

(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
2016 年 1 月 7 日(07.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/002485 A1

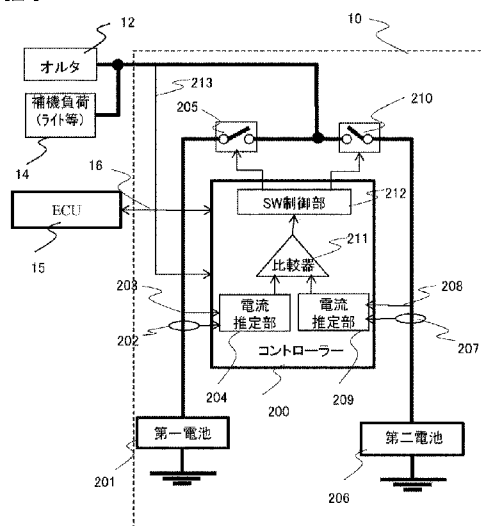
- (51) 国際特許分類:
H02J 7/02 (2006.01) H02J 7/10 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01) H02J 7/34 (2006.01)
H02J 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067107
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 15 日(15.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-133495 2014 年 6 月 30 日(30.06.2014) JP
- (71) 出願人: 日立化成株式会社(HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1006606 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井上 健士(INOUE Takeshi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 山田 恵造(YAMADA Keizo); 〒1006606 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 日立化成株式会社内 Tokyo (JP). 松本 哲也(MATSUMOTO Tetsuya); 〒1006606 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 日立化成株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 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, 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, KN, KP, KR, 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, 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.

[続葉有]

(54) Title: BATTERY SYSTEM

(54) 発明の名称: 電池システム

[図2]



- 12 Alternator
14 Auxiliary machine load (light or the like)
200 Controller
201 First battery
204, 209 Current estimation unit
206 Second battery
211 Comparator
212 SW control unit

(57) Abstract: In a battery system in which a plurality of kinds of batteries are connected via switches (SW), when the switches (SW) are changed over with a voltage (charging rate), charging electric charges at the time of charging can be further increased in some cases depending on the direct-current resistances of the batteries. The present invention provides switch (SW) changeover control such that charging electric charges can be further increased. According to a first characteristic of the present invention, a battery system in which a first battery and a second battery are connected in parallel via switches (SW) includes a means for measuring the resistance and an open circuit voltage (OCV) of each of the batteries and estimating a charging current, wherein a combination of the switches (SW) such that large charging electric charges can be obtained is adopted, thereby making it possible to further increase the charging electric charges.

(57) 要約: 複数の種類の電池をスイッチSWを介して接続する電池システムにおいて、電圧(充電率)でスイッチSWを切り替えた場合には、電池の直流抵抗次第では、充電時の充電電荷を更に増やせる場合があった。本発明は、充電電荷を更に増やせるようなスイッチSW切り替え制御を提供することにある。本発明の第一の特徴は、第一の電池と第二の電池をスイッチSWを介して並列に接続された電池システムにおいて、各電池の抵抗とOCVを計測して充電電流を推定する手段を要し、充電電荷が大きくなるようなスイッチSW組み合わせに切り替えることで、充電電荷を更に増やすことができる。



(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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：電池システム

技術分野

[0001] 本発明は電気的な負荷に電力を供給する電池システムに係り、2つの二次電池で構成される蓄電システムに関するものである。

背景技術

[0002] エネルギーマネジメントシステムの一例として、近年の自動車はアイドリングストップ機能に加えて、減速時の回生エネルギーを発電機（オルタネータ）によって電気エネルギーに変換して電池に充電し、この電池を用いて電気負荷であるヘッドライト、ヒータ等の補機の電源とするマイクロハイブリッド自動車（以下、マイクロHEVと呼ぶ）が開発されている。ここで、近年のマイクロHEVの二次電池は、鉛電池ともう一種類の電池（以下、サブ電池と呼ぶ）を用いることがある。これは、回生エネルギーをより多く回収するためである。この3車種で用いられるサブ電池は、開放電圧（以下OCV（Open Circuit Voltage）と呼ぶ）が鉛電池とほぼ同じであるため、鉛電池とサブ電池の2つの電池を並列に繋いだ場合でも、電池間で電流のやり取り（以下、横流と呼ぶ）を防ぐことができる。

[0003] しかしながら、サブ電池に、鉛電池とOCVの違う電池を用いた場合、横流が発生し、損失が起き、回生エネルギーを十分に回収できない。特に、サブ電池に、充電電流を大きくでき、かつ耐温度性と寿命に優れるキャパシタ（正確には電池では無く蓄電デバイスであるが、本稿では電池と表記する）を使用した場合には、横流が顕著になる。

[0004] 横流を防止するためには、鉛電池とサブ電池の間にDCDCコンバータを入れる方法があるが、コスト高となる。そこで、低コストにするため（マイクロHEVに限らず）ハード構成として特許文献1（特開2010-115050）に見られる方法により、鉛電池とサブ電池にそれぞれスイッチSWを直列に挿入して、並列接続することにより、横流を防止する方法が考えら

れる。

[0005] スイッチSW切り替え方法として、特許文献1には、主電池とサブ電池との充電率が均等になるように、スイッチSWを切り替える方法が開示されている。また、特許文献2には電圧変化による切り替え方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-115050号公報

特許文献2：特許第3716776号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1のように、鉛電池（以下では第一の電池と記す）とサブ電池（以下では、更に第二の電池と記す）の充電率を、電圧および電流の値から求め、その結果に基づいて充電を行うべき電池の判断をする場合、電池の抵抗次第では、充電量が十分でない場合でも充電量が十分と判断される可能性があり、この場合、電池は電荷を更に吸える余地が残っていた。特に、マイクロHEVのように容量や抵抗等の性質が異なる複数の電池間で充電を切り替える場合（例えば鉛蓄電池とリチウムイオン二次電池）、リチウムイオン二次電池のみしか充電されない問題が生じる。即ち、リチウムイオン二次電池の電圧が上昇しても、鉛蓄電池と比較して抵抗が小さいため、鉛電池への切り替えが無く、第一の電池と第二の電池への総充電量を向上する余地があった。

[0008] 本発明は、性質が異なる第一の電池と第二の電池のような場合であっても、総充電量を向上できる電池システムの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は以下を含むものである。

[0010] スイッチSWを介して、第一の電池と第二の電池を並列に接続する電池シ

ステムにおいて、少なくとも前記第一の電池の内部抵抗から前記第一の電池の充電電流を推定する手段および、少なくとも前記第二の電池の内部抵抗から前記第二の電池の充電電流を推定する手段を有し、前記第一の電池の充電電流と前記第二の電池の充電電流に基づいて、前記第一の電池と前記第二の電池への充電電荷の和が大きくなる方式にて前記スイッチSWを切り替えることを特徴とする電池システム。

