

(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
2013年4月4日(04.04.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/046314 A1

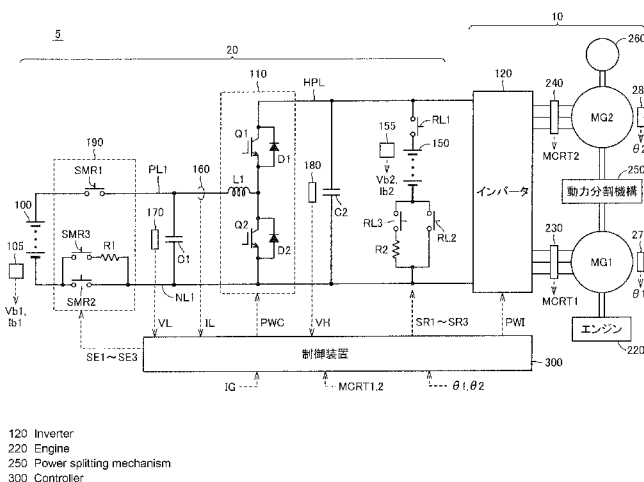
- (51) 国際特許分類:
H02J 7/00 (2006.01) H02J 7/34 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01) H02M 3/155 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/071987
- (22) 国際出願日: 2011年9月27日(27.09.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛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): 及部 七郎 齋(OYOBE, Hichirosai) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 中村 誠(NAKAMURA, Makoto) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 神谷 宗宏(KAMIYA, Munehiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami Patent Office, p.c.); 〒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 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POWER SUPPLY SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING SAME

(54) 発明の名称: 電源システムおよびその制御方法

[図1]



(57) Abstract: A power supply system (20) for supplying electric power to a load (10) is provided with a first power storage device (100), a second power storage device (150), a power line (HPL) for transmitting electric power inputted to and outputted from the load (10), a converter (110) for executing bi-directional DC voltage conversion between the first power storage device (100) and the power line (HPL), and a switch (RL1) connected between the second power storage device (150) and the power line (HPL). A controller (300) controls a voltage of the converter (110) so that a voltage value of the power line (HPL) becomes a voltage command value when the switch (RL1) is off, and controls the current of the converter (110) so that a current value of the first power storage device (100) becomes a current command value when the switch (RL1) is on.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/046314 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

負荷 (10) に電力を供給する電源システム (20) は、第 1 の蓄電装置 (100) と、第 2 の蓄電装置 (150) と、負荷 (10) に対して入出力される電力を伝達するための電力線 (HPL) と、第 1 の蓄電装置 (100) と電力線 (HPL) との間で双方向の直流電圧変換を実行するためのコンバータ (110) と、第 2 の蓄電装置 (150) と電力線 (HPL) との間に接続された開閉器 (RL1) とを備える。制御装置 (300) は、開閉器 (RL1) のオフ時には、電力線 (HPL) の電圧値が電圧指令値となるようにコンバータ (110) を電圧制御する一方で、開閉器 (RL1) のオン時には、第 1 の蓄電装置 (100) の電流値が電流指令値となるように前記コンバータ (110) を電流制御する。

明 細 書

発明の名称：電源システムおよびその制御方法

技術分野

[0001] この発明は、電源システムおよびその制御方法に関し、より特定的には、複数の蓄電装置を搭載した電源システムの制御に関する。

背景技術

[0002] 電動車両に適用される電源システムにおいては、車載される蓄電装置の出力電力を走行用モータの駆動電力に変換する電力変換装置を、蓄電装置の出力電圧を昇圧可能なコンバータと、コンバータの出力直流電圧を交流電圧に変換してモータに印加するインバータとの組合せにより構成することが採用されている。

[0003] 特開2009-159663号公報（特許文献1）には、複数の蓄電装置と、インバータに接続される直流電力線と複数の蓄電装置との間にそれぞれ設けられた複数のコンバータとを備えた電源システムが開示される。この特許文献1に記載の電源システムでは、2つのコンバータのうち的一方を、直流電力線の電圧値を所定の電圧目標値とするための電圧制御に従って制御する一方、他方を、対応する蓄電装置の充放電電流が所定の電流目標値とするための電流制御に従って制御する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-159663号公報
特許文献2：特開2010-288346号公報
特許文献3：特開2010-206912号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記の特許文献1に記載される電源システムでは、各蓄電装置の充放電電力を制御するためのコンバータが、各蓄電装置に対応付けて設けられている

。これにより、各蓄電装置に対する充放電を独立に行なうことができる。

[0006] しかしながら、いずれの蓄電装置の充放電に対しても、コンバータでの電力損失が発生する。また、電動車両の航続可能距離を拡大するためには、搭載する蓄電装置の個数を増やすことによって蓄電装置の充放電容量を大きくすることが望ましいが、コンバータの個数も増やすことが必要となり、電力損失を増大させるとともに、電源システムの大型化およびコスト上昇を招いてしまう。したがって、コンバータによる直流電圧の可変制御機能を確保しつつ、複数の蓄電装置を有効に活用するための仕組みを構築する必要がある。

[0007] それゆえ、この発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、その目的は、複数の蓄電装置が搭載された電源システムを、直流電圧の可変制御機能を確保しつつ、簡素かつ効率的に構成することである。

課題を解決するための手段

[0008] この発明のある局面に従えば、負荷に電力を供給する電源システムであって、第1の蓄電装置と、第2の蓄電装置と、負荷に対して入出力される電力を伝達するための電力線と、第1の蓄電装置と電力線との間で双方向の直流電圧変換を実行するためのコンバータと、第2の蓄電装置と電力線との間に接続された開閉器と、開閉器のオンオフおよびコンバータを制御する制御装置とを備える。制御装置は、開閉器のオフ時には、電力線の電圧値が電圧指令値となるようにコンバータを電圧制御する一方で、開閉器のオン時には、第1の蓄電装置の電流値が電流指令値となるようにコンバータを電流制御する。

[0009] 好ましくは、制御装置は、負荷の動作状態に応じて、開閉器のオンオフを切替える切替部と、電圧指令値に対する電力線の電圧値の偏差を積分する積分要素を少なくとも含む電圧フィードバック制御要素の出力に応じて、コンバータを電圧制御する電圧制御部と、電流指令値に対する第1の蓄電装置の電流値の偏差を積分する積分要素を少なくとも含む電流フィードバック制御要素の出力に応じて、コンバータを電流制御する電流制御部とを含む。電圧

制御部は、開閉器をオンからオフに切替えるときには、電圧フィードバック制御要素における積分要素の初期値として、電流フィードバック制御要素における積分要素の出力を、電流制御部から引き継ぐ。

[0010] 好ましくは、電流制御部は、開閉器をオフからオンに切替えるときには、電流フィードバック制御要素における積分要素の初期値として、電圧フィードバック制御要素における積分要素の出力を、電圧制御部から引き継ぐ。

[0011] 好ましくは、電圧制御部は、電圧指令値に対する電力線の電圧値の偏差を比例積分演算し、算出した制御量を電流指令値として出力する電圧制御演算部と、電圧制御演算部から出力される電流指令値に対する第1の蓄電装置の電流値の偏差を比例積分演算し、算出した制御量をコンバータへのデューティ比指令値として出力する電流制御演算部とを含む。電流制御演算部は、開閉器のオン時には、電圧制御演算部から出力される電流指令値に代えて、第1の蓄電装置が分担すべき電力目標値に応じて設定された電流指令値を受けるとともに構成されることにより、電流制御部として機能する。

[0012] 好ましくは、負荷は、電源システムから供給される電力を受けて車両駆動力を発生する電動機を含む。電圧制御部は、電動機のトルクおよび回転数に応じて電力線の必要最低電圧を算出するとともに、必要最低電圧以上の範囲で電圧指令値を設定する。電流制御部は、電動機のトルクおよび回転数に応じて電動機の必要電力を算出するとともに、電動機の必要電力に応じて第1の蓄電装置が分担すべき電力目標値を決定し、かつ、電力目標値を第1の蓄電装置の電圧で除算することにより電流目標値を設定する。

[0013] この発明の別の局面に従えば、負荷に電力を供給する電源システムの制御方法であって、電源システムは、第1の蓄電装置と、第2の蓄電装置と、負荷に対して入出力される電力を伝達するための電力線と、第1の蓄電装置と電力線との間で双方向の直流電圧変換を実行するためのコンバータと、第2の蓄電装置と電力線との間に接続された開閉器とを含む。制御方法は、開閉器のオフ時には、電力線の電圧値が電圧指令値となるようにコンバータを電圧制御するステップと、開閉器のオン時には、第1の蓄電装置の電流値が電

流指令値となるようにコンバータを電流制御するステップとを備える。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、複数の蓄電装置が搭載された電源システムにおいて、一部の蓄電装置のみにコンバータを設ける構成としても、複数の蓄電装置を協調的に使用して負荷に電力を供給することができる。この結果、複数の蓄電装置を有効に活用して負荷に電力を供給することができるので、電源システムを小型化かつ低コストで効率的に構成することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施の形態に従う電源システムが適用される電動車両の概略構成図である。

[図2]システム電圧とモータジェネレータの動作可能領域との関係を示す概念図である。

[図3]本発明の実施の形態による電源システムの制御処理の一例を説明するフローチャートである。

[図4]本発明の実施の形態による電源システムにおけるコンバータの制御処理を説明するフローチャートである。

[図5]制御装置におけるコンバータの電流制御を実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。

[図6]制御装置におけるコンバータの電圧制御を実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。

[図7]制御装置におけるコンバータの電流制御および電圧制御の切替えを実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。

[図8]コンバータの電流制御および電圧制御の切替えを実現するための制御装置の処理手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、図中同一符号は同一または相当部分を示す。

[0017] [車両の基本構成]

図1は、本発明の実施の形態に従う電源システムが適用される電動車両の概略構成図である。

[0018] 図1を参照して、本発明の実施の形態においては、電動車両5の駆動力を発生する駆動系を負荷10とする場合について例示する。電動車両5は、電源システム20から負荷10へ供給される電力により生じる駆動力を駆動輪260に伝えることによって走行する。また、電動車両5は、回生時において、負荷10によって運動エネルギーから電力を生じさせて電源システム20に回収する。

[0019] 電動車両5は、代表的にハイブリッド車両であり、内燃機関（エンジン）220と電動機（MG：Motor Generator）とを搭載し、それぞれからの駆動力を最適な比率に制御して走行する。電動車両5は、このモータジェネレータに電力を供給するための複数（たとえば2個）の蓄電装置を搭載する。これらの蓄電装置は、電動車両5のシステム起動状態において、エンジン220の作動により生じる動力を受けて充電可能であるとともに、電動車両5のシステム停止中において、図示しない接続部を介して車両外部の電源と電気的に接続されて充電可能である。

