン K_{p1} , K_{p2} および積分ゲイン T_{i1} , T_{i2}) が決定される。具体的には、

$$G_1(s) \doteq \alpha \times G_2(s)、すなわち$$

$$K_{p1} \times (1 + 1/s T_{i1}) \times P_1(s) \doteq \alpha \times K_{p2} \times (1 + 1/s T_{i2}) \times P_2(s) \quad (\alpha: \text{換算定数})$$

15 が成立するように、制御ゲインが決定される。特に、遅れ要素である $1/s$ (もしくは、 $1/s^2$, $\dots$, $1/s^n$) に係る項の係数がそれぞれ互いに略一致するように制御ゲインが決定される。

20 なお、換算定数 α は、蓄電部 BAT1, BAT2 からコンバータ CONV1, CONV2 へ流れる電池電流値 I_{b1} , I_{b2} の定格値の差異を補償 (規格化) するための値であり、電池電流値 I_{b1} , I_{b2} の定格値の比に相当する。

すなわち、定格値で規格化された目標値 (0~100%) を入力とした場合の伝達関数 $P_{s1}(s)$, $P_{s2}(s)$ を用いた場合には、

$$K_{p1} \times (1 + 1/s T_{i1}) \times P_{s1}(s) \doteq K_{p2} \times (1 + 1/s T_{i2}) \times P_{s2}(s)$$

25 が成立するように、制御ゲインが決定される。

このように決定した制御ゲインを用いることで、たとえば、基準目標値としてステップ入力 (定格値の 100%) を入力 $X_1(s)$ および $X_2(s)$ に与えた後、伝達関数 $G_1(s)$, $G_2(s)$ の時間領域における出力値 (電池電流値 I_{b1} , I_{b2}) が基準出力値 (たとえば、定格値の 63%) に到達するまでの時

間を互いに略一致することができる。このように、入力 $X_1(s)$ および $X_2(s)$ に対する伝達関数 $G_1(s)$ 、 $G_2(s)$ の時間領域における応答特性を略一致させることで、コンバータ $CONV_1$ 、 $CONV_2$ 間の過渡的な電圧差の発生などを回避できる。

- 5 なお、上述の説明においては、帰還経路に何らかのゲイン要素も挿入されていないフィードバック制御系に対して、開ループ伝達関数を略一致させるように制御ゲインを決定する方法について説明した。しかしながら、対象とするフィードバック制御系の帰還経路に何らかのゲイン要素が挿入されているような場合には、閉ループ伝達関数（一巡伝達関数）を略一致させるように制御ゲインを決定して
- 10 もよい。

- 本発明の実施の形態 1 によれば、電流フィードバック部と対応のコンバータとを含む伝達関数が遅れ要素について他の伝達関数と略一致するように、電流フィードバック部における制御ゲインが決定される。これにより、各コンバータの過渡時の応答特性を決定する電流フィードバック部が、各コンバータの応答特性の
- 15 差異を補償するように実行されるので、各コンバータの出力電圧の応答特性は略一致する。したがって、制御開始直後などの過渡時におけるコンバータ間の電圧差の発生を回避でき、コンバータを介して流れる蓄電部間の循環電流を抑制できる。よって、電圧変換能力が互いに異なる複数のコンバータ間において生じる不要な循環電流を抑制し、蓄電部の損傷を回避する電源システムおよび当該電源シ
- 20 ステムを備えた車両を実現できる。

（変形例）

- 本発明の実施の形態 1 においては、電圧フィードバック部をメジャーループとして含み、電流フィードバック部をマイナーループとして含む制御系により、コンバータ $CONV_1$ 、 $CONV_2$ を制御する構成について説明した。一方、本発明の実施の形態 1 の変形例においては、フィードバックループとして電圧フィードバック部のみを含む制御系により、コンバータ $CONV_1$ 、 $CONV_2$ を制御する構成について説明する。
- 25 対象となる電源システムについては、図 1 に示す電源システム 1 と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

図6を参照して、本発明の実施の形態1の変形例に従うコンバータCONV1, CONV2を制御するための制御ブロック202を説明する。制御ブロック202は、図4に示す制御ブロック200において、電圧フィードバック部50と、除算部56-1, 56-2と、電流フィードバック部60-1, 60-2に代えて、電圧フィードバック部80-1, 80-2を配置したものである。

電圧フィードバック部80-1, 80-2は、それぞれ目標電圧値 V_h^* および供給電圧値 V_h を受け、供給電圧値 V_h を目標電圧値 V_h^* とするように、その電圧偏差に応じた制御出力を与える。具体的には、電圧フィードバック部80-1は、減算部82-1と、比例要素84-1と、積分要素86-1と、加算部88-1とを含む。

減算部82-1は、目標電圧値 V_h^* と供給電圧値 V_h との差から電圧偏差を演算し、比例要素84-1へ出力する。比例要素84-1は、比例ゲイン $\#K_{p1}$ をもち、減算部82-1から受けた出力に比例ゲイン $\#K_{p1}$ を乗じて、積分要素86-1および加算部88-1へ出力する。積分要素86-1は、積分ゲイン（積分時間もしくはリセットタイム） $\#T_{i1}$ をもち、比例要素84-1から受けた出力を時間的に積分して加算部88-1へ出力する。加算部88-1は、比例要素84-1および積分要素86-1から受けた2つの出力を加算して、電圧フィードフォワード部70-1へ出力する。すなわち、電圧フィードバック部80-1から与えられる制御出力は、 $\#K_{p1} \times (1 + 1/s \#T_{i1}) \times (V_h^* - V_h)$ となる。なお、「 s 」は、ラプラス変数である。

同様に、電圧フィードバック部80-2は、減算部82-2と、比例要素84-2と、積分要素86-2と、加算部88-2とを含む。そして、比例要素84-2が比例ゲイン $\#K_{p2}$ をもち、積分要素86-2が積分ゲイン $\#T_{i2}$ をもつ点を除いては、上述の電圧フィードバック部80-1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

その他については、上述した本発明の実施の形態1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

そして、上述の本発明の実施の形態1と同様に、電圧フィードバック部80-1, 80-2の制御ゲイン（比例ゲイン $\#K_{p1}$, $\#K_{p2}$ および積分ゲイン $\#$

T_{i1} , $\#T_{i2}$) が決定される。すなわち、電圧フィードバック部 80-1, 80-2 の制御ゲインは、電圧フィードバック部 80-1, 80-2 と、コンバータ CONV1, CONV2 とを含む伝達関数が遅れ要素について他の伝達関数と略一致するように決定される。