[0011] また、前記スイッチSWは、第一のスイッチSWおよび第二のスイッチSWであり、前記第一のスイッチSWと前記第二のスイッチSWとは並列に接続されており、前記第一の電池は、前記第一のスイッチSWを介して負荷と接続されており、前記第二の電池は、前記第二のスイッチSWを介して前記負荷と接続されている電池システム。

[0012] 放電時には第二の電池を先に放電させ、第二の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、第一の電池に切り替え放電する、または、前記第一の電池を先に放電させ、第一の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、前記第二の電池に切り替え放電することを特徴とする電池システム。

[0013] 前記方式は、回生充電時に前記スイッチSWを一度切り替えるものであり、回生時間を T 、第二の電池の充電時間を τ ($T > \tau$)、第一の充電時間を $T - \tau$ とした時に、まず第二の電池の充電を行い、第一の電池と前記第二の電池の充電量が最大となるタイミング τ で前記第一の電池に前記スイッチSWの切り替えを行うことを特徴とする電池システム。

[0014] 前記 τ は、第一の電池の電流時系列 ($i_1(t)$) と第二の電池の時系列 ($i_2(t)$) を推定し、 $i_1(t) = i_2(\text{充電終了時間} - t)$ となる充電開始からの時刻 t であり、初めに前記第二の電池を充電し、充電開始から t 経過後に第一の電池を選ぶように前記スイッチSWを切り替えることを特徴とする電池システム。

[0015] 回生充電時間 T が不明の場合、第一の電池の電流時系＝第二の電池の電流収束値となる時刻 t を求め、前記 τ とすることを特徴とする電池システム。

- [0016] 前記方式は、回生充電時に前記スイッチSWを複数回切り替えるものであり、前記第一の電池の推定充電電流と前記第二の電池の推定電流を比較し、推定電流の大きい方の電池を選択するようにスイッチSWを切り替え充電することを特徴とする電池システム。
- [0017] 前記第一の電池、前記第二の電池単独充電のどちらかが定電圧充電となるまでは、定期的にスイッチSWを切り替え、充電することを特徴とする電池システム。
- [0018] 前記第一の電池が定電流充電となる場合、前記第一の電池のスイッチSWの時間比率を初め1とし、前記第一の電池が定電流充電終了状態になった後に、前記第一の電池のスイッチSW時間比を、 $(\text{オルタネータの定電圧充電時の電圧} - \text{第一の電池の開放電圧}) / (\text{オルタネータの定電流充電時の電流} \times \text{分極抵抗})$ とすることを特徴とする電池システム。
- [0019] 前記負荷はオルタネータであり、前記第一の電池が定電流充電となる場合、前記オルタネータの定電流充電時の電流 $=$ 第二の電池の分極電圧 $/$ (第二の電池の分極抵抗 $\times$ (1 + 第二の電池の分極容量 $/$ 第二の電池の容量)) + 第一の電池の分極電圧 $v_p(t)$ $/$ 第一の電池の分極電圧となるように、前記第一の電池のスイッチSWの時間比率を制御することを特徴とする電池システム。
- [0020] 前記方式は、回生充電時に前記スイッチSWを複数回切り替えるものであり、充電時に前記スイッチSWを複数回切り替えかつ、同時接続を許す場合、第一の電池単独、第二の電池単独充電、第一第二の電池両方を繋いだ時の3つ場合の第一電池、第二電池の充電電流を推定し、第一の電池もしくは第二の電池が放電となる場合には、第一の電池と第二の電池の充電電流の大きい方の電池を接続するようにスイッチSWを切り替え、そうでない場合に、単独電池では定電圧充電となる場合、第一第二の電池両方を接続し、更にそうでない場合には、第一の電池単独のスイッチSWオン時間、第二の電池単独のスイッチSWオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を制御して、定電流充電となるようにすることを特徴とする電池システム。

- [0021] 前記第一の電池単独の前記のスイッチSWのオン時間、前記第二の電池単独の前記スイッチSWのオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を予め定められた値とすることを特徴とする電池システム。
- [0022] 前記第一の電池単独のスイッチSWオン時間、前記第二の電池単独のスイッチSWのオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率として、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を0とし、初めに第一の電池のスイッチSWの時間比率を初め1とし、前記第一の電池が定電流充電終了状態になった後に、第一の電池のスイッチSW時間比を、 $(\text{オルタネータの定電圧充電時の電圧} - \text{第一の電池の開放電圧}) / (\text{オルタネータの定電流充電時の電流} \times \text{分極抵抗})$ とすることを特徴とする電池システム。
- [0023] 前記第一の電池単独のスイッチSWオン時間、前記第二の電池単独のスイッチSWオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率として、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を0とし、オルタネータの定電流充電時の電流 $= \text{第二の電池の分極電圧} / (\text{第二の電池の分極抵抗} * (1 + \text{第二の電池の分極容量} / \text{第二の電池の容量 (F換算値)}) + \text{第一の電池の分極電圧} / \text{第一の電池の分極抵抗})$ となるように、前記第一の電池のスイッチSWの時間比率を制御することを特徴とする電池システム。
- [0024] 前記第一の電池の電圧、電流、前記第二の電池の電圧、電流、前記オルタネータと補機の電圧を計測する手段を有し、前記第一の電池の直流抵抗、スイッチSWの抵抗、分極容量、分極抵抗、分極電圧、開放電圧、および第二の電池の容量を計測することを特徴とする電池システム。
- [0025] 前記電池の直流抵抗、スイッチSWの抵抗を、スイッチSWオンからオフに変わるまたは、スイッチSWオフからオンに変わる前後の電流、電圧の変化より求め、前記電池の開放電圧を電池の電圧 $- \text{直流抵抗} \times \text{電流}$ として求めることを特徴とする電池システム。
- [0026] 分極抵抗、分極容量、および第二の電池の容量を、予め仮定した回路方程式に合うように、電池の電流時系列、電圧時系列よりパラメータをオンラインで推定することを特徴とする電池システム。

- [0027] 分極電圧＝－計測時刻前の分極電圧×（1－計測時間刻み幅／（分極抵抗×分極容量））＋計測電流×計測時間刻み幅／分極容量として推定することを特徴とする電池システム。
- [0028] 定常状態となる電池の開放電圧を、開放電圧－分極電圧とすることを特徴とする電池システム。
- [0029] 予め電池の定常状態となる電池の開放電圧と電池の充電率の関係を保持し、システムがスタートした時の電圧より、電池の初期充電率を求め、その後電流積分の値／電池の容量（A h）を加えて充電率を更新し、更に充電率から定常状態となる開放電圧を求めることを特徴とする電池システム。
- [0030] 電池の分極電圧を、計測した電池の電圧－直流抵抗×計測電流－定常状態となる電池の開放電圧とすることを特徴とする電池システム。
- [0031] 上位のコントローラに電池システムが充電できる電流を通信回線を通して送信することを特徴とする電池システム。
- [0032] 上位のコントローラから充電開始信号、定電流充電時の電流、定電圧充電時の電圧を、通信回線を通して電池システムに送信することを特徴とする電池システム。
- [0033] 上位のコントローラから充電開始から終了までの時刻を充電開始と共に、通信回線を通して電池システムに送信することを特徴とする電池システム。