[0020] なお、本実施の形態においては、電動車両5が2つのモータジェネレータおよびそれに対応するインバータを備える例について説明するが、1つのモータジェネレータおよびインバータを備える場合でも、3つ以上のモータジェネレータおよびインバータを備える場合でも本発明を適用可能である。

[0021] 電動車両5は、負荷10と、電源システム20と、制御装置300とを備える。負荷10は、インバータ120と、モータジェネレータMG1、MG2と、動力分割機構250と、エンジン220と、駆動輪260とを含む。

[0022] モータジェネレータMG1、MG2は、交流回転電機であり、たとえば、永久磁石が埋設されたロータと中性点でY結線された三相コイルを有するステータとを備える永久磁石型同期電動機である。

[0023] モータジェネレータMG1、MG2の出力トルクは、動力分割機構250を介して駆動輪260に伝達されて、電動車両5を走行させる。モータジェ

ネレータMG 1, MG 2は、電動車両5の回生制動時には、駆動輪260の回転力によって発電することができる。そして、その発電電力は、コンバータ110およびインバータ120によって蓄電装置100および／または150の充電電力に変換される。

[0024] また、モータジェネレータMG 1, MG 2は、動力分割機構250を介してエンジン220とも結合される。そして、制御装置300により、モータジェネレータMG 1, MG 2およびエンジン220が協働的に運転されて必要な車両駆動力が発生される。さらに、モータジェネレータMG 1, MG 2は、エンジン220の回転により発電が可能であり、この発電電力を用いて蓄電装置100および／または150を充電することができる。なお、本実施の形態においては、モータジェネレータMG 2を主として駆動輪260を駆動するための電動機として用い、モータジェネレータMG 1を主としてエンジン220により駆動される発電機として用いるものとする。すなわち、モータジェネレータMG 2は、車両駆動力を発生するための「電動機」に対応する。

[0025] 動力分割機構250は、エンジン220の動力を、駆動輪260とモータジェネレータMG 1とに振り分けるために、遊星歯車機構（プラネタリギヤ）を含んで構成される。

[0026] 電流センサ230, 240は、モータジェネレータMG 1, MG 2にそれぞれ流れるモータ電流（すなわち、インバータ出力電流）MCRT 1, MCRT 2をそれぞれ検出し、その検出したモータ電流を制御装置300へ出力する。なお、U, V, W相の各電流 i_u , i_v , i_w の瞬時値の和は零であるので、電流センサ230, 240は、U, V, W相のうちの2相分のモータ電流（たとえば、V相電流 i_v およびW相電流 i_w ）を検出するように配置すれば足りる。

[0027] 回転角センサ（たとえば、レゾルバ）270, 280は、モータジェネレータMG 1, MG 2の回転角 θ_1 , θ_2 をそれぞれ検出し、その検出した回転角 θ_1 , θ_2 を制御装置300へ送出する。制御装置300では、回転角

$\theta 1$ 、 $\theta 2$ に基づきモータジェネレータMG1、MG2の回転速度および角速度が算出できる。なお、回転角センサ270、280については、回転角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を制御装置300にてモータ電圧や電流から直接演算することによって、配置を省略してもよい。

[0028] インバータ120は、電源ラインHPLおよび接地ラインNL1間の直流電力と、モータジェネレータMG1およびMG2に入出力される交流電力との間で双方向の電力変換を実行する。すなわち、電源ラインHPLは、モータジェネレータMG1およびMG2に対して入出力される電力を伝達するための「電力線」に対応する。

[0029] インバータ120は、図示は省略するが、モータジェネレータMG1を駆動するための第1インバータと、モータジェネレータMG2を駆動するための第2インバータとを含む。主として、第1インバータは、制御装置300からの制御信号PWIに応じて、エンジン220の出力によってモータジェネレータMG1が発生する交流電力を直流電力に変換し、電源ラインHPLおよび接地ラインNL1へ供給する。このとき、コンバータ110は、降圧回路として動作するように制御装置300によって制御される。これにより、車両走行中も、エンジン220の出力によって蓄電装置100および／または蓄電装置150を能動的に充電できる。

[0030] また、第1インバータは、エンジン220の始動時には、制御装置300からの制御信号PWIに応じて、蓄電装置100および蓄電装置150からの直流電力を交流電力に変換して、モータジェネレータMG1へ供給する。これにより、エンジン220は、モータジェネレータMG1をスタータとして始動することができる。

[0031] 第2インバータは、制御装置300からの制御信号PWIに応じて、電源ラインHPLおよび接地ラインNL1を介して供給される直流電力を交流電力に変換して、モータジェネレータMG2へ供給する。これにより、モータジェネレータMG2は、電動車両5の駆動力を発生する。

[0032] 一方、電動車両5の回生制動時には、モータジェネレータMG2は、駆動

輪 260 の減速に伴って交流電力を発電する。このとき、第 2 インバータは、制御装置 300 からの制御信号 PW1 に応じて、モータジェネレータ MG2 が発生する交流電力を直流電力に変換し、電源ライン HPL および接地ライン NL1 へ供給する。これにより、減速時や降坂走行時に蓄電装置 100 および／または蓄電装置 150 が充電される。

[0033] 電源システム 20 は、「第 1 の蓄電装置」に対応する蓄電装置 100 と、「第 2 の蓄電装置」に対応する蓄電装置 150 と、システムメインリレー 190 と、リレー RL1～RL3 および抵抗 R2 と、コンバータ 110 と、平滑コンデンサ C1, C2 とを含む。

[0034] 蓄電装置 100, 150 は、再充電可能な電力貯蔵要素であり、代表的には、リチウムイオン電池やニッケル水素電池などの二次電池が適用される。したがって、以下では、蓄電装置 100 および蓄電装置 150 を、それぞれバッテリー 100 およびバッテリー 150 とも称する。ただし、電気二重層キャパシタなどの電池以外の電力貯蔵要素、あるいは電池以外の電力貯蔵要素とバッテリーとの組合せによって、蓄電装置 100, 150 を構成してもよい。

[0035] また、蓄電装置 100 および 150 は、同一種類の蓄電装置によって構成されてもよく、異なる種類の蓄電装置によって構成されてもよい。

[0036] バッテリー 100 および 150 の各々は、直列接続された複数の電池セルによって構成される。すなわち、バッテリー 100 および 150 のそれぞれの出力電圧の定格値は、直列接続される電池セルの個数に依存する。

[0037] バッテリー 100 には、バッテリー電圧 V_{b1} 、バッテリー電流 I_{b1} を検出するための電池センサ 105 が設けられる。同様に、バッテリー 150 には、バッテリー電圧 V_{b2} 、バッテリー電流 I_{b2} を検出するための電池センサ 155 が設けられる。電池センサ 105, 155 による検出値は、制御装置 300 へ伝達される。

[0038] システムメインリレー 190 は、リレー SMR1～SMR3 および抵抗 R1 を含む。リレー SMR1, SMR2 は、電源ライン PL1 および接地ライン NL1 にそれぞれ介挿される。リレー SMR3 は、リレー SMR2 に対し

て並列に、かつ抵抗R1に対して直列に接続される。すなわち、リレーSMR3と抵抗R1とが直列に接続された回路が、リレーSMR2に対して並列に接続される。リレーSMR1～SMR3は、制御装置300から与えられるリレー制御信号SE1～SE3に応じてオン（閉成）／オフ（開放）が制御される。

[0039] リレーRL1は、電源ラインHPLと蓄電装置150の正極端子との間に接続される。リレーRL2は、蓄電装置150の負極端子と接地ラインNL1との間に接続される。リレーRL3は、リレーRL2に対して並列に、かつ抵抗R2に対して直列に接続される。すなわち、リレーRL3と抵抗R2とが直列に接続された回路が、リレーRL2に対して並列に接続される。リレーRL1～RL3は、制御装置300から与えられるリレー制御信号SR1～SR3に応じてオン（閉成）／オフ（開放）が制御される。リレーRL1は、蓄電装置150と電源ラインHPLとの電氣的接続を遮断可能な「開閉器」の代表例として用いられる。すなわち、任意の形式の開閉器をリレーRL1に代えて適用することができる。

[0040] コンバータ110は、蓄電装置100とインバータ120の直流リンク電圧を伝達する電源ラインHPLとの間で、双方向の直流電圧変換を実行するように構成される。すなわち、蓄電装置100の入出力電圧と、電源ラインHPLおよび接地ラインNL1間の直流電圧とは、双方向に昇圧または降圧される。

[0041] 具体的には、コンバータ110は、一方端が電源ラインPL1に接続されるリアクトルL1と、電源ラインHPLおよび接地ラインNL1の間に直列に接続されるスイッチング素子Q1、Q2と、スイッチング素子Q1、Q2にそれぞれ並列に接続されるダイオードD1、D2とを含む。スイッチング素子は、代表的にはIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、バイポーラトランジスタ、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)、もしくはGTO (Gate Turn Off Thyristor)などが用いられる。なお、本実施の形態においては、スイッチング素子と

して IGBT を使用した場合を例として説明する。

- [0042] リアクトル L 1 の他方端はスイッチング素子 Q 1 のエミッタおよびスイッチング素子 Q 2 のコレクタに接続される。ダイオード D 1 のカソードはスイッチング素子 Q 1 のコレクタと接続され、ダイオード D 1 のアノードはスイッチング素子 Q 1 のエミッタと接続される。ダイオード D 2 のカソードはスイッチング素子 Q 2 のコレクタと接続され、ダイオード D 2 のアノードはスイッチング素子 Q 2 のエミッタと接続される。
- [0043] スwitching素子 Q 1, Q 2 は、制御装置 300 からの制御信号 PWC によってオンまたはオフに制御される。
- [0044] 平滑コンデンサ C 1 は、電源ライン PL 1 および接地ライン NL 1 の間に接続され、電源ライン PL 1 および接地ライン NL 1 間の電圧変動を減少させる。電圧センサ 170 は、平滑コンデンサ C 1 の端子間電圧 VL を検出して制御装置 300 に対して出力する。コンバータ 110 は、平滑コンデンサ C 1 の端子間電圧を昇圧する。電流センサ 160 は、電源ライン PL 1 に介挿され、リアクトル L 1 を流れる電流（蓄電装置 100 の充放電に係る電流に相当）IL を検出して制御装置 300 に対して出力する。なお、電流センサ 160 は必須ではなく、蓄電装置 100 に備えられた電池センサ 105 によって検出されるバッテリー電流 Ib1 によって電流 IL を代替してもよい。
- [0045] 平滑コンデンサ C 2 は、電源ライン HPL および接地ライン NL 1 の間に接続され、電源ライン HPL および接地ライン NL 1 間の電圧変動を減少させる。すなわち、平滑コンデンサ C 2 は、コンバータ 110 によって昇圧された電圧を平滑化する。電圧センサ 180 は、平滑コンデンサ C 2 の端子間電圧 VH を検出して制御装置 300 に対して出力する。以下では、平滑コンデンサ C 2 の端子間電圧 VH（すなわち、インバータ 120 の直流側電圧）を「システム電圧 VH」とも称する。
- [0046] 制御装置 300 は、いずれも図示しないが CPU（Central Processing Unit）、記憶装置および入出力バッファを含み、コンバータ 110 およびインバータ 120 を制御する。なお、これらの制御については、ソフトウェア