- 5 なお、本発明の実施の形態 1 の変形例においては、供給電圧値 V_h に関するフィードバックループが構成されるので、コンバータ CONV1, CONV2 をモデル化した伝達関数 $\#P1(s)$, $\#P2(s)$ は、デューティ指令 T_{on1} , T_{on2} を入力とし、供給電圧値 V_h を出力とするように決定される。

10 その他については、本発明の実施の形態 1 と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

 本発明の実施の形態 1 の変形例によれば、本発明の実施の形態 1 における効果に加えて、単一のフィードバックループで構成されるので、制御構造を簡素化できる。

〔実施の形態 2〕

- 15 本発明は、上述した 2 つの蓄電部からなる電源システムに加えて、3 個以上の蓄電部からなる電源システムについても適用できる。

 図 7 を参照して、本発明の実施の形態 2 に従う電源システム 1 # を備える車両 100 # について説明する。車両 100 # は、図 1 に示す車両 100 において電源システム 1 に代えて電源システム 1 # を配置したものである。20 駆動力発生部 3 についての詳細な説明は繰返さない。本発明の実施の形態 2 においては、N 個の蓄電部を備える電源システム 1 # について説明する。

 電源システム 1 # は、図 1 に示す電源システム 1 において、コンバータ CONV1, CONV2 と、蓄電部 BAT1, BAT2 と、電池電流値検出部 10-1, 10-2 と、電池電圧値検出部 12-1, 12-2 と、電池温度検出部 14-1, 14-2 とに代えて、コンバータ CONV1, CONV2, ..., CONVN と、蓄電部 BAT1, BAT2, ..., BATN と、電池電流値検出部 10-1, 10-2, ..., 10-N と、電池電圧値検出部 12-1, 12-2, ..., 12-N と、電池温度検出部 14-1, 14-2, ..., 14-N とを配置し、さらに、制御部 2 に代えて、制御部 2 # を配置したものである。

コンバータCONV1～CONVNは、主正母線MPLおよび主負母線MNLに対して並列接続され、それぞれ対応の蓄電部BAT1～BATNと主正母線MPLおよび主負母線MNLとの間で電圧変換動作を行なう。

5 蓄電部BAT1～BATNは、それぞれコンバータCONV1～CONVNを介して、主正母線MPLおよび主負母線MNLに並列接続される。特に、この発明の実施の形態2においては、蓄電部BAT1～BATNの少なくとも1つは、他の蓄電部と異なる電池容量を有する。

10 電池電流値検出部10-1～10-N、電池電圧値検出部12-1～12-N、および電池温度検出部14-1～14-Nは、それぞれ蓄電部BAT1～BATNと対応付けて配置される。

制御部2#は、プロセス値の1つである供給電圧値Vhを目標電圧値Vh*とするように電圧変換動作を設定する電圧フィードバック部（メインループ）と、各電池電流値Ib1～IbNを電流目標値Ib1*～IbN*とするように電圧変換動作をさせるN個の電流フィードバック部（マイナーループ）とを含む制御系により、デューティ指令Ton1～TonNを生成する。ここで、目標電圧値Vh*は、HV_ECU4から受けた電圧要求値Vm1*、Vm2*に応じて決定される。また、電圧フィードバック部と電流フィードバック部とは、カスケード制御を構成し、電流目標値Ib1*～IbN*は、それぞれ電圧フィードバック部からの演算結果により決定される。

20 このN個の電流フィードバック部は、それぞれ比例要素（P：Proportional element）および積分要素（I：Integral element）を含んで構成される。そして、各要素の制御ゲインである比例ゲインKpおよび積分ゲインTiは、当該電流フィードバック部に基準目標値（電流目標値）が与えられた後に、対応のコンバータCONV1～CONVNにおける電圧変換動作により生じる電池電流値が基準出力値に到達するまでの時間を互いに略同一とするように、決定される。具体的な一例として、各要素の制御ゲインである比例ゲインKpおよび積分ゲインTiは、当該電流フィードバック部と対応のコンバータCONV1～CONVNとを含む伝達関数が遅れ要素について互いに略一致するように決定される。

さらに、上述の制御系は、それぞれ各蓄電部BAT1～BATNの電池電圧値

$V_{b1} \sim V_{bN}$ と目標電圧値 V_{h*} との比（電圧変換比）に応じた値を加算する電圧フィードフォワード部を含んで構成される。

その他については、上述した本発明の実施の形態1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

5 図7と本願発明との対応関係については、駆動力発生部3が「負荷装置」に相当し、主正母線MPLおよび主負母線MNLが「電力線」に相当し、コンバータ $CONV1 \sim CONV_N$ が「複数の電圧変換部」に相当する。そして、電池電流値検出部10-1～10-Nが「電池電流値検出部」を実現し、供給電圧値検出部18が「供給電圧値検出部」を実現し、電池電圧値検出部12-1～12-N
10 が「電池電圧値検出部」を実現する。

図8を参照して、本発明の実施の形態2に従うコンバータ $CONV1 \sim CONV_N$ を制御するための制御ブロック200#について説明する。制御ブロック200#は、図4に示す制御ブロック200を拡張したものであり、制御ブロック200において、除算部56-1, 56-2と、電流フィードバック部60-1,
15 60-2と、電圧フィードフォワード部70-1, 70-2と、変調部(MOD)58-1, 58-2とに代えて、除算部56-1～56-Nと、電流フィードバック部60-1～60-Nと、電圧フィードフォワード部70-1～70-Nと、変調部(MOD)58-1～58-Nとを配置したものである。その他については、制御ブロック200と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

20 そして、上述の本発明の実施の形態1と同様に、電流フィードバック部60-1～60-Nの制御ゲイン（比例ゲイン $K_{p1} \sim K_{pN}$ および積分ゲイン $T_{i1} \sim T_{iN}$ ）がそれぞれ決定される。すなわち、電流フィードバック部60-1～60-Nの制御ゲインは、それぞれ電流フィードバック部60-1～60-Nの制御ゲインと、コンバータ $CONV1 \sim CONV_N$ とを含む伝達関数が遅れ要素
25 について他の伝達関数と互いに略一致するように決定される。

その他については、本発明の実施の形態1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

本発明の実施の形態2によれば、3台以上のコンバータおよび蓄電部から構成される場合であっても、本発明の実施の形態1における効果と同様の効果を発揮

させることができる。これにより、負荷装置の電力要求値に応じて、コンバータおよび蓄電部の数を比較的自由に設計することができる。よって、さまざまな大きさおよび種類の負荷装置に対して電力供給できる電源システムおよび当該電源システムを備えた車両を実現できる。

5 (変形例)

本発明の実施の形態1の変形例と同様に、フィードバックループとして電圧フィードバック部のみを含む制御系により、コンバータCONV1～CONVNを制御する構成について説明する。