発明の効果

- [0034] 本発明によれば、性質が異なる第一の電池と第二の電池のような場合であっても、総充電量を向上できる電池システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0035] [図1]本発明が適用される電池システムを搭載したマイクロH E Vの概略を示した構成図である。
- [図2]本発明の電池システムの概略を示した構成図である。
- [図3]本発明が適用される電池システムの全体処理を示す図である。
- [図4]非回生時の電池システムの処理を示す図である。
- [図5]クランキング中の処理を示す図である。

[図6]電池を並列に接続した場合の等価回路を示す図である。

[図7]電池の開放電圧のテーブル例を示す図である。

[図8]電池の等価回路を示す図である。

[図9]電池の分極抵抗・容量のテーブル例を示す図である。

[図10]電池の直流抵抗のテーブル例を示す図である。

[図11]スイッチSWのテーブル例を示す図である。

[図12]電源システムに瞬停対策用コンデンサーを付加した図である。

[図13]スイッチSWのゲート処理を示した図である。

[図14]長期駐車後の電池電圧低下時の対応処理の図である。

[図15]回生充電時のスイッチ制御の例を示す図である。

[図16]大容量電池の等価回路を示す図である。

[図17]小容量電池の等価回路を示す図である。

[図18]キャパシタの等価回路を示す図である。

[図19]電池切り替え時間を算出するための幾何学的イメージを示す図である。

[図20]回生充電時のスイッチ制御の別の例を示す図である。

[図21]定電流充電時のスイッチSW選択処理例を示す図である。

[図22]回生充電時のスイッチ制御の更に別の例を示す図である。

[図23]電池の諸元例を示す図である。

[図24]回生充電電荷の効果比較を示す図である。

[図25]回生充電時のスイッチ制御の第4の実施例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明するが、本発明は以下の実施形態に限定されることなく、本発明の技術的な概念の中で種々の変形例や応用例をもその範囲に含むものである。例えば、以下に説明する実施例は、電池電圧を変えることによりHEV、XEMS（HEMS、BEMS）にも、電気自動車、鉄道に搭載される蓄電システムにも適用できる。

[0037] 図1はマイクロH E Vの構成の概略である。

[0038] 図1において、電池システム10（2種類の二次電池、例えば鉛電池とキャパシタをも含む別電池で構成されるパックであり後述）を搭載したマイクロH E V 17は、エンジン11、エンジン12に機械的に接続された発電機12（オルタネータ）、ライト、エアコンファン、スタータ等の電気負荷である補機負荷14、上位コントローラであるE C U 15、通信線16から構成されている。

[0039] ここで、マイクロH E V 17の補機負荷14の電力はアイドリングストップ時には電池システム10から供給される。そして、自動車の減速時には自動車の惰行によって生じるタイヤからの回転力（減速エネルギー）でオルタネータ12を回転、動作させ、このオルタネータ12によって発生した電気エネルギーを補機負荷14に電力として供給する共に、電池システム10内の二次電池に充電するように構成されている。ここで、オルタネータ12の電圧は補機負荷14の定格電圧（例えば14V）としている。なお、オルタネータは、通常は定電流電源となる。しかしながら、電圧が予め規定された値になったときには、制御により一定電圧（通常的車では14V）に制御される。即ち、オルタネータはC C C V（C o n s t a n t C u r r e n t C o n s t a n t V o l t a g e）充電機と看做す。また、E C Uは回生時のオルタネータO n / O f f、機械式ブレーキのコントロールを行い、また電源システムに充電電流を送信する。

[0040] 図2は、本発明の電池システムの概略を示した構成図である。

[0041] 電池システム10は、第一の電池（一般的には鉛電池）201、第一の電池の電流を監視する電流計202、第二の電池の電圧を監視する電圧センシング線203、第一の電池の電流を推定する電流推定部204、第一の電池に直列に接続されるスイッチS W 205、第二の電池206、第二の電池の電流を監視する電流計207、第二の電池の電圧を監視する電圧センシング線208、第二の電池の電流を推定する電流推定部209、第二の電池に直列に接続されるスイッチS W 210、電流を比較する比較器211、スィッ

チSWを制御するための信号を作成するスイッチ制御部212、オルタネータ・補機の電圧センシング線213から構成される。

[0042] コントローラ200は、スイッチ制御部212、比較器211、電流推定部204、209を有している。コントローラ200は、各電池の電流、電圧、および上位コントローラ16からの情報を信号線18を介して、スイッチSW205、スイッチSW210のOn/Off状態を制御する。このスイッチSWの切り替えによって、発電機12からの電流を第一の電池に流すか、または第二の電池に流すかを切り替えることができる。

[0043] ここで、スイッチSWの信号を直接制御するのは、コントローラ200内のスイッチ制御部212となる。コントローラ200の電源は第一の電池を用いても良い。また、スイッチSW205、スイッチSW210は両方Offの状態を禁止するようにして、補機電源喪失を防いでいる。更にスイッチSW205、スイッチSW210は、パワーMOS-FET、IGBT、機械式リレーを使用しても良い。

[0044] 上記機構により、第一の電池201、第二の電池206は、或る状態では補機負荷14に電力を供給するように放電し、また、マイクロHEV17の減速時に発電機13で発電された電気エネルギーで充電される。

[0045] 第一の電池201、第二の電池206としては、鉛電池、ニッケル水素電池、ニッケル亜鉛電池、リチウムイオン電池、電気二重層キャパシタ、リチウムイオンキャパシタ等が使用可能である。

[0046] 通常、第一の電池201には、鉛電池を使う。この理由は、長期間に渡る駐車中の保安装置等の電力を確保するため、容量(Ah)の大きな電池が必要なためである。

[0047] また、第二の電池206は、通常電流を多く充電できるように設計されたキャパシタ、リチウムイオンキャパシタ、リチウムイオン電池、ニッケル亜鉛電池、ニッケル水素電池を用いても良い。なお、リチウムイオンキャパシタ、リチウムイオン電池の定格電圧は一般的には3Vから4.2Vの範囲であるため、車両電圧範囲の目安である8V（オーディオの音飛び電圧の目安

）から14Vの範囲に収めるためには、4直列で使用する。ニッケル水素電池の場合には10本使用する。ニッケル亜鉛電池の場合は8本から10本、キャパシタの場合には7本を使用する。

[0048] このように、一般的に、第1の電池201は鉛電池のような容量(Ah)を重視した容量型電池や蓄電素子が用いられ、第2の電池206にはリチウムイオン電池やキャパシタのようなパワーの出せるパワー型電池が用いられるが、これに限定される訳ではなく、第1の電池301、第2の電池302として、同種の電池を用いても良い。