による処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で構築して処理することも可能である。

[0047] 制御装置300は、電流センサ230、240によって検出されたモータジェネレータMG1、MG2のそれぞれに流れるモータ電流MCRT1、MCRT2の検出値を受ける。制御装置300は、回転角センサ270、280によって検出されたモータジェネレータMG1、MG2の回転角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の検出値を受ける。また、制御装置300は、電圧センサ170、180によって検出された平滑コンデンサC1、C2の両端の電圧VL、VHの検出値、および電流センサ160によって検出された蓄電装置100の充放電に係る電流ILの検出値を受ける。さらに、制御装置300は、図示しないイグニッションスイッチのオン/オフ状態を示すイグニッション信号IGを受ける。

[0048] 制御装置300は、平滑コンデンサC1、C2の両端の電圧VL、VHに基づいて、コンバータ110の制御信号PWCを生成する。そして、制御装置300は、制御信号PWCによりコンバータ110のスイッチング素子Q1、Q2を駆動することによって、コンバータ110に昇圧動作または降圧動作を行なわせる。

[0049] また、制御装置300は、電流センサ230、240によって検出されたモータジェネレータMG1、MG2のそれぞれに流れるモータ電流MCRT1、MCRT2、および回転角センサ270、280によって検出されたモータジェネレータMG1、MG2の回転角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ に基づいて、インバータ120を駆動するための制御信号PWIを生成する。そして、制御装置300は、制御信号PWIによりインバータ120のスイッチング素子を駆動することによって、コンバータ110から供給された直流電力を、モータジェネレータMG1、MG2を駆動するための交流電力に変換する。

[0050] 制御装置300は、イグニッション信号IGに基づいてリレー制御信号SE1～SE3を生成する。そして、制御装置300は、リレー制御信号SE1～SE3によりシステムメインリレー190のリレーSMR1～SMR3

のオンオフを制御する。具体的には、運転者がイグニッションスイッチをオンすることによりイグニッション信号IGがオフ状態からオン状態に切替わると、制御装置300は、まず、リレーSMR2をオフ状態のまま、リレーSMR1, SMR3をオンする。このとき、抵抗R1により一部の電流が消費されて、平滑コンデンサC1に流れ込む電流を小さくできるので、平滑コンデンサC1への突入電流を防止することができる。その後、平滑コンデンサC1のプリチャージが完了すると、リレーSMR2がオンされ、それに引き続いてリレーSMR3がオフされる。

[0051] 制御装置300は、モータジェネレータMG1, MG2の動作状態および各センサの検出値に基づいて、リレー制御信号SR1~SR3を生成する。そして、制御装置300は、リレー制御信号SR1~SR3によりリレーRL1~RL3のオンオフを制御する。具体的には、蓄電装置150を電源ラインHPLに対して電氣的に接続する際には、制御装置300は、まず、リレーRL2をオフ状態のまま、リレーRL1, RL3をオンする。このとき、抵抗R2により一部の電流が消費されて、平滑コンデンサC2に流れ込む電流を小さくできるので、平滑コンデンサC2への突入電流を防止することができる。その後、平滑コンデンサC2のプリチャージが完了すると、リレーRL2がオンされ、それに引き続いてリレーRL3がオフされる。

[0052] このように、本発明の実施の形態による電源システム20は、複数の蓄電装置100および150を含んで構成される。そして、蓄電装置150は、コンバータ110を介することなく、直接、電源ラインHPLに対して電氣的に接続される。したがって、リレーRL1, RL2のオン時には、システム電圧VHをバッテリー電圧Vb2によりも高くすることができない。

[0053] 一方、蓄電装置100は、コンバータ110を介して電源ラインHPLに接続される。したがって、バッテリー電圧Vb1がシステム電圧VHよりも低い状態でも、蓄電装置100から電源ラインHPLへ電力を供給できるとともに、電源ラインHPLの電力によって蓄電装置100を充電することができる。

- [0054] このため、蓄電装置100の出力電圧の定格値は、蓄電装置150の出力電圧の定格値よりも低くすることが好ましい。このようにすると、蓄電装置100での直列接続される電池セル数を少なくしても、蓄電装置100および150を並列に使用することができる。
- [0055] 次に、モータジェネレータMG1、MG2の動作状態と、システム電圧VHとの関係について詳細に説明する。
- [0056] モータジェネレータMG1、MG2を円滑に駆動するためには、モータジェネレータMG1、MG2の動作点、具体的には、回転数およびトルクに応じて、システム電圧VHを適切に設定する必要がある。第1に、インバータ120における電力変換の変調率には一定の限界があるため、システム電圧VHに対して、出力可能な上限トルクが存在する。
- [0057] 図2は、システム電圧とモータジェネレータの動作可能領域との関係を示す概念図である。
- [0058] 図2を参照して、モータジェネレータの動作可能領域および動作点は、回転数およびトルクの組合せによって示される。最大出力線200は、システム電圧 $VH = V_{max}$ （上限電圧）であるときの動作可能領域の限界を示すものである。最大出力線200は、トルク $T < T_{max}$ （最大トルク）かつ回転数 $N < N_{max}$ （最高回転数）であっても、出力電力に相当する $T \times N$ によって制限される部分を有する。システム電圧VHが低下すると、動作可能領域は狭くなっていく。
- [0059] たとえば、動作点P1は、システム電圧 $VH = Va$ で実現可能である。この状態から、ユーザのアクセル操作によって、電動車両5が加速する場合には、車両駆動力の要求値が高くなる。これにより、モータジェネレータMG2の出力トルクが増加するので、動作点はP2に変化する。しかしながら、動作点P2には、システム電圧VHを Vb （ $Vb > Va$ ）に上昇させなければ対応することができない。
- [0060] 図2に示した、システム電圧VHと動作領域の限界線との関係に基づいて、モータジェネレータMG1、MG2の各動作点（回転数、トルク）におけ

る、システム電圧 V_H の下限値（必要最低電圧 V_{Hmin} ）を求めることができる。

[0061] また、モータジェネレータMG1、MG2には、回転数に応じた誘起電圧が発生する。この誘起電圧がシステム電圧 V_H よりも高くなると、モータジェネレータMG1、MG2の電流を制御できなくなる。したがって、モータジェネレータMG1、MG2の回転数が高くなる電動車両5の高速走行時には、システム電圧 V_H の必要最低電圧 V_{Hmin} が上昇する。

[0062] これらの観点から、モータジェネレータMG1、MG2の動作点に対応させて、当該動作点に従った出力を確保するための必要最低電圧 V_{Hmin} を予め算出可能であることが理解される。

[0063] 図3は、本発明の実施の形態による電源システムの制御処理の一例を説明するフローチャートである。図3を始めとして、以下に示すフローチャートの各ステップの処理は、制御装置300によるソフトウェア処理またはハードウェア処理によって実行される。また、以下に示すフローチャートの各々による一連の制御処理は、制御装置300によって所定の制御周期毎に実行される。

[0064] 図3を参照して、制御装置300は、ステップS01において、モータジェネレータMG1、MG2の動作状態より、上述の必要電圧マップを用いて必要最低電圧 V_{Hmin} を算出する。さらに、制御装置300は、必要最低電圧 V_{Hmin} を考慮して電圧指令値 V_H^* を設定する。電圧指令値 V_H^* は、必要最低電圧 V_{Hmin} 以上となるように設定される。たとえば、 $V_H > V_{Hmin}$ のときよりも、電源システム20および負荷10での損失が最小となる電圧が存在するときには、燃費優先の観点から、電圧指令値 V_H^* を当該電圧に設定することが好ましい。一方、蓄電装置150を積極的に使用したい場合には、電圧指令値 V_H^* が低いほうが好ましいので、電圧指令値 $V_H^* = V_{Hmin}$ に設定してもよい。

[0065] このように、電圧指令値 V_H^* は、必要最低電圧 V_{Hmin} を考慮したうえで、モータジェネレータMG1、MG2の動作点に対応して算出できる。

このため、モータジェネレータMG 1, MG 2の動作点に対応させて、当該動作点に従った電圧指令値 V_H^* を算出するためのマップ（電圧指令値マップ）を予め作成することができる。電圧指令値マップは、制御装置300の図示しないメモリに記憶される。このように、本実施の形態による電動車両では、モータジェネレータMG 1, MG 2を円滑かつ効率的に駆動するために、システム電圧 V_H を可変制御している。すなわち、モータジェネレータMG 1, MG 2へ印加される電圧振幅（パルス電圧振幅）が、モータジェネレータMG 1, MG 2の動作状態（回転数およびトルク）に応じて可変制御される。

[0066] 制御装置300は、ステップS02では、図1に示した電池センサ105, 155の検出値に基づいて、バッテリー情報を読み込む。バッテリー情報には、バッテリー電圧 V_b2 が少なくとも含まれる。

[0067] 制御装置300は、ステップS03により、バッテリー電圧 V_b2 と、ステップS01で設定された電圧指令値 V_H^* とを比較する。バッテリー電圧 V_b2 が電圧指令値 V_H^* 以上となる時（ステップS03のYES判定時）には、制御装置300は、ステップS04に処理を進めて、リレーRL1, RL2をオンする。これにより、蓄電装置150が電源ラインHPLに接続される。

[0068] コンバータ110は、後述する方法によって、蓄電装置100からの電流 I_L （バッテリー電流 I_b1 に相当）を所定の電流目標値 I_b1^* と一致させるように、蓄電装置100の充放電を制御する。これにより、蓄電装置100の充放電電力 P_b1 を任意に調整できるため、間接的に蓄電装置150の充放電電力 P_b2 についても制御できる。その結果、蓄電装置100, 150を並列に用いて、負荷10に対する充放電を制御することができる。この状態で電動車両5が回生制動を行なうと、蓄電装置100, 150を並列に充電することができる。