10 対象となる電源システムについては、図7に示す電源システム1#と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

図9を参照して、本発明の実施の形態2の変形例に従うコンバータCONV1～CONVNを制御するための制御ブロック202#を説明する。制御ブロック202#は、図6に示す制御ブロック202を拡張したものであり、制御ブロック202において、電圧フィードバック部80-1, 80-2と、電圧フィード
15 フォワード部70-1, 70-2と、変調部(MOD)58-1, 58-2とに代えて、電圧フィードバック部80-1～80-Nと、電圧フィードフォワード部70-1～70-Nと、変調部(MOD)58-1～58-Nとを配置したものである。その他については、制御ブロック202と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

20 そして、上述の本発明の実施の形態1の変形例と同様に、電圧フィードバック部80-1～80-Nの制御ゲイン(比例ゲイン#Kp1～#KpNおよび積分ゲイン#Ti1～#TiN)がそれぞれ決定される。すなわち、電圧フィードバック部80-1～80-Nの制御ゲインは、それぞれ電圧フィードバック部80-1～80-Nの制御ゲインと、コンバータCONV1～CONVNとを含む伝
25 達関数が遅れ要素について他の伝達関数と互いに略一致するように決定される。

その他については、本発明の実施の形態1の変形例と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

本発明の実施の形態2の変形例によれば、本発明の実施の形態2の効果に加えて、単一のフィードバックループで構成されるので、制御構造を簡素化できる。

5 なお、本発明の実施の形態 1 および 2 ならびにそれらの変形例においては、負荷装置の一例として、2つのモータジェネレータを含む駆動力発生部を用いる構成について説明したが、モータジェネレータの数は制限されない。さらに、負荷装置としては、車両の駆動力を発生する駆動力発生部に限らず、電力消費のみを行なう装置および電力消費および発電の両方が可能な装置のいずれにも適用することができる。

10 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

請求の範囲

1. 各々が充放電可能に構成された複数の蓄電部を有する電源システムであって、

5 負荷装置と前記電源システムとの間で電力を授受可能に構成された電力線と、
前記複数の蓄電部と前記電力線との間にそれぞれ設けられ、各々が対応の前記蓄電部と前記電力線との間で電圧変換動作を行なう複数の電圧変換部とを備え、
前記複数の電圧変換部の少なくとも1つは、他の電圧変換部と異なる電圧変換能力を有し、

10 前記複数の電圧変換部の各々は、前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値を所定の目標値とするように前記電圧変換動作を行なう第1のフィードバック部を含む制御系により制御され、

前記第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間が、他の第1のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように決定される、電源システム。

20 2. 前記第1のフィードバック部における制御ゲインは、当該第1のフィードバック部と対応の電圧変換部とを含む伝達関数が遅れ要素について、他の第1のフィードバック部と対応の他の電圧変換部とを含む伝達関数と略一致するように決定される、請求の範囲第1項に記載の電源システム。

3. 前記電源システムは、前記複数の蓄電部のそれぞれについての電池電流値を検出する電池電流値検出部をさらに備え、

25 前記複数の電圧変換部の各々は、対応の蓄電部の電池電流値を目標電流値とするように制御される、請求の範囲第1項に記載の電源システム。

4. 前記電源システムは、前記電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、

前記目標電流値は、前記供給電圧値検出部によって検出された前記電力線上の

電圧値を目標電圧値とするように前記電圧変換動作を設定する第2のフィードバック部によって決定される、請求の範囲第3項に記載の電源システム。

5 5. 前記複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と前記目標電圧値との比に応じた値を前記第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む、請求の範囲第4項に記載の電源システム。

6. 前記電源システムは、前記電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、

10 前記複数の電圧変換部の各々は、前記供給電圧値検出部によって検出された前記電力線上の電圧値を目標電圧値とするように制御される、請求の範囲第1項に記載の電源システム。

15 7. 前記複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と前記目標電圧値との比に応じた値を前記第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む、請求の範囲第6項に記載の電源システム。

8. 前記複数の電圧変換部の各々は、チョッパ回路を含んで構成される、請求の範囲第1項に記載の電源システム。

20 9. 各々が充放電可能に構成された複数の蓄電部を有する電源システムと、前記電源システムから供給される電力を受けて駆動力を発生する駆動力発生部とを備える車両であって、

前記電源システムは、

前記駆動力発生部と前記電源システムとの間で電力を授受可能に構成された電力線と、

25 前記複数の蓄電部と前記電力線との間にそれぞれ設けられ、各々が対応の前記蓄電部と前記電力線との間で電圧変換動作を行なう複数の電圧変換部とを含み、

前記複数の電圧変換部の少なくとも1つは、他の電圧変換部と異なる電圧変換能力を有し、

前記複数の電圧変換部の各々は、前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値を所定の目標値とするように前記電圧変換動作を行なう第1のフィードバ

ック部を含む制御系により制御され、

前記第 1 のフィードバック部における制御ゲインは、当該第 1 のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の電圧変換部における前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間が、他の第 1 のフィードバック部に基準目標値が与えられた後に対応の他の電圧変換部における前記電圧変換動作により生じる電流値または電圧値が基準出力値に到達するまでの時間と略一致するように決定される、車両。

10. 前記駆動力発生部は、

前記電源システムから供給される電力を変換可能に構成された少なくとも 1 つの電力変換部と、

対応の前記電力変換部と接続され、前記駆動力を発生可能に構成された少なくとも 1 つの回転電機とを含む、請求の範囲第 9 項に記載の車両。

11. 前記第 1 のフィードバック部における制御ゲインは、当該第 1 のフィードバック部と対応の電圧変換部とを含む伝達関数が遅れ要素について、他の第 1 のフィードバック部と対応の他の電圧変換部とを含む伝達関数と略一致するように決定される、請求の範囲第 9 項に記載の車両。

12. 前記電源システムは、前記複数の蓄電部のそれぞれについての電池電流値を検出する電池電流値検出部をさらに備え、

前記複数の電圧変換部の各々は、対応の蓄電部の電池電流値を目標電流値とするように制御される、請求の範囲第 9 項に記載の車両。

13. 前記電源システムは、前記電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、

前記目標電流値は、前記供給電圧値検出部によって検出された前記電力線上の電圧値を目標電圧値とするように前記電圧変換動作を設定する第 2 のフィードバック部によって決定される、請求の範囲第 12 項に記載の車両。

14. 前記複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と前記目標電圧値との比に応じた値を前記第 1 のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む、請求の範囲第 13 項に記載の車両。