[0049] 第一電池の電流計202、第二電池の電流計207には、ホール素子やシャント電流計を用いることができる。

[0050] 本発明では、第一の電池201と第二の電池206をスイッチSWを介して並列に接続された電池システム、例えば上記した電池システム10において、各電池の抵抗とOCVを計測して充電電流を推定する手段を要し、各電池への総合充電電荷が大きくなるようなスイッチon/off組み合わせに切り替えることができる。

[0051] 各電池に設置された電流計の結果に基づいてスイッチSWを切り替えるのではなく、各電池の抵抗とOCVを計測して充電電流を推定する手段により得られた情報を元に第一の電池201と第二の電池206をスイッチSWを切り替えを行うので、抵抗、容量等の性質が異なる第一の電池と第二の電池のような場合であっても、総充電量を向上できる電池システムの提供することができる。

[0052] ここで、充電電荷が大きくなるようなスイッチSW組み合わせを判定するに当たり、それぞれ以下3つの実施形態を説明する。なお、下記3つの実施形態はユーザーが選択することができる。

[0053] 第一の実施形態は、回生時にまず、第一の電池201と第二の電池206のどちらかの電池を選択し充電し、その後スイッチSWを切り替え、他方の電池に充電を行うものであり、回生開始から終了までの間に一度だけスイッチの切り替えを行うものである。切り替えのタイミングとしては、例えば、

片方のみの電池を繋いだ場合の電流時系列を推定し、第一の電池の電流時系列を $I(t)$ 、第二の電池の電流時系列を $i(t)$ とした時に時系列 $I(T-\tau)$ 、 $i(\tau)$ を比較し等しくなるように非線形方程式の解 τ を求め、回生から τ 経過したときに、第二電池から第一電池に切り替える (T は回生時間)。

[0054] 第二の実施形態は、回生開始から終了までの間にスイッチを複数回切り替えるものである。一定間隔で第一の電池と第二の電池の推定電流を求め、その都度、第一の電池と第二の電池の推定電流のうち、推定電流が大きい方にスイッチを切り替える。ここで、電池が定電流充電モードとなる場合には、どちらの電池に繋いでも電流が同じになるため、以下のようにしても良い。電池を *Open* にした場合に電圧が落ちの速くなる電池 (以下、分極解消の速い電池) を先に *CC* 充電する。その後、分極解消の速い電池の *OCV* が一定になるように、スイッチ *SW* を第一の電池と第二の電池を交互に切り替える。このようにすることで、分極解消による電池電圧低下による回復の利用でき、*CC* 充電時間が延び、より充電電荷が大きくなる。

[0055] 第三の実施形態は、回生開始から終了までの間にスイッチを複数回切り替えるものであり、かつ両方の電池を同時に充電するよう接続しても良いものである。前述した第二の実施形態の *CC* 充電終了後に、2つの電池のスイッチを *On* とする。また、この際、常時横流を監視して、横流が発生した場合には、即座に充電電流の大きくなる方の電池1つのみのスイッチ *SW* を *On* にする等の制御を組み合わせることで横流を防ぐことができる。

[0056] 第四の実施形態は、第一のスイッチ、第二のスイッチを *On* として、第一の電池、第二の電池両方の電池を接続しても良いが、スイッチ *SW* の切り替え回数を少なくするものである。第三の実施形態の *CC* 充電後に、まず片方の電池の充電を行い、仮に並列にした場合でも横流が発生しない電圧まで充電する。その後、並列にしたとしても横流が発生しないならば、並列接続とする。

[0057] 第四の実施形態は、第一のスイッチ、第二のスイッチを *On* として、第一

の電池、第二の電池両方の電池を接続しても良いが、スイッチSWの切り替え回数を少なくするものである。第三の実施形態のCC充電後に、まず片方の電池の充電を行い、仮に並列にした場合でも横流が発生しない電圧まで充電する。その後、並列にしたとしても横流が発生しないならば、並列接続とする。

[0058] 実施例1、2のように第一の電池と第二の電池の同時接続をしない場合は、スイッチは、並列に接続された第一の電池の第二の電池一つ交わる点の一つ設ければよく、複数であってもよい。これに対して、同時接続を許す実施例3、4の場合、スイッチは、第一のスイッチおよび第二のスイッチであり、第一のスイッチSWと第二のスイッチSWとは第一の電池、第二の電池同様に並列に接続されており、第一の電池は、前記第一のスイッチSWを介して負荷（補助負荷14、オルタネータ12等）と接続されており、第二の電池は、第二のスイッチSWを介して前記負荷と接続される。

[0059] また、本発明では、放電時は、横流を防ぐため、両方の電池をOnとしないようにし、かつ次回の回生で第二の電池のOCVを低くして、回生充電が増えるようにするため、放電時には第二の電池を先に放電させ、第二の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、第一の電池に切り替え放電する、または、第一の電池を先に放電させ、第一の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、第二の電池に切り替え放電する但し、エンジンを始動する際（クランキング）には300Aにも及ぶ電流を必要とするため、第一の電池のみではパワーが出せず、クランキング不能となる場合もあり得る。この場合には、第一と第二の電池を並列に繋いでパワー不足を補っても良いし、第二の電池から、第一の電池に繋ぎ換えても良い。

[0060] 以下、全体の制御を含め実施例1～3を詳細に説明する。

実施例 1

[0061] 図3に工場出荷後、もしくは第一の電池交換後における、イグニッションオンからオフ、駐車中における制御の全体処理の概略を示す。

[0062] 初めに、ステップ31にて、駐車中と看做し、スイッチSW205をオン

、スイッチSW210をオフにして、ステップ32にてコントローラ200をスリープとして、駐車中の保安装置の電力を第一の電池に担当させ、低消費電力モードに移行する。

[0063] この処理はイグニッションスイッチがOnになるまで継続する。判定33にてイグニッションがOnになった場合には、ステップ34に処理を移行させ、コントローラをウェイクアップさせる。

[0064] 次に、ステップ35にて回生開始かどうかを判定する。この判定は、ECU16からの信号により判断する。回生開始後にはステップ36の回生充電制御に処理を移す。この詳細は別実施例にて述べる。ステップ36が終了した場合には、非回生制御ステップ37に処理を移す。そしてステップ39の判断にてイグニッションオンが継続しているならばステップ35へ、イグニッションオフになったならば、駐車中の処理であるステップ31に処理を移す。なお、イグニッションスイッチの信号はECU16からの情報を得る。

[0065] ステップ35からステップ39の処理は、定期的に制御周期（例えば10msや0.1s）のイベントで実効、もしくは判定しても良い。また図3の処理は、車両廃棄または、第一の電池交換まで処理が続けられる。