[0069] 一方、バッテリー電圧 V_b2 が電圧指令値 V_H^* を下回るとき（ステップS03のNO判定時）には、制御装置300は、ステップS05に処理を進め

て、リレーRL1, RL2をオフする。これにより、蓄電装置150は電源ラインHPLから切り離される。上述のように、電圧指令値 $VH^* \geq VH_{min}$ であるから、少なくとも、 $Vb2 < VH_{min}$ のときにはリレーRL1, RL2は確実にオフされる。

[0070] このときには、コンバータ110を介して、蓄電装置100のみを用いて負荷10に対する充放電が制御される。コンバータ110は、後述する方法によって、システム電圧VHを所定の電圧指令値 VH^* と一致させるように、蓄電装置100の充放電を制御する。この状態で、電動車両5が回生制動を行なうと、蓄電装置100のみが充電される。

[0071] このように、本実施の形態による電動車両では、複数の蓄電装置100, 150を用いた電源システムにおいて、蓄電装置100のみにコンバータを設ける構成としても、モータジェネレータMG1, MG2の動作状態に応じたシステム電圧VHの可変制御を実現することができる。この結果、複数の蓄電装置100, 150の電力によりモータジェネレータMG1, MG2の出力による走行距離を拡大できる電源システムを、簡素かつ効率的に構成できる。

[0072] 特に、車両加速時等に対応したシステム電圧VHの高電圧領域に対しては、電圧指令値（必要最低電圧）よりも出力電圧が低い蓄電装置150を電源ラインHPLから切り離すとともに、蓄電装置100の出力電圧をコンバータ110によって昇圧することで対応できるまた、蓄電装置150の出力電圧が、電圧指令値（必要最低電圧）よりも高く、蓄電装置150が使用可能であるときには、蓄電装置100, 150を並列に使用することができる。このように、複数の蓄電装置100, 150を有効に活用して、モータジェネレータMG1, MG2に電力を供給することができるので、電源システムを小型化かつ低コストで効率的に構成することが可能となる。

[0073] （コンバータの電圧変換制御）

以上のように、本発明の実施の形態による電源システム20では、蓄電装置150が使用される第1のモードと、蓄電装置150が不使用とされる第

2のモードとが選択される。この第1および第2のモードのそれぞれについて、制御装置300は、コンバータ110での電圧変換動作を以下のように制御する。

[0074] 図4は、本発明の実施の形態による電源システムにおけるコンバータの制御処理を説明するフローチャートである。

[0075] 図4を参照して、制御装置300は、ステップS11において、蓄電装置150が使用される第1のモードが選択されているか否かを判定する。蓄電装置150が使用される第1のモードが選択されている場合（ステップS11のYES判定時）には、制御装置300は、ステップS12により、電源システム20から負荷10に供給される電力のうち、蓄電装置100が分担すべき電力目標値（すなわち、蓄電装置100の充放電電力 P_{b1} の目標値） P_{b1}^* を算出する。

[0076] ここで、蓄電装置150を使用する第1のモードでは、蓄電装置100、150が並列に使用される。したがって、蓄電装置100の充放電電力 P_{b1} と蓄電装置150の充放電電力 P_{b2} との和が、電源システム20から負荷10に充放電される電力となる。この負荷10の充放電電力は、モータジェネレータMG1で発電／消費される電力 P_g と、モータジェネレータMG2で発電／消費される電力 P_m とを含むことから、蓄電装置100の充放電電力 P_{b1} および蓄電装置150の充放電電力 P_{b2} と、負荷10の充放電電力との関係は下記式（1）で示される。

$$P_{b1} + P_{b2} = P_g + P_m \quad \dots (1)$$

蓄電装置100、150が並列に使用される状態では、コンバータ110による蓄電装置100の充放電制御に付随して、蓄電装置150の充放電電力 P_{b2} が定まる。すなわち、蓄電装置150の充放電電力 P_{b2} は成り行きで定まる。そのため、第1のモードでは、制御装置300は、電源システム20から負荷10に供給される電力のうち、蓄電装置100が分担する電力（充放電電力 P_{b1} ）を所定の電力目標値 P_{b1}^* となるように、コンバータ110を制御する。これにより、蓄電装置100の充放電電力 P_{b1} を

任意に調整できるため、間接的に蓄電装置150の充放電電力 P_{b2} についても制御することができる。その結果、蓄電装置100、150を協調的に使用して、モータジェネレータMG1、MG2に電力を供給することが可能となる。

[0077] 具体的には、制御装置300は、ステップS12により電力目標値 P_{b1*} を算出すると、ステップS13において、電力目標値 P_{b1*} を蓄電装置100のバッテリー電圧 V_{b1} で割り算し、蓄電装置100の電流指令値 I_{b1*} を算出する。そして、制御装置300は、ステップS14により、蓄電装置100からの電流 I_L が電流指令値 I_{b1*} となるように、コンバータ110を制御する。これにより、コンバータ110は、蓄電装置100での電力配分を実現するように、電流制御に従って電圧変換動作を行なう。

[0078] これに対して、蓄電装置150を不使用とする第2のモードが選択されている場合（ステップS11のNO判定時）には、制御装置300は、ステップS15により、電圧指令値 V_H* を算出する。電圧指令値 V_H* の算出については、図3のステップS01で示した処理が実行される。

[0079] 制御装置300は、ステップS16では、システム電圧 V_H が電圧指令値 V_H* となるように、コンバータ110を制御する。したがって、コンバータ110は、システム電圧 V_H を安定化するように、電圧制御に従って電圧変換動作を行なう。

[0080] 図5は、制御装置300におけるコンバータ110の電流制御を実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。

[0081] 図5を参照して、制御装置300は、コンバータ110を電流制御するための構成として、電力目標値生成部30と、除算部32と、減算部34と、PI制御部36と、伝達関数(G_i)38とを含む。

[0082] 電力目標値生成部30は、蓄電装置100の充放電可能な電力範囲内において、蓄電装置100の電力目標値 P_{b1*} を算出する。なお、蓄電装置100の充放電可能な電力範囲は、充電電力上限値および放電電力上限値によって規定される。

- [0083] 除算部32は、電力目標値 P_{b1}^* を蓄電装置100のバッテリー電圧 V_{b1} で割り算し、蓄電装置100の電流目標値 I_{b1}^* を算出し、減算部34へ出力する。
- [0084] 減算部34は、電流目標値 I_{b1}^* と電流 I_L との差から電流偏差 ΔI_L を演算し、PI制御部36へ出力する。PI制御部36は、所定の比例ゲインおよび積分ゲインに従って、電流偏差 ΔI_L に応じたPI出力を生成し、伝達関数38へ出力する。PI制御部36は、電流フィードバック制御要素を構成する。
- [0085] 具体的には、PI制御部36は、比例要素（P：proportional element）と、積分要素（I：integral element）と、加算部とを含む。比例要素は、電流偏差 ΔI_L に所定の比例ゲイン K_p を乗じて加算部へ出力し、積分要素は、所定の積分ゲイン K_i （積分時間： $1/K_i$ ）で電流偏差 ΔI_L を積分して加算部へ出力する。そして、加算部は、比例要素および積分要素からの出力を加算してPI出力を生成する。このPI出力は、電流制御を実現するためのフィードバック制御量に相当する。PI制御部36は、フィードバック制御量と、フィードフォワード制御量 D_{iFF} との和に従って、電流制御のためのデューティ比指令値 D_i を生成する。デューティ比指令値 D_i は、電流制御におけるコンバータ110のスイッチング素子Q2（図1）のオン・デューティを規定する制御指令である。また、電流制御におけるフィードフォワード制御量 D_{iFF} は、電圧指令値 V_H^* と蓄電装置100の電圧 V_{b1} との電圧差に応じて設定される。伝達関数（ G_i ）38は、電流源として動作する蓄電装置100に対するコンバータ110の伝達関数に相当する。
- [0086] 図6は、制御装置300におけるコンバータ110の電圧制御を実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。
- [0087] 図6を参照して、制御装置300は、コンバータ110を電圧制御するための構成として、電圧指令値生成部40と、減算部42と、PI制御部44と、伝達関数（ G_i ）38と、伝達関数（ G_v ）46とを含む。

- [0088] 電圧指令値生成部40は、モータジェネレータMG1, MG2の動作状態に基づいて、電圧指令値 V_H^* を設定する。電圧指令値生成部40は、図2で説明したように、モータジェネレータMG1, MG2の動作状態より、必要最低電圧 V_{Hmin} を算出し、算出した必要最低電圧 V_{Hmin} を考慮して電圧指令値 V_H^* を設定する。
- [0089] 減算部42は、電圧指令値 V_H^* とシステム電圧 V_H との差から電圧偏差 ΔV_H を演算し、PI制御部44へ出力する。PI制御部44は、所定の比例ゲインおよび積分ゲインに従って、電圧偏差 ΔV_H に応じたPI出力を生成し、伝達関数38へ出力する。PI制御部44は、電圧フィードバック制御要素を構成する。
- [0090] 具体的には、PI制御部44は、比例要素と、積分要素と、加算部とを含む。比例要素は、電圧偏差 ΔV_H に所定の比例ゲイン K_p を乗じて加算部へ出力し、積分要素は、所定の積分ゲイン K_i （積分時間： $1/K_i$ ）で電圧偏差 ΔV_H を積分して加算部へ出力する。加算部は、比例要素および積分要素からの出力を加算してPI出力を生成する。このPI出力は、電圧制御を実現するためのフィードバック制御量に相当する。PI制御部44は、フィードバック制御量と、フィードフォワード制御量 D_vFF との和に従って、電圧制御のためのデューティ比指令値 D_v を生成する。デューティ比指令値 D_v は、電圧制御におけるコンバータ110のスイッチング素子Q2（図1）のオン・デューティを規定する制御指令である。また、電圧制御におけるフィードフォワード制御量 D_vFF は、電圧指令値 V_H^* と蓄電装置100の電圧 V_{b1} との電圧差に応じて設定される。伝達関数（ G_i ）38および伝達関数（ G_v ）46は、電圧源として動作する蓄電装置100に対するコンバータ110の伝達関数に相当する。
- [0091] 以上のように、コンバータ110は、蓄電装置150を使用する第1のモードでは、電流制御に従って電圧変換動作を行ない、蓄電装置150を不使用とする第2のモードでは、電圧制御に従って電圧変換動作を行なう。そのため、第1のモードと第2のモードとが切替わるごとに、コンバータ110

では、電流制御と電圧制御とが切替えて適用されることとなる。これにより、制御が切替わるタイミングにおいて、コンバータ110の出力電圧であるシステム電圧V_Hに変動が生じる虞がある。