15. 前記電源システムは、前記電力線上の電圧値を検出する供給電圧値検出部をさらに備え、

5 前記複数の電圧変換部の各々は、前記供給電圧値検出部によって検出された前記電力線上の電圧値を目標電圧値とするように制御される、請求の範囲第9項に記載の車両。

16. 前記複数の電圧変換部の各々を制御するための制御系は、対応の蓄電部についての電池電圧値と前記目標電圧値との比に応じた値を前記第1のフィードバック部における出力に反映する電圧フィードフォワード部を含む、請求の範囲第15項に記載の車両。

10 17. 前記複数の電圧変換部の各々は、チョッパ回路を含んで構成される、請求の範囲第9項に記載の車両。

FIG.1

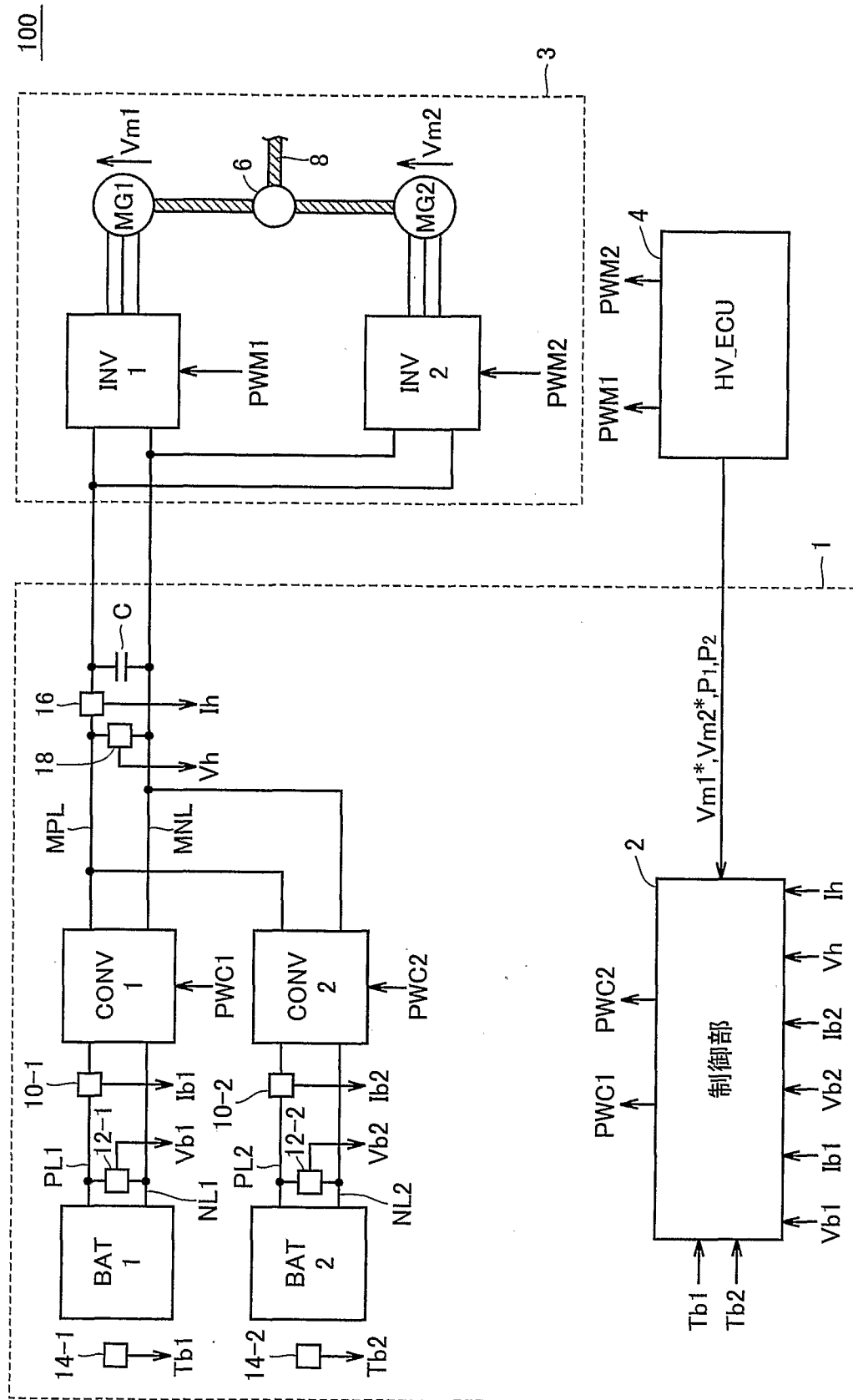


FIG.2

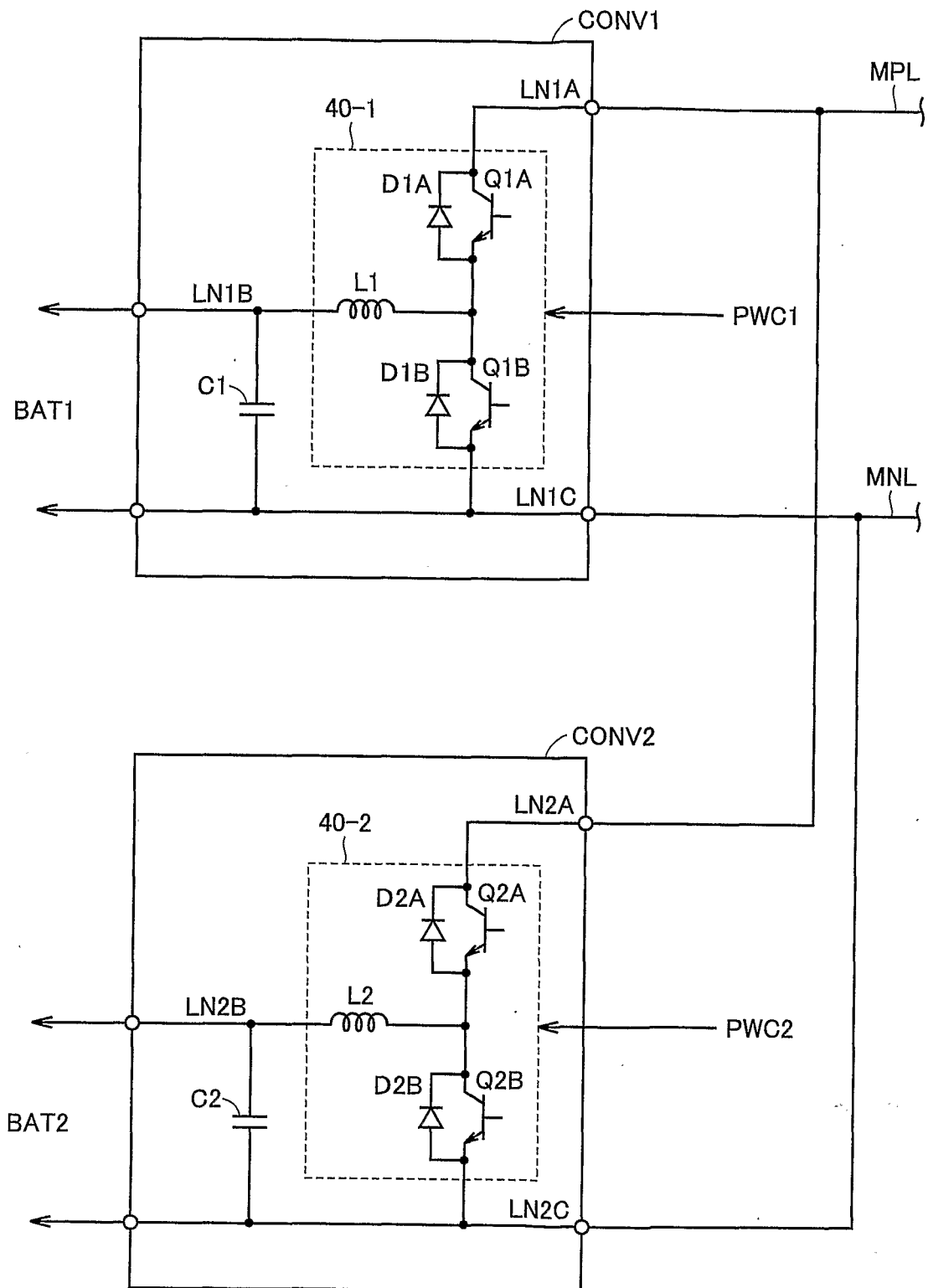


FIG.3A

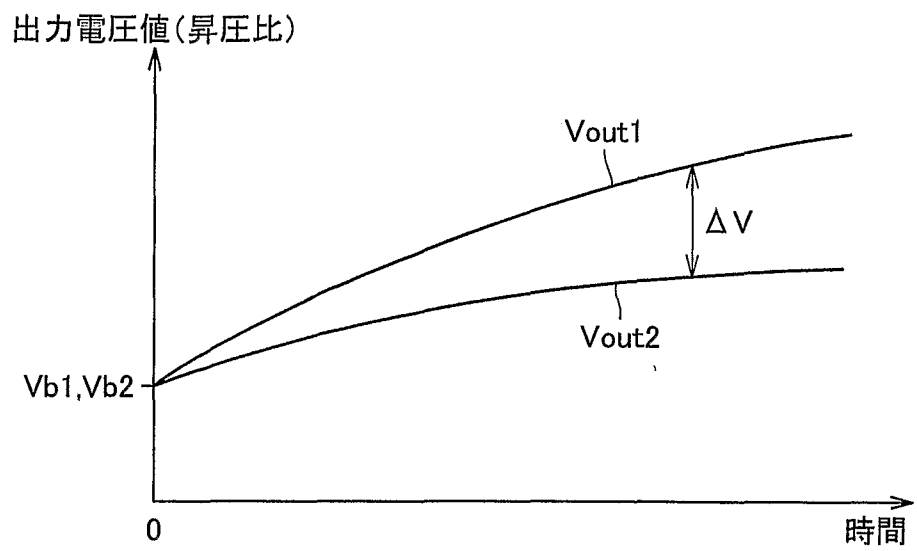


FIG.3B

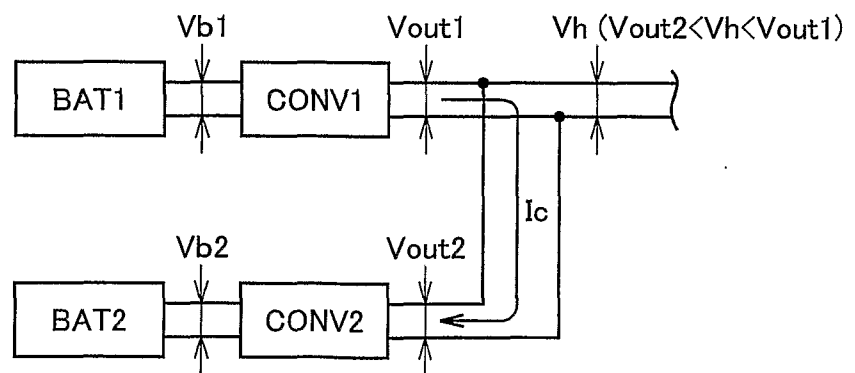


FIG.4

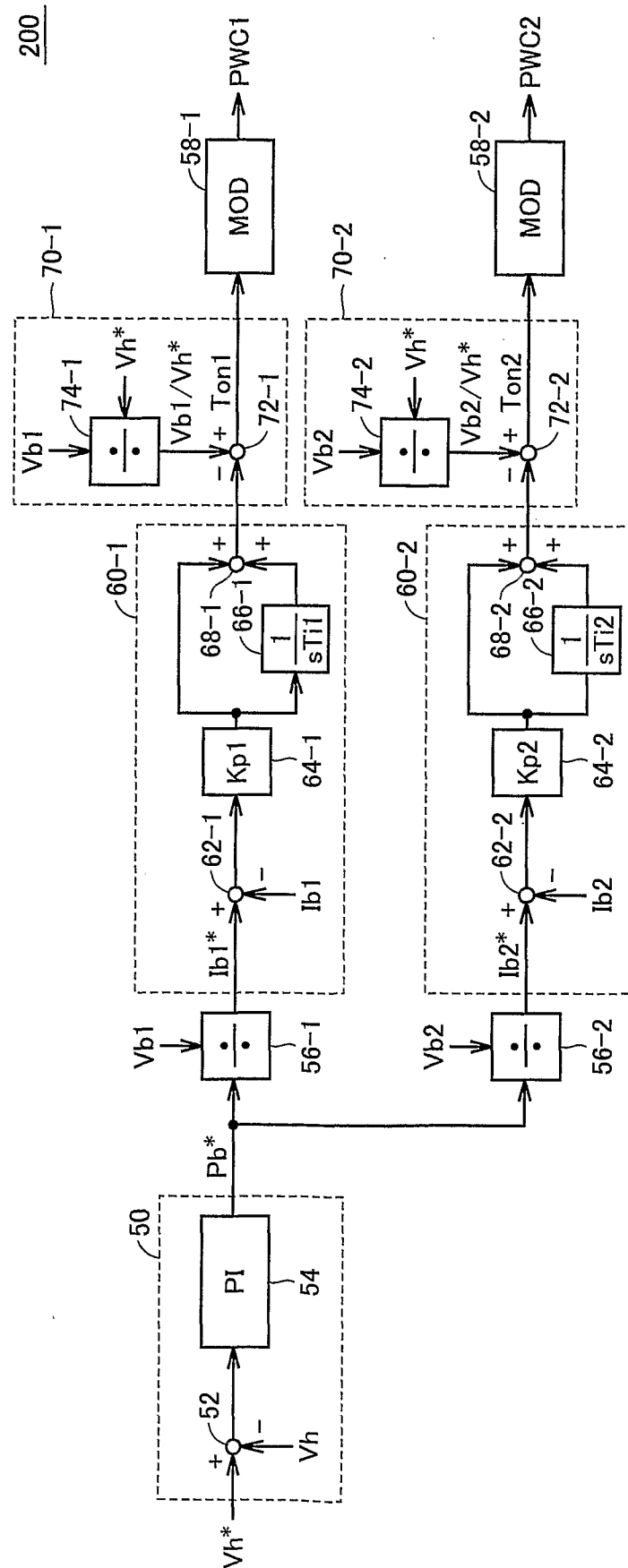


FIG.5

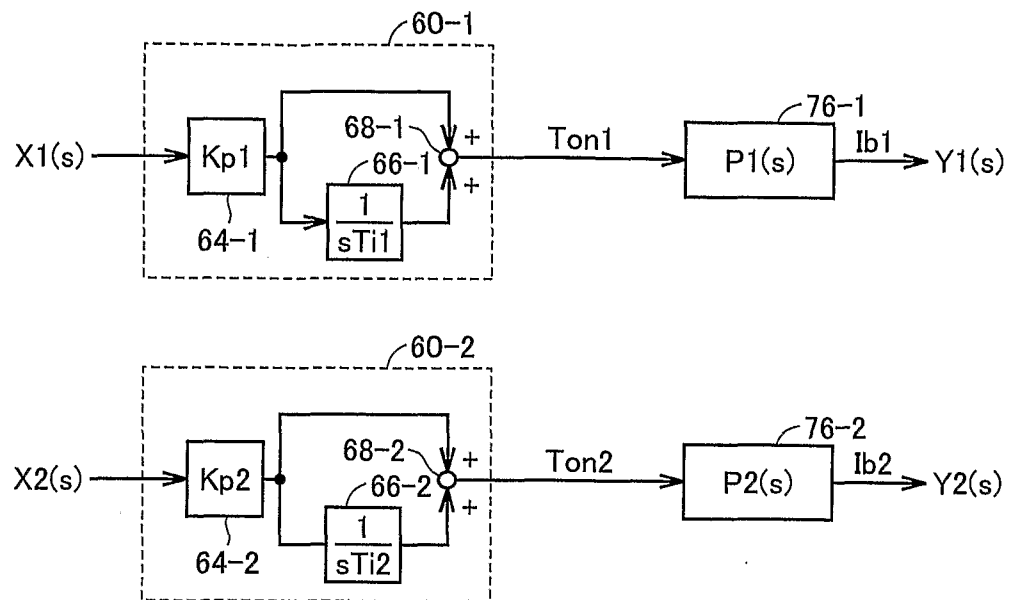


FIG.6