[0066] 図4では、図3における非回生制御37を説明する。非回生制御37は、放電モードと強制充電モードの2通りに分けられる。放電モードは、回生充電後に第二の電池に充電された電荷が大きい場合と、第二の電池が空になり、第一の電池のみを使用する場合、クランキングの3通りの処理に分けられる。強制充電モードとは、両方の電池が空になり、第一の電池を強制充電する場合である。この処理を図4の例で説明する。なお、図4の処理は回生中、もしくは回生開始の場合には実行しない。

[0067] まずステップ41にて、エンジンがクランキング中かどうかを判定する。クランキングならば、クランキング中処理42に処理を移し、クランキング中でないならばステップ43に処理を移す。クランキング中かどうかはECU15から情報を得る。

[0068] ステップ42はクランキング中のスイッチSW処理を実行する。この処理

は後述する。ステップ42の終了後、図4の処理を終了させる。

[0069] ステップ43では、クランキング開始かどうかを判定する。クランキング開始ならばステップ44に処理を移す。クランキング開始でないなら、ステップ45にてオルタネータ充電Off指令をECU15に送る（これは、省燃費の観点で余分なオルタネータの出力UPによる燃費悪化を防ぐためである）。ここでクランキング開始とは、車両側の都合によるもの（例えば、アイドリングストップ中はエアコンコンプレッサが停止しているため、アイドリングストップの途中で室温が上昇した場合）、電池システム10にて第一の電池が空になり、第一の電池を強制充電する必要がある場合である。車両側の都合によるクランキング開始は、ECU15より情報を得る。第一の電池が空になったかどうかの判定は、第一の電池の充電率が予め設定された充電率以下の場合としても良い。この予め設定された充電率とは、第一の電池に鉛電池を使用した場合には例えば80%や90%としても良い。第一の電池が空になったかどうかの別の判定方法として、第一の電池の電圧が予め設定された電圧以下としても良い。この予め設定された電圧として、12.4Vや12.6Vとしても良い。なお、オルタネータの充電Offとは、オルタネータを止めても良いし、オルタネータの発電電圧を電池のOCVとなるように調整しても良い（この場合、オルタネータの発電電圧調整機能が必要となる）。このオルタネータの発電電圧調整としては、電流計で計測した電流（202と206の和）を、ECU15に上げて、フィードバックによる電圧制御をECUで行っても良い。ステップ45の終了の後、ステップ46に処理を移す。

[0070] ステップ44では、第一の電池のスイッチSW205をOnとして、第二の電池のスイッチSW210をOffとしてクランキングに備える。なお、現在のスイッチSWの状態を継続しても良い。ステップ44の処理の後、図4の処理を終了する。

[0071] ステップ46にて、第二の電池が空かどうかを判定する。この判定方法として、第二の電池の電圧が予め設定された電圧以下となる場合としても良い

。この予め設定された電圧として、第二の電池の定格電圧×第二の電池の直列数としても良いし、オーディオの音飛びの起きる電圧、例えば8 Vとしても良い。第二の電池が空の場合、ステップ47に処理を移す。第二の電池が空で無い場合にはステップ48に処理を移す。

[0072] ステップ47では、第一の電池を放電するため、スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffにする。ステップ47終了後、図4のフローを終了させる。

[0073] ステップ48では、第二の電池のみを放電させるため、スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnにする。これは、次回の回生にて、できるだけ充電電流を吸いたいたため、放電時にできるだけ第二の電池を空にするための処理である。ステップ48終了後、図4のフローを終了させる。

[0074] 以上の図4のフローは先に第二の電池を放電させる例であったが、先に第一の電池を放電させても良い。

[0075] 図5は図4におけるクランキング中処理42を説明したものである。図5では、前回のスイッチのOn/Off状態を、図5のスイッチのOn/Off状態の初期値とする。

[0076] まずステップ501にて、スイッチSW205、スイッチSW210の両スイッチSWがOnになっているかどうかを判定し、Yesならステップ503、No（片方のみのスイッチSWがOn）ならばステップ504に処理を移す。

[0077] ステップ502では、オルタ・補機電圧（図2の電圧センシング線213で計測）が予め定められた閾値以下かどうかを判定する。閾値以下の場合には、ステップ504に処理を移し、そうで無いならば図5の処理を終了させる。ここで、閾値として、例えばオーディオの音飛びの出る8 Vとしても良い。オルタ・補機電圧は、図2中の電圧センシング線213で計測した値を使用する。

[0078] ステップ504にて、両方のスイッチがOnと仮定した場合の各電池の推定電流を求め、どちらかの電流が充電となるかどうか（横流）を判定する。

横流が発生する場合にはステップ506に処理を移す（横流を防止するようにするための処理）。横流が発生しない場合にはステップ505に処理を移す。ここで、横流発生判断材料としての推定電流は、第一の電池に関しては図2の電流推定部204、第二の電池に関しては図2の電流推定部209で推定する。以下、この横流判定方法について述べる。

[0079] まず、第一の電池のOCV（Open Circuit Voltage；開放時の電池電圧）を V_1 、第二の電池のOCVを V_2 とする。そして、第一の電池の直流抵抗を R_1 、第二の電池の直流抵抗を R_2 、スイッチSW205の抵抗を r_1 、スイッチSW210の直流抵抗を r_2 としておく。この値の決め方は後述する。また、クランキングに必要な電流を I_a とする。この I_a はECU15から送られた値、または、現在電池に流れている電流（電流計202と206の和としても良い）としても良い。また電流の代わりに必要な電力 P_a が与えられたとするならば、電力＝電流×電圧の式より、二次方程式を解くことにより $I_a = 2 * P_a / (V + \sqrt{V * V - 4 * P_a * R})$ として P_a より I_a を換算する（この場合 P_a はECU15から受信した値、もしくは現在の電流×オルタ・補機電圧としても良い。またクランキング可能条件として $V * V / 4r \geq P_a$ である）。 V は、電池のOCV、 R は直流抵抗とスイッチSW抵抗の和である。2つの電池を並列に繋ぐ場合には、回路の合成より $V = ((r_2 + R_2) * V_1 + (r_1 + R_1) * V_2) / (R_1 + R_2 + r_1 + r_2)$ 、 $R = (R_1 + r_1) * (R_2 + r_2) / (R_1 + R_2 + r_1 + r_2)$ として、 I_a を計算する。 V_1 は第一の電池のOCV、 V_2 は第二の電池のOCV、 R_1 は第一の電池の直流抵抗、 R_2 は第二の電池の直流抵抗、 r_1 はスイッチSW205のOn抵抗、 r_2 はスイッチSW210のOn抵抗である。

[0080] 次に第一の電池201と第二の電池206の充電電流の推定方法を説明する。各電池の抵抗を考慮した手段により得られた情報を元に第一の電池201と第二の電池206をスイッチを切り替えを行うので、抵抗等の性質が異なる第一の電池と第二の電池のような場合であっても、総充電量を向上でき