[0092] そこで、本発明の実施の形態による電源システムでは、電流制御と電圧制御との切替時には、切替前の制御でのフィードバック制御要素のうちの積分要素の出力（積分項）を、切替後の制御でのフィードバック制御要素のうちの積分要素の初期値として引き継ぐこととする。

[0093] 具体的には、図5の制御ブロックにおいて、PI制御部36は、電流偏差 ΔI_L に基づく制御演算、代表的には、下記式(2)に従う比例積分(PI)演算に基づいて、電流 I_L のフィードバック制御量 I_{Lfb} を算出する。

$$I_{Lfb} = I_{Lfb}(P) + I_{Lfb}(I) \\ = K_p \cdot \Delta I_L + \sum (K_i \cdot \Delta I_L) \quad \dots (2)$$

式(2)において、 $I_{Lfb}(P)$ は比例項であり、 $I_{Lfb}(I)$ は積分項である。また、 ΔI_L は、今回の制御周期における電流偏差であり、 K_p 、 K_i はフィードバックゲインである。

[0094] 制御装置300は、第1のモードから第2のモードへの切替時、すなわち、電流制御から電圧制御への切替時には、式(2)における積分項 $I_{Lfb}(I)$ を、図6の制御ブロックのPI制御部44における積分要素の初期値として用いる。すなわち、電流制御から電圧制御への切替時には、PI制御部44は、前回の制御周期において算出された積分項に、今回の制御周期における電流偏差 ΔI_L および積分ゲイン K_i の積を加えた値を、今回の制御周期における積分項として出力する。このように、PI制御部36とPI制御部44との間で、フィードバック制御量における積分項を引き継ぐことによって、制御の切替時にフィードバック制御量が不連続となるのを防止することができる。これにより、システム電圧V_Hの変動の発生を回避できる。

[0095] 以下に、制御装置300におけるコンバータ110の電流制御および電圧制御の切替えを実現するための制御ブロックの構成を説明する。

[0096] 図7は、制御装置300におけるコンバータ110の電流制御および電圧

制御の切替えを実現するための制御ブロックの構成例を説明する図である。

- [0097] 図7を参照して、制御装置300は、モード判定部50と、指令値生成部52と、切替部54と、除算部32と、減算部42と、PI制御部44と、伝達関数38、46と、スイッチSW1、SW2を含む。
- [0098] モード判定部50は、図3に示したフローチャートに従って蓄電装置150を使用する第1のモードおよび蓄電装置150を不使用とする第2のモードの一方が選択されると、その選択されたモードに従って、電流制御および電圧制御の一方を選択する。モード判定部50は、電流制御および電圧制御のいずれか選択されているかを示す信号を生成して、指令値生成部52および切替部54へ送出手する。
- [0099] 指令値生成部52は、モード判定部50によって選択された制御に応じて、電力目標値 P_{b1}^* および電圧指令値 V_H^* の一方を生成する。具体的には、電流制御が選択されている場合には、指令値生成部52は、蓄電装置100の充放電可能な電力範囲内において、蓄電装置100の電力目標値 P_{b1}^* を算出する。一方、電圧制御が選択されている場合には、指令値生成部52は、モータジェネレータMG1、MG2の動作状態に基づいて、電圧指令値 V_H^* を設定する。すなわち、指令値生成部52は、図5に示した電力目標値生成部30および図6に示した電圧指令値生成部40の機能を併せ持つ。
- [0100] 図7に示す構成において、減算部42、PI制御部44、伝達関数(G_i)38および伝達関数(G_v)46は、コンバータ110を電圧制御するための電圧フィードバックループを形成する。この電圧フィードバックループは、図6に示した制御ブロックと同一の制御構造を有する。
- [0101] 詳細には、減算部42は、電圧指令値 V_H^* とシステム電圧 V_H との差から電圧偏差 ΔV_H を演算し、PI制御部44へ出力する。PI制御部44は、電圧制御演算部440と、減算部34と、電流制御演算部442を含む。
- [0102] 電圧制御演算部440は、電圧偏差 ΔV_H を用いて、システム電圧 V_H を

電圧指令値 V_H^* に一致させるための制御演算（比例積分演算）を実行する。そして、電圧制御演算部440は、算出された制御量を電流指令値 I_L^* として出力する。すなわち、電圧制御演算部440は、システム電圧 V_H を電圧指令値 V_H^* に一致させるための制御演算を実行することにより、電圧偏差 ΔV_H に応じた電流指令値 I_L^* を生成する。

[0103] 減算部34は、電圧制御演算部440から出力される電流指令値 I_L^* と電流 I_L との差から電流偏差 ΔI_L を演算し、電流制御演算部442へ出力する。

[0104] 電流制御演算部442は、電流偏差 ΔI_L を用いて、電流 I_L を電流指令値 I_L^* に一致させるための制御演算（比例積分演算）を実行する。そして、電流制御演算部442は、算出された制御量とフィードフォワード制御量との和に従って、電圧制御のためのデューティ比指令値 D を生成する。すなわち、電流制御演算部442は、電圧制御演算部440のPI出力を電流 I_L の電流指令値 I_L^* として、電流 I_L を電流指令値 I_L^* に一致させるための制御演算を実行する。これにより、電流指令値 V_H^* に対するシステム電圧 V_H の偏差が発生すると、その偏差をなくすように電流指令値 I_L^* が修正され、電流 I_L が電流指令値 I_L^* に一致するように電流制御が実行される。

[0105] 図7に示した電圧フィードバックループにおいて、減算部42、電流制御演算部442、減算部34、電流制御演算部442および伝達関数38、46は、システム電圧 V_H を電圧指令値 V_H^* に一致させるためのメインループを形成し、減算部34、電流制御演算部442および伝達関数38は、電流 I_L を電流指令値 I_L^* に一致させるためのマイナーループを形成する。

[0106] 制御装置300は、このマイナーループに除算部32を付加することにより、マイナーループをコンバータ110を電流制御するための電流フィードバックループとしても機能させる。この電流フィードバックループは、図5に示した制御ブロックと同一の制御構造を有している。

[0107] 詳細には、除算部32は、電力目標値 P_{b1}^* を蓄電装置100のバッテ

り電圧 V_{b1} で割り算し、蓄電装置100の電流目標値 I_{b1*} を算出し、減算部34へ出力する。

[0108] 減算部34は、電流目標値 I_{b1*} と電流 I_L との差から電流偏差 ΔI_L を演算し、電流制御演算部442へ出力する。

[0109] 電流制御演算部442は、電流偏差 ΔI_L を用いて、電流 I_L を電流指令値 I_L^* に一致させるための制御演算（比例積分演算）を実行する。そして、電流制御演算部442は、算出された制御量とフィードフォワード制御量との和に従って、電流制御のためのデューティ比指令値 D を生成する。すなわち、電流制御演算部442は、電力目標値 P_{b1*} から算出される電流 I_L を電圧指令値 I_L^* として、電流 I_L を電流指令値 I_L^* に一致させるための制御演算を実行する。これにより、電力目標値 P_{b1*} に対する蓄電装置100の充放電電力 P_{b1} の偏差が発生すると、その偏差をなくすように電流指令値 I_L^* が修正され、電流 I_L が電流指令値 I_L^* に一致するように電流制御が実行される。

[0110] スイッチ $SW1$ は、上記の電圧フィードバックループにおいて、減算部42と電圧制御演算部440との間に設けられる。スイッチ $SW2$ は、上記の電流フィードバックループにおいて、除算部32と減算部34との間に設けられる。スイッチ $SW1$ 、 $SW2$ のオンオフは、切替部54からの制御信号に従ってそれぞれ制御される。

[0111] 具体的には、切替部54は、モード判定部50によって選択された制御に応じて、スイッチ $SW1$ 、 $SW2$ をオンオフするための制御信号を生成する。モード判定部50によって電流制御が選択されたときには、切替部54は、スイッチ $SW1$ をオフする一方で、スイッチ $SW2$ をオンするように制御信号を生成する。これにより、電流制御時には、除算部32と減算部34とが接続され、上述した電流フィードバックループが形成される。

[0112] これに対して、モード判定部50によって電圧制御が選択されたときには、切替部54は、スイッチ $SW1$ をオンする一方で、スイッチ $SW2$ をオフするように制御信号を生成する。これにより、電圧制御時には、減算部42

と電圧制御演算部440とが接続され、上述した電圧フィードバックループが形成される。

[0113] さらに、この電圧フィードバックループにおけるマイナーループが、電流フィードバックループとしても機能する構成としたことにより、電流制御から電圧制御への切替時においては、切替前に電流制御演算部442が電流偏差 ΔI_L の制御演算（比例積分演算）により算出した制御量（積分項）を、切替後に電流制御演算部442が電流偏差 ΔI_L の制御演算により算出する制御量（積分項）の初期値として、引き継ぐことができる。これにより、蓄電装置100を使用する第1のモードから蓄電装置150を不使用とする第2のモードへの切替時において、システム電圧 V_H の変動が発生するのを回避することができる。

[0114] また、電圧制御から電流制御への切替時においては、電流制御演算部442における制御量（積分項）を、電流制御での制御量の初期値として引き継ぐことに加えて、電圧制御演算部440から出力される電流指令値 I_L^* の最終値を、電流制御演算部442に引き継ぐことができる。これにより、第2のモードから第1のモードへの切替時においても、システム電圧 V_H の変動が発生するのを回避できる。

[0115] 図8は、上述したコンバータ110の電流制御および電圧制御の切替えを実現するための制御装置300の処理手順を示すフローチャートである。図8に示すフローチャートの各ステップは、基本的には制御装置300によるソフトウェア処理によって実現されるが、制御装置300に設けられた電子回路等によるハードウェア処理によって実現されてもよい。

[0116] 図8を参照して、制御装置300は、ステップS21により、蓄電装置150を使用する第1のモードが選択されているか否か、すなわち、コンバータ110を電流制御に従って制御しているか否かを判定する。

[0117] 第1のモードが選択されている場合、すなわち、コンバータ110を電流制御に従って制御している場合（ステップS21のYES判定時）には、制御装置300は、続いてステップS22により、第2のモードが選択された

か否か、すなわち、電圧制御が選択されたか否かを判定する。第2のモードが選択されていない場合（ステップS22のNO判定時）には、以降の制御の切替処理をすることなく処理を終了する。

[0118] 一方、第2のモードが選択されたことに従って電圧制御が選択された場合（ステップS22のYES判定時）には、制御装置300は、ステップS23により、スイッチSW1をオンする一方で、スイッチSW2をオフするように制御信号を生成して、スイッチSW1, SW2へ出力する。さらに、制御装置300は、ステップS24に処理を進めて、リレーRL1, RL2をオフする。蓄電装置150が電源ラインHPLから切り離されて不使用とされると、制御装置300は、ステップS25により、コンバータ110を電圧制御に従って制御する。