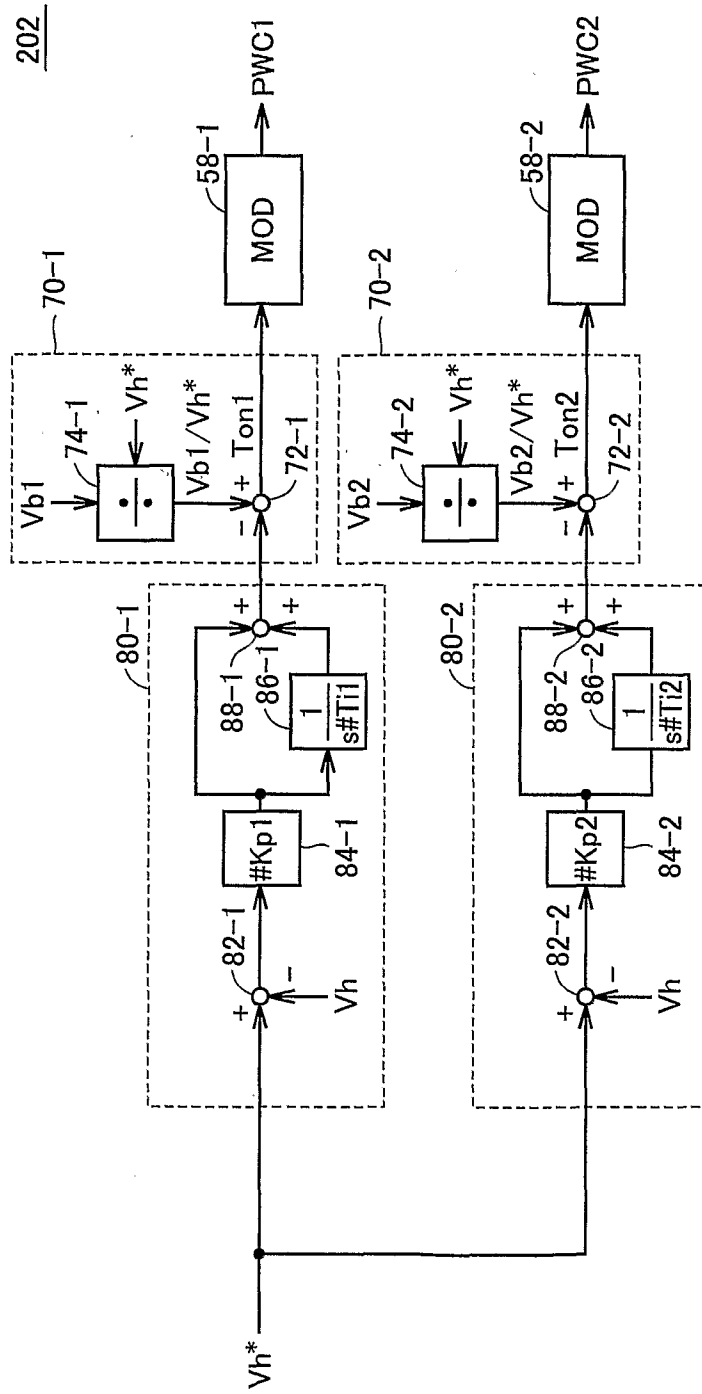


FIG.7

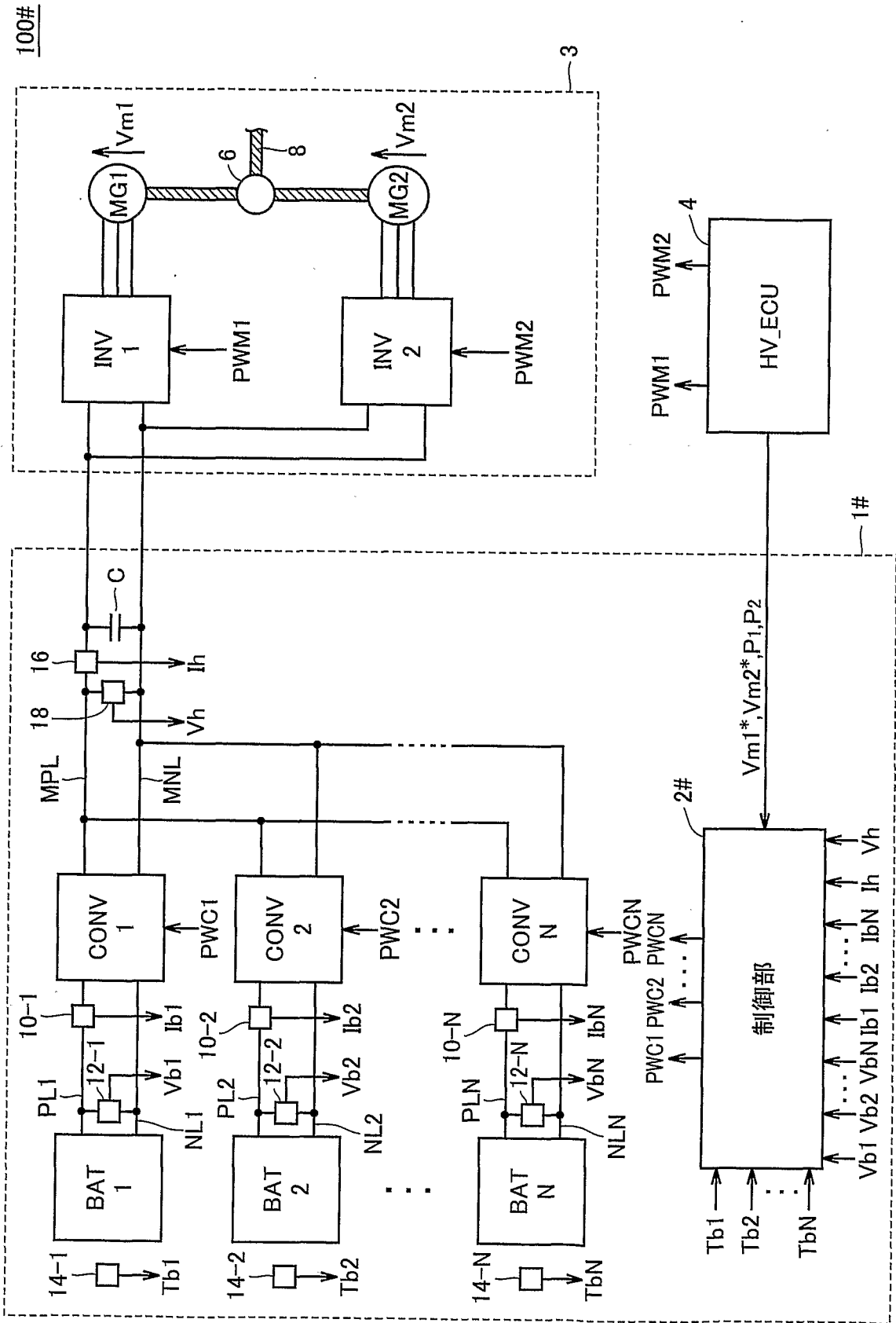


FIG.8

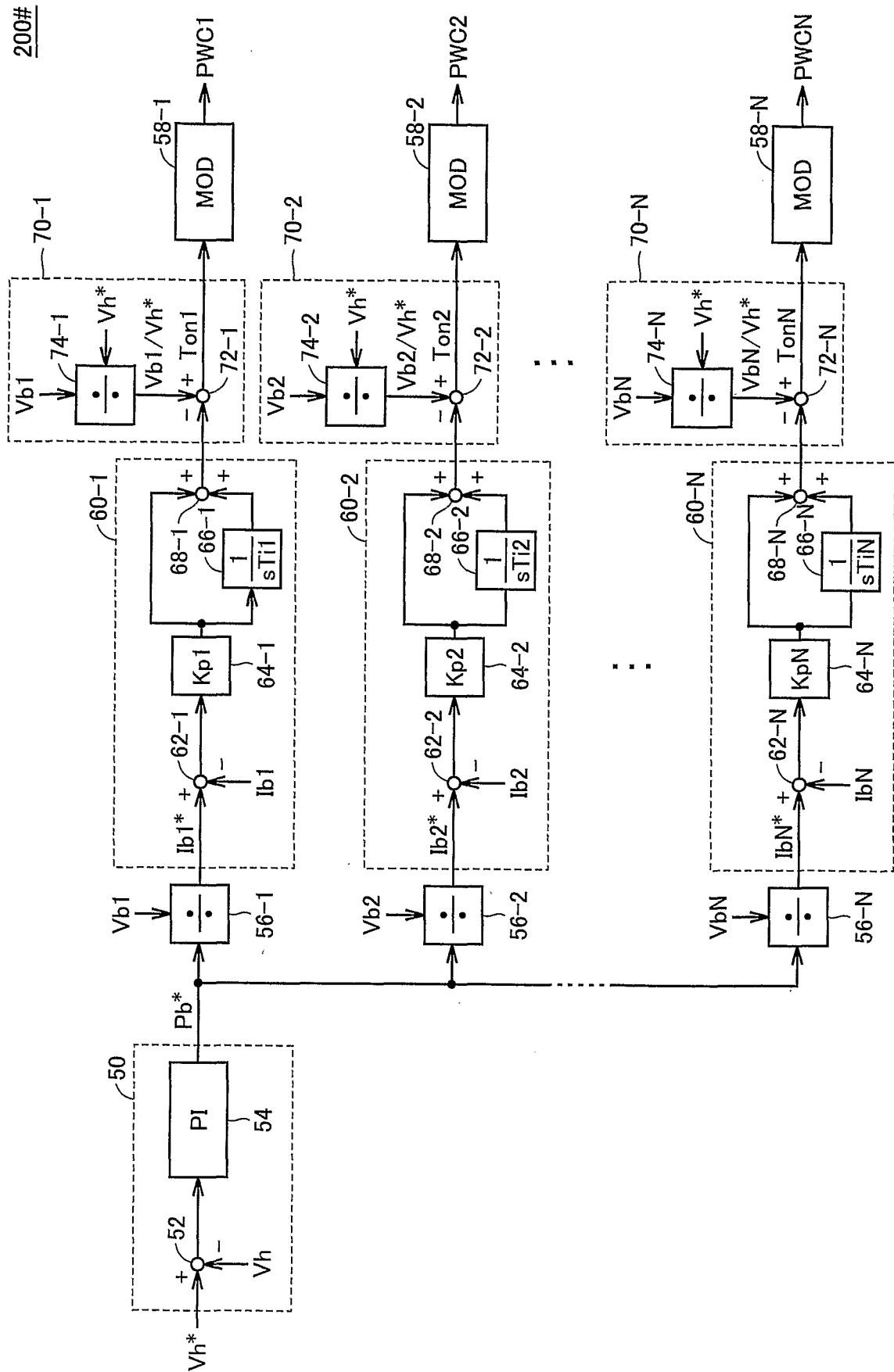
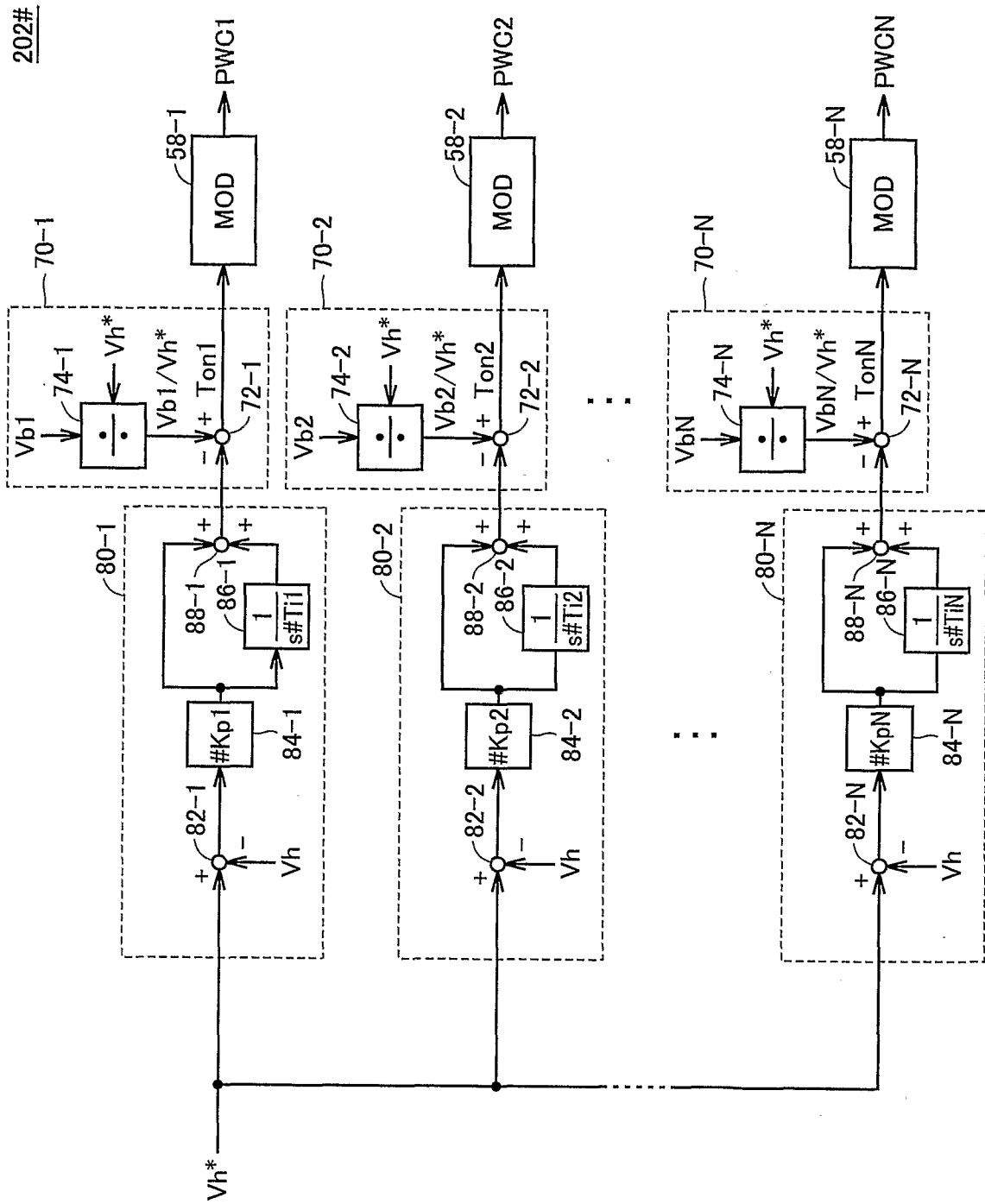


FIG.9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/058687

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M3/155(2006.01)i, B60L3/00(2006.01)i, H01M10/44(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M3/155, B60L3/00, H01M10/44, H02J7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-209969 A (General Motors Corp.), 25 July, 2003 (25.07.03), Par. Nos. [0010] to [0023]; Figs. 1 to 2 & US 2003/0107352 A1	1-17