る電池システムの提供することができる。

- [0081] 2つの電池を並列に繋いだ場合の等価回路は図6として表現する。これは電池のOCVが図3の制御周期（例えば10ms）では殆ど変化しないと看做せるためである。図3中の電流と電圧の式は、回路方程式より導かれる。ここで、第一の電池の電流は式1、第二の電池の電流は式2となる。式1、2は、放電方向を+と表現した。

$$\text{第一の電池の電流} = \{ - (V_2 - V_1) + (R_2 + r_2) I_a \} / (R_1 + r_1 + R_2 + r_2) \dots (\text{式1})$$

$$\text{第二の電池の電流} = \{ (V_2 - V_1) + (R_1 + r_1) I_a \} / (R_1 + r_1 + R_2 + r_2) \dots (\text{式2})$$

- [0082] この式1に基づいて電流推定部204、式2を電流推定部205により電流を推定することができる。そして、第一の電流が正でかつ第二の電流が正ならば横流が発生していないと判断する（逆に第一の電池の電流×第二の電池の電流<0ならば横流発生と判断する）。この判断は図2中の比較器211に相当する。また、もっと簡易な横流判定法として、式3を満たすならば、横流が発生していないと判断しても良い。

$$- (R_1 + r_1) \leq (V_2 - V_1) / I_a \leq (R_2 + r_2) \dots (\text{式3})$$

- [0083] 次に、ステップ505では、スイッチSW205（第一の電池のスイッチSW）をOn、スイッチSW210（第二の電池のスイッチSW）をOnと両方の電池を並列にして図5の処理を終了する。

- [0084] ステップ506では、電池単独接続を仮定したときの電池推定電圧で、第一の電池電圧が大きいかどうかを判定し、第一の電池の推定電圧が大きい場合にはステップ507、そうでないならばステップ508へ処理を移す。ここで、電池単独接続時の推定電圧として、第一の電池の推定電圧は式4、第二の電池の推定電圧は式5とする。同様に r_1 、 R_1 、 r_2 、 R_2 、 V_1 、 V_2 の推定方法は後述する。

$$\text{第一の電池の推定電圧} = V_1 - (R_1 + r_1) I_a \dots (\text{式4})$$

第二の電池の推定電圧 $=V_2 - (R_2 + r_2) I_a \cdots$ (式5)

[0085] ここで、スイッチSWが第一の電池のスイッチSW205のみOnならば電圧センシング線203で読み取った値を第一の電池の推定電圧、スイッチSWが第二の電池のスイッチSW210のみOnならば電圧センシング線流計208で読み取った値を第二の電池の推定電圧としても良い。

[0086] 次に、ステップ507では、第一の電池を使用した方が電圧の低下が小さいため、スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffとして図5の処理を終了させる。

[0087] ステップ508では、第二の電池を使用した方が電圧の低下が小さいため、スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnとして図5の処理を終了させる。

[0088] ステップ503では、現在両方のスイッチSWをOnにしている状態なので、電流計202、206の値より、横流が発生しているかどうかを判断し、横流が発生しているならばステップ509、横流が発生していないならば、スイッチSWの状態を現状のままとして、図5の処理を終了させる。

[0089] ステップ509では、横流が発生しているため単独電池接続に切り替える必要があるため、第二の電池を使用すべきかどうかを判定する。第二の電池が使用可能ならば、ステップ511へ、そうでないならばステップ510に処理を移す。ここで、第二の電池が使用可能かの判定は、式5の電圧が予め定められた閾値（例えば、オーディオの音飛びの無い電圧8Vを使用しても良い）とする。

[0090] ステップ510は、第一の電池しか使用できないため、スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffとして、図5の処理を終了させる。

[0091] ステップ511では、第二の電池が使用できるため、優先的に第二の電池を使用させるため、スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnにして、図5の処理を終了させる。

[0092] 次に、各電池のOCVと抵抗、スイッチSW抵抗の推定方法について述べる。

[0093] ここで、装置側で推定する方法と、予め特性データをテーブルとして埋め込む方法が有り、それぞれについて説明する。

[0094] まず装置側で推定する方法について述べる。各電池のOCVはスイッチSWがOpenになっている場合には、電圧センシング線で読み取った値としても良い。スイッチSWがOnになっている場合には、オルタ・補機電圧を電圧センシング線で読んだ値Vより、電流計で読み取った電流I、抵抗（電池の直流抵抗とスイッチSWのOn抵抗の和をRとする）より、 $V - IR$ としても良い。直流抵抗は、前回スイッチSWをOnからOff、またはOffからOnにした時の電池の測定電圧の差 ΔV と、スイッチSWをOnであった時の電流Iより、 $|\Delta V / I|$ としても良い。スイッチSWのOn抵抗は、前回スイッチSWをOnからOff、またはOffからOnにした時の電池の測定電圧とオルタ・補機電圧の差より、直流抵抗と同様に求めても良い。この方法を用いるならば、電池のプレ設定は必要無くなり、かつ電池を交換しても対応できる。

[0095] 次に、予め特性データをテーブルとして埋め込む方法について述べる。OCVとは、十分に時間が経過した後のOCV（定常OCV）と数秒オーダーで変化する過渡的な電圧変化（分極と呼ぶ）の和で表現される。定常OCVは一般的には、電池の充電率の関数として現わされるため、図7のテーブルを保持し、SOCの値により、図7のテーブルを補間して定常OCVを求めても良い（図7は仮想の電池の例である）。ここで、充電率はSOC（State of Charge）と表現した。SOCの求め方は、文献「足立修一・丸太一郎：カルマンフィルタの基礎，東京電機大出版局，2013年3月10日第一版二刷発行」で用いられるカルマンフィルターを用いても良いし、イグニッションをOnにした瞬間の電池の電圧より、図7のテーブルより逆にSOCを求めて初期値とし、 $100 \times \text{電流積分の値} / \text{電池の容量}$ として時々刻々更新しても良い（電流積分法）。また、計測した電圧 - 直流抵抗 $\times$ 電流 - 分極電圧を定常OCVと看做して、図7のテーブルより逆にSOCを求めても良い（電流は放電を+とする。電圧推定方式と呼ぶことにす

る)。更には、電流積分法と電圧推定方式を重みづけ平均を取っても良い。

[0096] 次に、分極電圧の推定方法について述べる。マイクロH E Vにおける充放電は1分程度未満のため、電池の等価回路を図8として仮定する。ここで、分極に相当するのは、分極容量81と分極抵抗82の電圧である。ここで、分極容量 c と抵抗 r の値が判るならば、式6により、分極電圧が判る。

$$\text{分極電圧} = I(t) * \exp(-t / cr) / cr \quad \dots (\text{式6})$$

$I(t)$: 計測した電池電流 (充電方向を+とする)

* : 畳み込み積分

[0097] また式6を簡略化して式7を用いても良い。ここで式7を使用する場合には、 $v_p(0) = 0$ としても良い。

$$v_p(t) = v_p(t - \Delta t) * (1 - \Delta t / cr) + I(t) \times \Delta t / c \quad \dots (\text{式7})$$