[0119] これに対して、第2のモードが選択されている場合、すなわち、コンバータ110を電圧制御に従って制御している場合（ステップS21のNO判定時）には、制御装置300は、続いてステップS26により、第1のモードが選択されたか否か、すなわち、電流制御が選択されたか否かを判定する。第1のモードが選択されていない場合（ステップS26のNO判定時）には、以降の制御の切替処理をすることなく処理を終了する。

[0120] 一方、第1のモードが選択されたことに従って電流制御が選択された場合（ステップS26のYES判定時）には、制御装置300は、ステップS27により、スイッチSW1をオフする一方で、スイッチSW2をオンするように制御信号を生成して、スイッチSW1, SW2へ出力する。さらに、制御装置300は、ステップS28に処理を進めて、リレーRL1, RL2をオンする。蓄電装置150が電源ラインHPLに接続されると、制御装置300は、ステップS29により、コンバータ110を電流制御に従って制御する。

[0121] 以上のように、この発明の実施の形態によれば、複数の蓄電装置100, 150を備えた電源システムにおいて、蓄電装置100のみにコンバータを設ける構成としても、蓄電装置100が分担する電力が所定の電力目標値と

なるように、コンバータ 110 を電流制御に従って制御することにより、蓄電装置 150 の充放電電力についても間接的に制御することができる。これにより、蓄電装置 100, 150 を協調的に使用して負荷に電力を供給することができる。この結果、複数の蓄電装置 100, 150 を有効に活用して負荷に電力を供給することができるので、電源システムを小型化かつ低コストで効率的に構成することが可能となる。

[0122] また、蓄電装置 150 の使用および不使用の切替えに従って、コンバータ 110 を電流制御と電圧制御との間で切替えるときには、切替前の制御でのフィードバック制御要素のうちの積分要素の出力（積分項）を、切替後の制御でのフィードバック制御要素のうちの積分要素の初期値として引き継ぐことにより、制御の切替時におけるシステム電圧 V_H の変動の発生を回避することができる。

[0123] なお、図 1 に示した電動車両 5 の負荷 10（すなわち、駆動系）の構成は、図示された構成に限定されるものではない。すなわち、電気自動車、燃料電池自動車等、走行用電動機を搭載した電動車両に対して、本発明は共通に適用することができる。さらに、負荷 10 としては、車両の駆動力を発生する駆動系に限定されず、電力消費を行なう装置に適用することができることを確認的に記載する。

[0124] 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て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。

産業上の利用可能性

[0125] この発明は、複数の蓄電装置を搭載した電源システムに適用することができる。

符号の説明

[0126] 5 電動車両、10 負荷、20 電源システム、30 電力目標値生成部、32 除算部、34, 42 減算部、36, 44 PI制御部、38,

46 伝達関数、40 電圧指令値生成部、50 モード判定部、52 指令値生成部、54 切替部、100, 150 蓄電装置、105, 155 電池センサ、110 コンバータ、120 インバータ、160, 230, 240 電流センサ、170, 180 電圧センサ、190 システムメインリレ、220 エンジン、250 動力分割機構、260 駆動輪、270, 280 回転角センサ、300 制御装置、440 電圧制御演算部、442 電流制御演算部、MG1, MG2 モータジェネレータ、SMR1~SMR3, RL1~RL3 リレー。

請求の範囲

[請求項1]

負荷（10）に電力を供給する電源システム（20）であって、
第1の蓄電装置（100）と、
第2の蓄電装置（150）と、
前記負荷（10）に対して入出力される電力を伝達するための電力線（HPL）と、
前記第1の蓄電装置（100）と前記電力線（HPL）との間で双方向の直流電圧変換を実行するためのコンバータ（110）と、
前記第2の蓄電装置（150）と前記電力線（HPL）との間に接続された開閉器（RL1）と、
前記開閉器（RL1）のオンオフおよび前記コンバータ（110）を制御する制御装置（300）とを備え、
前記制御装置（300）は、前記開閉器（RL1）のオフ時には、前記電力線（HPL）の電圧値が電圧指令値となるように前記コンバータ（110）を電圧制御する一方で、前記開閉器（RL1）のオン時には、前記第1の蓄電装置（100）の電流値が電流指令値となるように前記コンバータ（110）を電流制御する、電源システム。

[請求項2]

前記制御装置（300）は、
前記負荷（10）の動作状態に応じて、前記開閉器（RL1）のオンオフを切替える切替部と、
前記電圧指令値に対する前記電力線（HPL）の電圧値の偏差を積分する積分要素を少なくとも含む電圧フィードバック制御要素（24）の出力に応じて、前記コンバータ（110）を電圧制御する電圧制御部と、
前記電流指令値に対する前記第1の蓄電装置（100）の電流値の偏差を積分する積分要素を少なくとも含む電流フィードバック制御要素（16）の出力に応じて、前記コンバータ（110）を電流制御する電流制御部とを含み、

前記電圧制御部は、前記開閉器（RL1）をオンからオフに切替えるときには、前記電圧フィードバック制御要素（24）における積分要素の初期値として、前記電流フィードバック制御要素（16）における積分要素の出力を、前記電流制御部から引き継ぐ、請求項1に記載の電源システム。

[請求項3]

前記電流制御部は、前記開閉器（RL1）をオフからオンに切替えるときには、前記電流フィードバック制御要素（16）における積分要素の初期値として、前記電圧フィードバック制御要素（24）における積分要素の出力を、前記電圧制御部から引き継ぐ、請求項2に記載の電源システム。

[請求項4]

前記電圧制御部は、

前記電圧指令値に対する前記電力線（HPL）の電圧値の偏差を比例積分演算し、算出した制御量を前記電流指令値として出力する電圧制御演算部（440）と、

前記電圧制御演算部（440）から出力される前記電流指令値に対する前記第1の蓄電装置（100）の電流値の偏差を比例積分演算し、算出した制御量を前記コンバータ（110）へのデューティ比指令値として出力する電流制御演算部（442）とを含み、

前記電流制御演算部（442）は、前記開閉器（RL1）のオン時には、前記電圧制御演算部（440）から出力される前記電流指令値に代えて、前記第1の蓄電装置（100）が分担すべき電力目標値に応じて設定された前記電流指令値を受けるとともに構成されることにより、前記電流制御部として機能する、請求項2または3に記載の電源システム。

[請求項5]

前記負荷（10）は、前記電源システム（20）から供給される電力を受けて車両駆動力を発生する電動機（MG2）を含み、

前記電圧制御部は、前記電動機（MG2）のトルクおよび回転数に応じて前記電力線（HPL）の必要最低電圧を算出するとともに、前

記必要最低電圧以上の範囲で前記電圧指令値を設定し、

前記電流制御部は、前記電動機（MG 2）のトルクおよび回転数に応じて前記電動機（MG 2）の必要電力を算出するとともに、前記電動機（MG 2）の必要電力に応じて前記第1の蓄電装置（100）が分担すべき電力目標値を決定し、かつ、前記電力目標値を前記第1の蓄電装置（100）の電圧で除算することにより記電流目標値を設定する、請求項1に記載の電源システム。

[請求項6]

負荷（10）に電力を供給する電源システム（20）の制御方法であって、

前記電源システム（20）は、

第1の蓄電装置（100）と、

第2の蓄電装置（150）と、

前記負荷（10）に対して入出力される電力を伝達するための電力線（HPL）と、

前記第1の蓄電装置（100）と前記電力線（HPL）との間で双方向の直流電圧変換を実行するためのコンバータ（110）と、

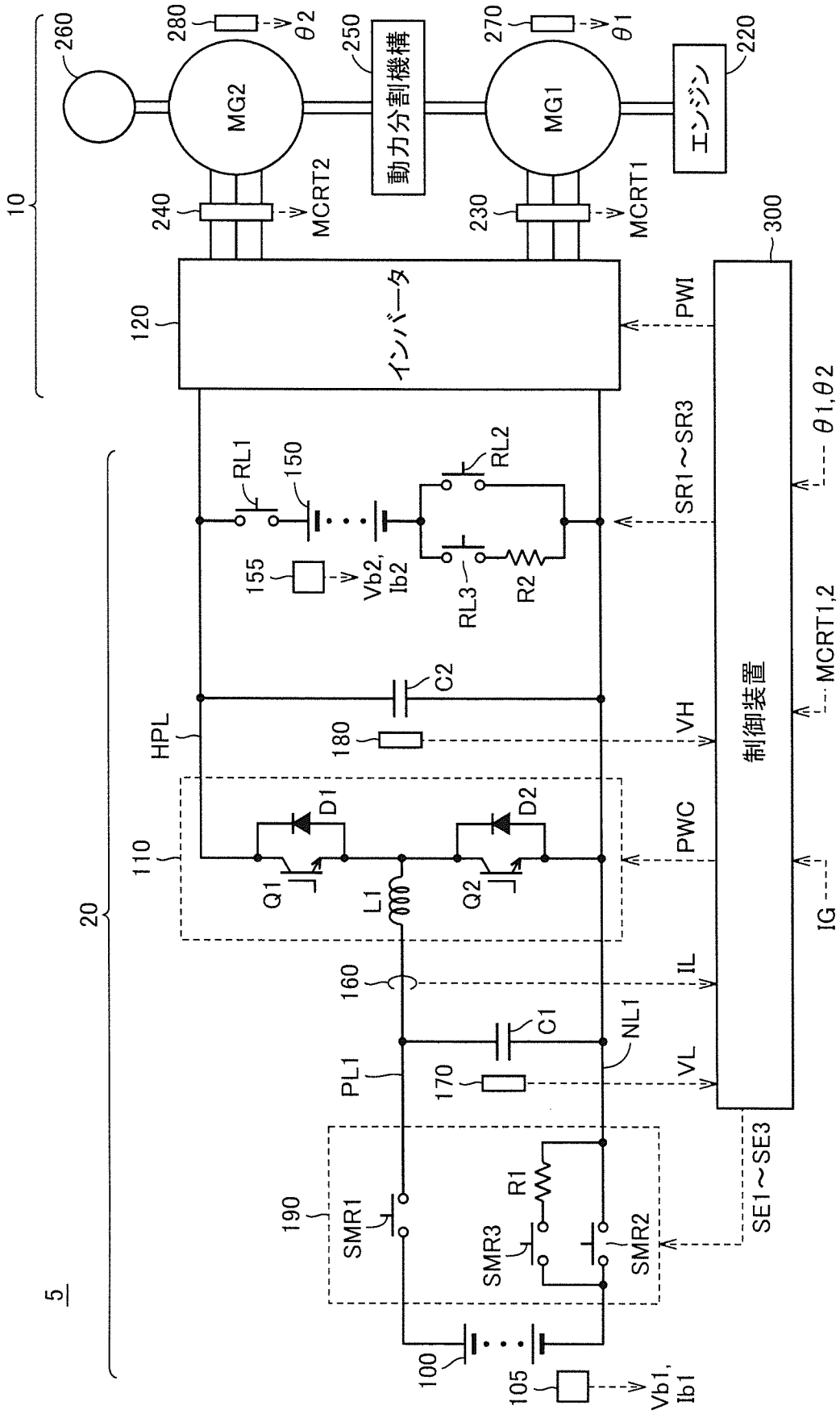
前記2の蓄電装置（150）と前記電力線（HPL）との間に接続された開閉器（RL1）とを含み、