Y	JP 2001-197732 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 19 July, 2001 (19.07.01), Claim 1; Par. Nos. [0016] to [0021]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-17
Y	JP 11-155233 A (Advantest Corp.), 08 June, 1999 (08.06.99), Par. No. [0018] (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 July, 2007 (04.07.07)

Date of mailing of the international search report
17 July, 2007 (17.07.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/058687

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 2003-324989 A (Toyoda Machine Works, Ltd.), 14 November, 2003 (14.11.03), Par. Nos. [0042] to [0056]; Fig. 4 (Family: none)	5, 7, 14, 16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02M3/155(2006.01)i, B60L3/00(2006.01)i, H01M10/44(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)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（I P C））

Int.Cl. H02M3/155, B60L3/00, H01M10/44, H02J7/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 年

国際調査で使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 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-209969 A（ゼネラル・モーターズ・コーポレーション） 2003.07.25, 段落【0010】－【0023】, 図1－2 & US 2003/0107352 A1	1-17
Y	JP 2001-197732 A（富士電機株式会社）2001.07.19, 【請求項1】, 段落【0016】－【0021】, 図1－2 （ファミリーなし）	1-17

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

の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

0 4 . 0 7 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 7 . 2 0 0 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

安池 一貴

3 V

9 1 5 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

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 請求の範囲の番号
Y	JP 11-155233 A (株式会社アドバンテスト) 1999. 06. 08, 段落【0018】(ファミリーなし)	1-17
Y	JP 2003-324989 A (豊田工機株式会社) 2003. 11. 14, 段落【0042】－【0056】, 図4 (ファミリーなし)	5, 7, 14, 16