Δt : 電流計測の時間刻み幅

v_p : 分極電圧

[0098] 以上では、 c と r の値が必要となるため、図9のテーブルとして用意しても良い。具体的には、前述したSOCの値により、図9のテーブルを補間して c と r の値を求める。なお、温度により c 、 r は変化する可能性がある。その場合には、各電池に温度計を張り付け、かつ図9のテーブルを温度毎に用意して、計測した温度により補間にて値を求めても良い。

[0099] 次に、直流抵抗とスイッチSW抵抗の値について述べる。まず直流抵抗のテーブル例を図10に記す。同様に、前述したSOCにより図10のテーブルにて、補間により値を求めても良い。更には、直流抵抗は温度により値が変化する場合もあり得る。この場合には、各電池に温度計を張り付け、かつ図10のテーブルを温度毎に用意して、計測した温度により補間にて値を求めても良い。スイッチSW抵抗は値を一つコントローラ200に記憶しても良いし、温度毎のテーブル例図11を保持し、コントローラの温度計により値を補間しても良い。ここで、直流抵抗とスイッチSW抵抗は前述した、計測値により推定した値を用いても良い。

[0100] 以上の処理にて、スイッチSWを切り替える際に、スイッチSW切り替えタイミングによっては、瞬間的に電池が接続されない場合もあり得る。この対策のために、図2の電源システムにコンデンサ121を入れた、図12の構成としても良い。また、スイッチ制御部212に、電池を片方のみOnに切り替える際に、両方の電池をOffを防止する回路を入れても良い。このゲート回路の例を図13に記す。

[0101] 図13は、スイッチSW205信号1301、スイッチSW210信号1302を入力として、スイッチSW205ゲート信号1311、スイッチSW1312ゲート信号1312を作成する。ここで、スイッチSW205信号、スイッチSW210信号とは図3、図4、図5中のSW信号のことである(TTL; Transistor and Transistor Logic信号でも良い)。そして1の時をON、0の時をOFFと定義する。またスイッチSW205ゲート信号とは、図2中のスイッチSW205の信号線、スイッチSW210ゲート信号とは図2中のスイッチSW210の信号線を指す。ここで、図13は図2中のSW制御部212に相当する。まず両方Off信号となった場合を防ぐため、ORゲート1302とNOTゲートにより、両方Offとなる条件を判定する。その両方OFFとなる信号は1304となる。両方OFFとなる場合は、安全サイトになるように強制的に第一の電池に繋ぐものとするため、ORゲート1309により、スイッチSW205信号の候補と、両方OFF信号とのORとして、スイッチSW205ゲート信号とする。なお、駐車中は、コントローラ200はスリープ状態とするため、各ゲートの電源がOFFになる。その場合に、第一の電池を保安装置の電源として利用するため、プルアップ抵抗1310を用いて強制的に信号を1にして、スイッチSW205をOnとして保持するようにする。なお、機械式リレーをスイッチSW205に使用した場合には、ゲート電流(リレーの電磁石)が0となる位置でリレーがOnとなるようにスイッチSW端子を接続しておけば良いため、プルアップ抵抗は必要ない。また、機械式リレーにて、ラッチアップ方式(電磁石電流が流れなくなっても前のス

ィッチSW状態を保持するタイプ)のリレーを使用する場合も、この限りでない(プルアップ抵抗不要でかつ、電流0時の状態を考慮したスイッチSW端子を考慮しなくても良い)。もしスイッチSW20

5にFETやIGBTを使用する場合には、FET(もしくはIGBT)ドライバーを更に追加する場合がある。この場合にはFETドライバーは、駐車中でも電源を落とさないようにする。もしFETドライバーの消費電流が大きい場合には、スイッチSW205についてのみ、機械式リレーを並列に接続して、電磁石の電流を0にした場合にOnとなるようにしておき、イグニッションがON中のスイッチSW動作をFETに分担させ、機械式リレーの寿命が長くなるようにしても良い。もしくは、プルアップ抵抗を使わない場合にはスイッチSW205にダイオードを並列に繋いでおいても良い(ダイオードの電流方向は第一の電池からオルタ・補機側とする)。また、スイッチSW210にFETを使う場合には、駐車中にOffとしておいた方が良いため、スイッチSW210のゲートにプルダウン抵抗を入れておいても良い。

[0102] 次に遅延について説明する。ここで、各信号スイッチSW205、スイッチSW210がONからOFFに変わった時には、スイッチSWがONになるまでの遅延や、ゲートの遅延により、両方OFFになる恐れもある。このため、スイッチSW信号を遅延させる回路(1306、1307)を設け、遅延した信号と元の信号のORを取ることで(ORゲート1305、1308)、両方OFFを防ぐ。なお、スイッチSW205信号については、プログラム側の割り込みの関係より、万が一両方OFFとなる場合を防ぐために、この信号をスイッチSW205信号の候補として、前述したように、両方OFF状態信号とのORを取り、スイッチSW205ゲート信号1311とする。スイッチSW210ゲート信号は、ORゲート1308の信号を使用する。遅延回路としては、ゲート信号に積分回路を接続し、その積分回路の出力をシュミットトリガで受けた回路としても良い。ここで、遅延時間は、スイッチSWのON遅れ時間+ゲートの遅れ時間により予め設定した値

として積分回路の時定数を決めても良い。

[0103] なお、図13は回路であるが、図13に相当するプログラムのロジックとしても良い（プルアップ抵抗を入れる場合は、スイッチSW205ゲート信号として使うCPUのI/O信号にプルアップ抵抗を付ける）。

[0104] なお、以上で述べたプルアップ抵抗、プルダウン抵抗はFETがPチャンネルかNチャンネルかでGNDか第一の電池の正極電圧に繋ぐかが変わる場合があるが、駐車中にスイッチSW205がOn、スイッチSW210がOffになるように繋がれば良い。

[0105] 次に、長期駐車にて、第一の電池ないし、第二の電池が自己放電により電圧が低下していた場合の対策について述べる。この場合の処理を、イグニッションがONになった時の処理、図3のコントローラウェイクアップ中の処理34に含めた例として説明する。この場合の処理の例を図14として説明する。図14はコントローラ200がウェイクアップした後の処理となる。

[0106] ウェイクアップの後ステップ141にて、第一の電池電圧（OCVと一致）がある閾値未満かどうかを判定する。閾値未満の場合にはステップ143、閾値以上ならステップ142に処理を移す。ここでの閾値として、SOC80%、または90%の値の電圧に相当する値と予め設定しておいても良い。この場合には、第一の電池の充電率とOCVのテーブル（図7）は保持しておく必要がある。