前記制御方法は、

前記開閉器（RL1）のオフ時には、前記電力線（HPL）の電圧値が電圧指令値となるように前記コンバータ（110）を電圧制御するステップと、

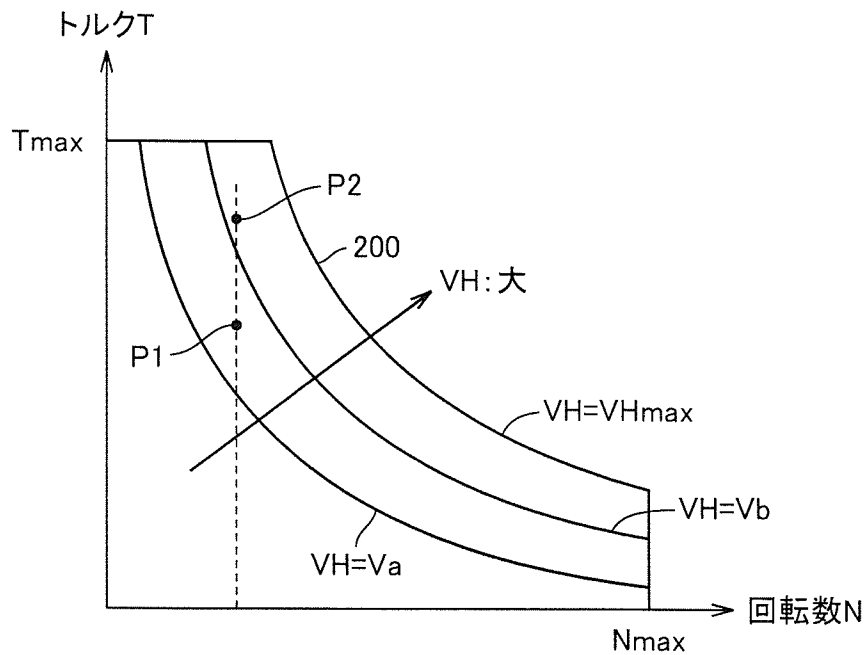
前記開閉器（RL1）のオン時には、前記第1の蓄電装置（100）の電流値が電流指令値となるように前記コンバータ（110）を電流制御するステップとを備える、電源システムの制御方法。

[図1]

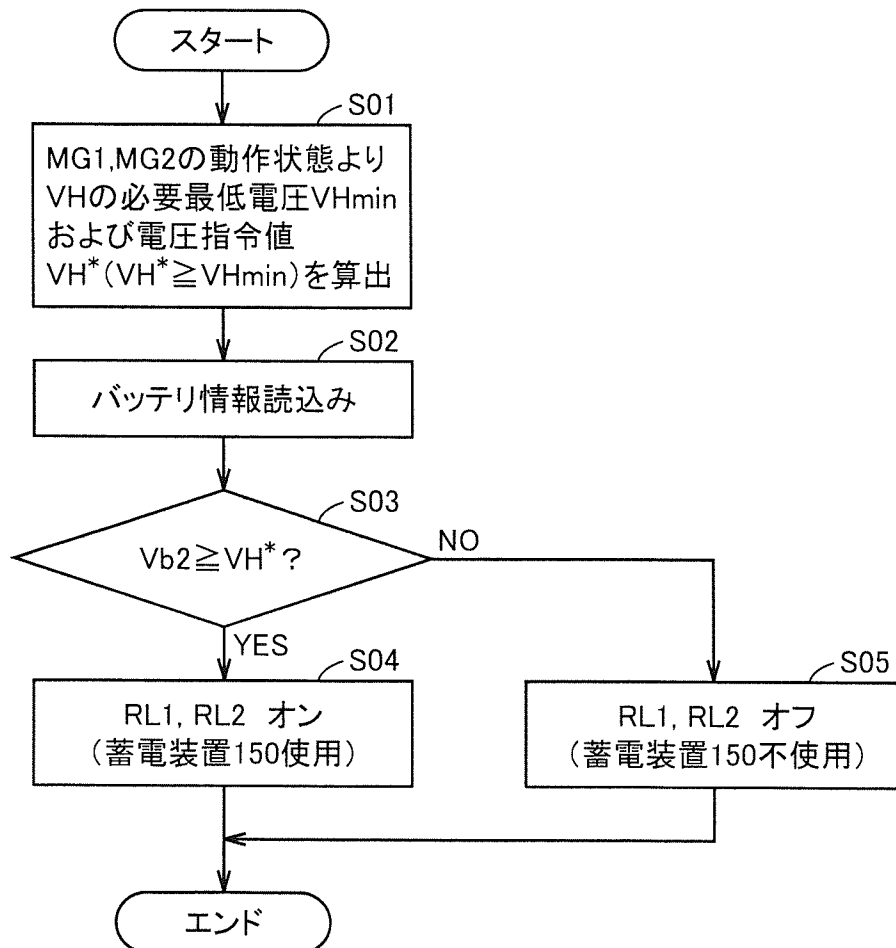


5

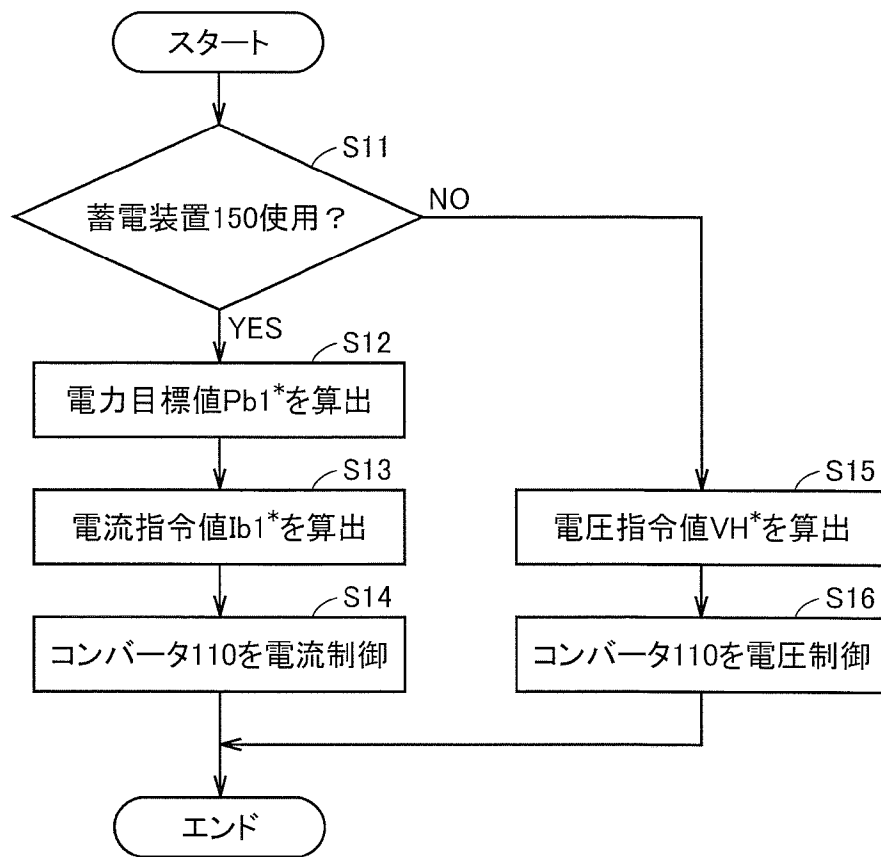
[図2]



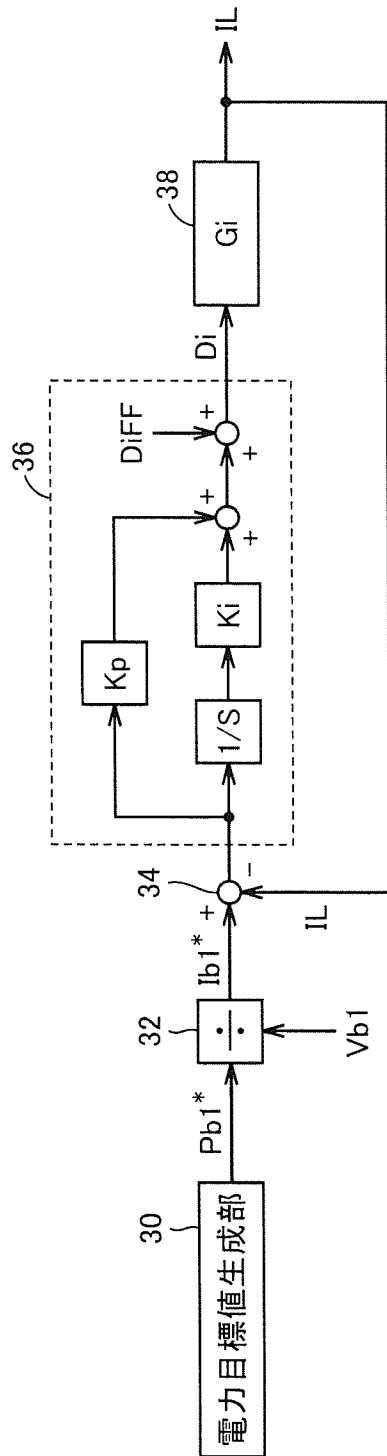
[図3]



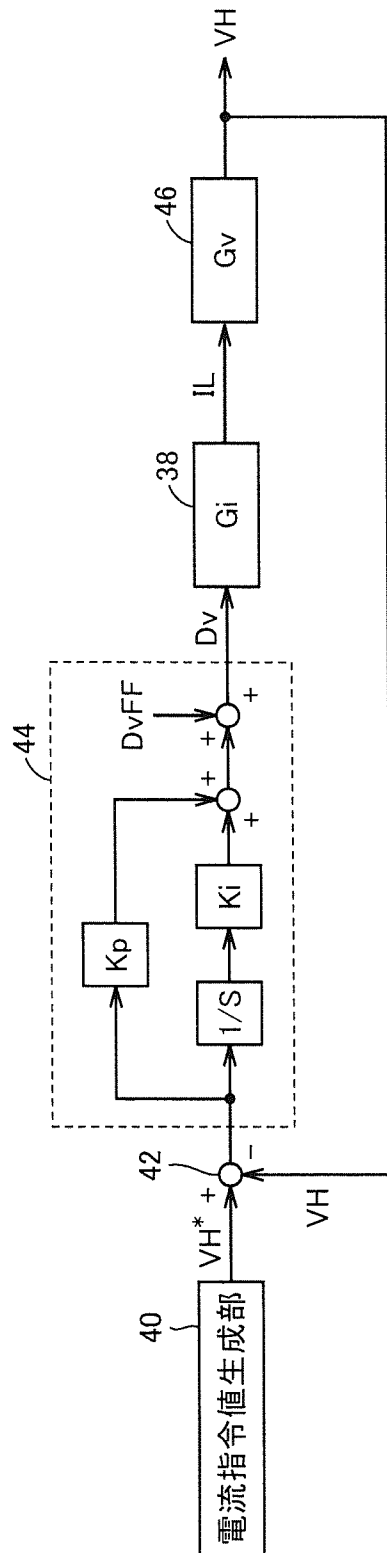
[図4]



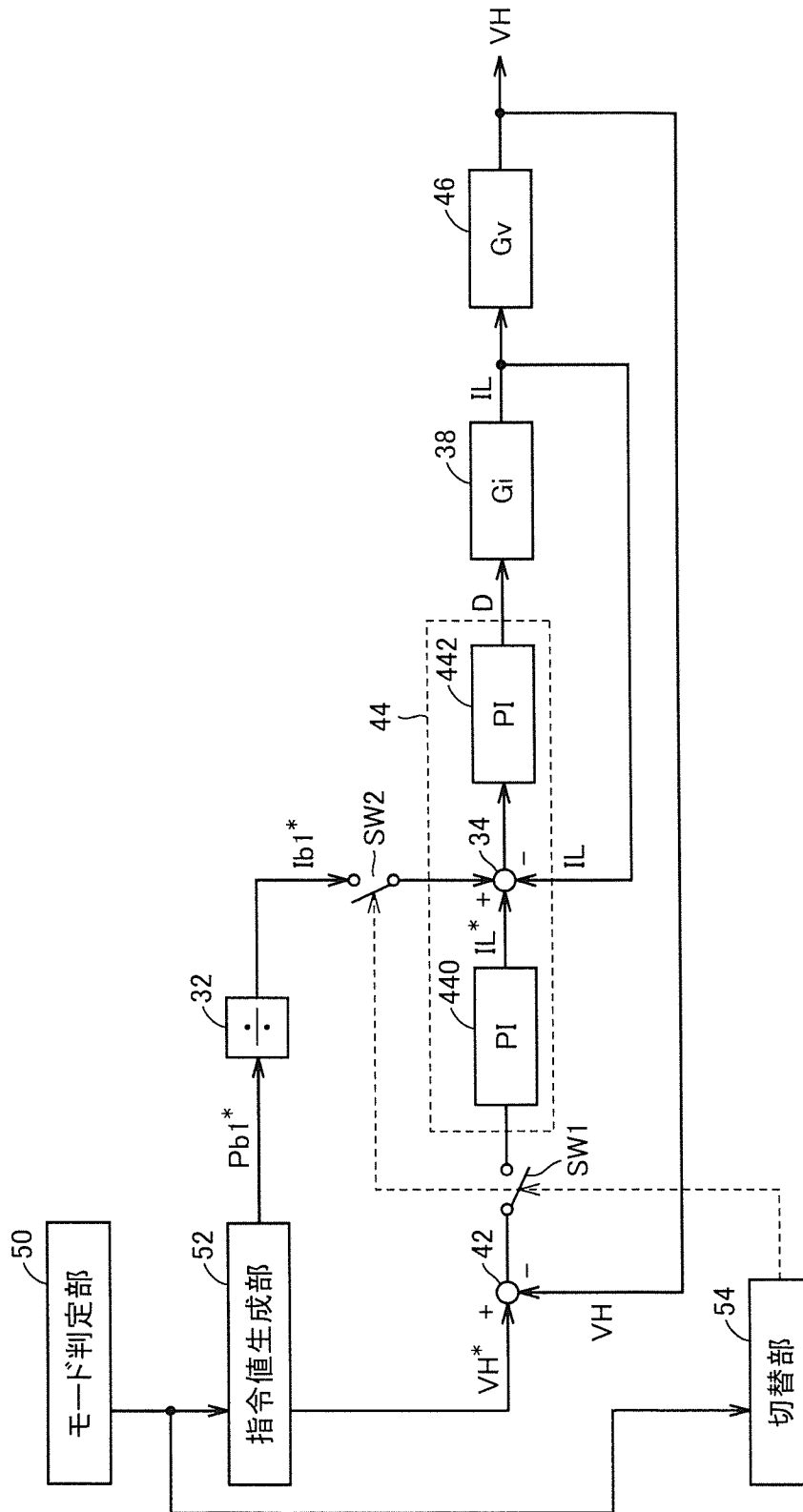
[図5]



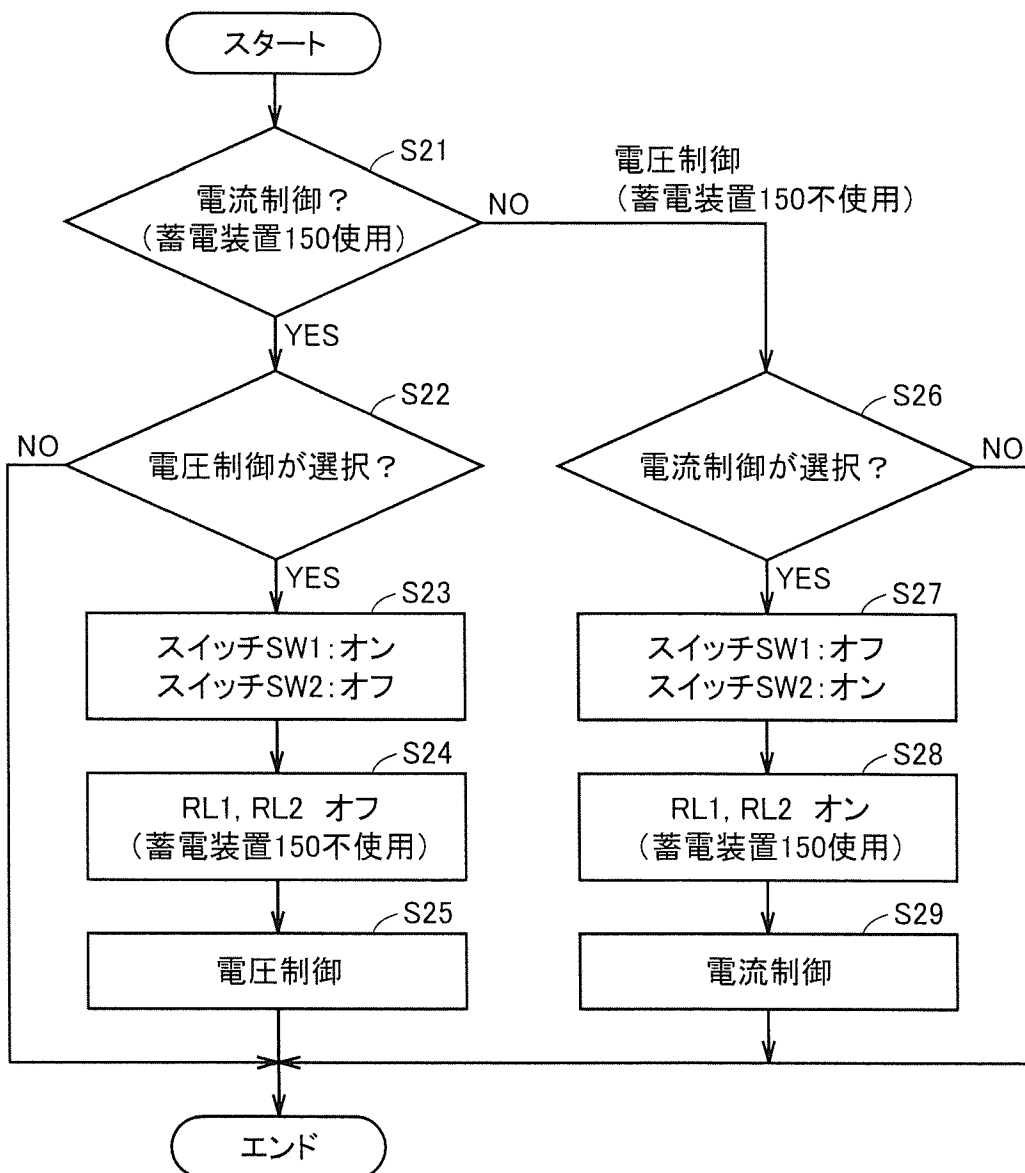
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2011/071987
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J7/00(2006.01) i, B60L11/18(2006.01) i, H02J7/34(2006.01) i, H02M3/155(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)
H02J7/00, B60L11/18, H02J7/34, H02M3/155

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2009-89536 A (Toyota Motor Corp.), 23 April 2009 (23.04.2009), claims 1, 3; paragraphs [0020] to [0022], [0031]; fig. 1 (Family: none)	1, 5, 6
Y	JP 2007-135375 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraphs [0017] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	1, 5, 6
A	JP 2011-125144 A (Toyota Motor Corp.), 23 June 2011 (23.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 06 June, 2012 (06.06.12)	Date of mailing of the international search report 19 June, 2012 (19.06.12)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02J7/00(2006.01)i, B60L11/18(2006.01)i, H02J7/34(2006.01)i, H02M3/155(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 (IPC))

Int.Cl. H02J7/00, B60L11/18, H02J7/34, H02M3/155

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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 請求項の番号
Y	JP 2009-89536 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.04.23, 【請求項1】 【請求項3】【0020】-【0022】【0031】【図1】 (ファミ リリーなし)	1, 5, 6
Y	JP 2007-135375 A (日産自動車株式会社) 2007.05.31, 【0017】 - 【0019】【図1】 (ファミリリーなし)	1, 5, 6
A	JP 2011-125144 A (トヨタ自動車株式会社) 2011.06.23, 全文、全 図 (ファミリリーなし)	1-6

☐ 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リー文献

国際調査を完了した日

06.06.2012

国際調査報告の発送日

19.06.2012

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)

石川 晃

5 T

3986

電話番号 03-3581-1101 内線 3568