[0107] ステップ143では、第一の電池の充電率が不足しているため、スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffにして、ステップ144に処理を移す。ステップ144ではクランキング指令を出し第一の電池の充電を開始し、ステップ145に処理を移す。ここで、クランキング指令を送らずに、ドライバーがエンジンをクランキングするまで待っていても良い。

[0108] ステップ145では第一の電池の充電率以上になるまで繰り返し、充電率が閾値以上になったらステップ146に処理を移す。ここでの充電率の求め方の手続きを述べる。まず充電を開始して、電流がCV充電になった後の電流時系列 $i(t)$ を、指数関数と看做して関数近似する（式8の係数 x 、 y

， z を求める）。なお、 R_1 は、充電開始前後の電流、電圧を用い $R_1 = (\text{充電直後の電圧} - \text{充電前の電圧}) / (\text{充電直後の電流} - \text{充電前の電流})$ として計算しても良いし、前述したように予めテーブルで保持した値を使用しても良い。

$V(t) = \text{第一の電池電圧計測値} - \text{第一の電池電流計測値} \times R_1 - \text{初期OCV}$
 … (式8)

$$Q(t) = \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} i(t) dt$$

$$f(t) = \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} V(t) dt$$

$$g(t) = \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} Q(t) dt$$

$$V(t) \div x * f(t) + y * g(t) + z * Q(t)$$

$$x = -\text{分極抵抗} \times \text{分極容量}$$

$$y = \text{分極抵抗} \times (1 + \text{分極容量} / \text{第一の電池の容量})$$

$$z = 1 / \text{第一の電池の容量} \quad [F]$$

[0109] ここで、計測値より、 $Q(t)$ ， $f(t)$ ， $g(t)$ の時系列は求めることができるため、CV充電が開始された時刻 τ ，時刻 $\tau + \Delta T$ ，…，時刻 $\tau + (n-1)\Delta T$ のデータの蓄積があれば、最小二乗より式9として x ， y ， z を求めることができる。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)f(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)g(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)Q(t)dt \\ \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)g(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} g(t)g(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} g(t)Q(t)dt \\ \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)Q(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} g(t)Q(t)dt & \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} Q(t)Q(t)dt \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} f(t)V(t)dt \\ \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} g(t)V(t)dt \\ \int_{\tau}^{\tau+(n-1)\Delta T} Q(t)V(t)dt \end{pmatrix}$$

… (式9)

[0110] 充電率が規定値かどうかは、式9で求めた z を用い、式10が成立したときに、ステップ146が成立したと判定すれば良い。式9は過去の時系列を記憶する必要があり、コントローラ200のCPUのスペックでは計算できない場合もある。その場合には、時系列を一つずつアップデートする再帰最小二乗（相良，秋月，中溝，片山：システム同定，計測自動制御学会，1981年）を用いても良い。目標の充電率は、ステップ141で使用した充電

率（例えば80%、90%）の値を使用すればよい。

目標の充電率のOCV－初期OCV $\geq Q(t) * z \dots$ （式10）

[0111] 次にステップ146において、第二の電池の電圧が閾値以上かを判定し、閾値未満の場合には、ステップ147に処理を移し、スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnにして、第二の電池の電圧が閾値になるまで繰り返す。第二の電池の電圧が閾値以上になったときは、ステップ148に処理を移し、エンジンを止めても良い指令をECU15に送る。アイドリングストップ中ならば、ECU側でオルタネータを止めても良い。そして図14のフローを終了させる。ここで、閾値は、前述した第二の電池の最低電圧とする。

[0112] ステップ142では、第二の電池の電圧が閾値未満かどうかを判定し、閾値未満なら第二の電池を充電する必要があるため、ステップ143に処理を移す。閾値以上ならば図14の処理を終了させる。ここでの閾値はステップ146で説明した閾値と同じ値を用いる。

[0113] 以上で、回生充電時には、電池システムの充電電流を推定できるため、その推定充電電流をECU15に送信する。ECU側では、オルタネータによるトルク変化（電流に比例）があるため、ブレーキ時のトルク不連続を防ぎ、乗り心地を良くするために、機械式ブレーキ強調制御をおこなっても良い。また充電電流の代わりに、充電電力をECU15に送信しても良い。充電電力は推定充電電流 $\times$ オルタ・補機電圧として計算する。

[0114] 次に、回生開始から終了までの間に一度だけスイッチの切り替えを行う実施例1を説明する（図3の中の36）。電池並列接続を禁止し、且つ、スイッチスイッチSWの切り替えを一回だけとすることで、横流を極力抑え、スイッチスイッチSWの切り替えによるノイズを抑えることができる。

[0115] 切り替えのタイミングとしては、例えば、片方のみの電池を繋いだ場合の電流時系列を推定し、第一の電池の電流時系列を $I(t)$ 、第二の電池の電流時系列を $i(t)$ とした時に時系列 $I(T-\tau)$ 、 $i(\tau)$ を比較し等しくなるように非線形方程式の解 τ を求め、回生から τ 経過したときに、第二

電池から第一電池に切り替える（ T は回生時間）。

[0116] 図15に回生充電制御の処理例を記す。ステップ151において、まず先に第二の電池を選択させる（先に第一電池を充電しても良いが、その例は後述する）。具体的にはスイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnとする。

[0117] 次に、ステップ152において、第一電池のみを選択した場合の推定電流時系列 $i_1(t)$ を受信する。この推定電流時系列は、図2中の電流推定部204で計算される。

[0118] 次に、ステップ153において、第二電池のみを選択した場合の推定電流時系列 $i_2(t)$ を受信する。この推定電流時系列は、図2中の電流推定部209で計算される。

[0119] ここで、ステップ152、153の推定電流時系列計算方法と、受信フォーマット例を説明する。ここで、フォーマット例は、予め式を仮定して式の中の定数を送る場合と、電流時系列を送る例の2通り有る。それぞれについて説明する。

[0120] まず、鉛電池のように容量が大きくOCVが一回の回生で殆ど変化しない電池（大容量電池）、容量が小さくOCVが一回の回生で大きく変化する電池（小容量電池）、キャパシタのように分極を無視できる電池（正確には電池ではないが、本稿では電池と表現）の3通りの電池それぞれの場合について述べる。大容量電池の等価回路を図16を仮定する。この場合には、図16の回路方程式を解くことにより、式11の電流時系列 $i(t)$ となる。

$$i(t) = \begin{cases} I_a & t < \kappa, \\ I_\infty + (I_a - I_\infty)e^{-(t-\kappa)/\tau_L} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \dots \text{ (式 1 1)}$$

I_a : オルタネータが発電できる最大電流 - 補機電流

$I_\infty = (V_a - V_L) / (R_L + r_L)$: 定常電流

V_L : 大容量電池のOCV

V_a : オルタネータのCV電圧

R_L : 直流抵抗+スイッチSW抵抗

r_L : 分極抵抗

τ_L : 時定数 $= R_L * r_L * c_L / (R_L + r_L)$

c_L : 分極容量

κ : CC充電終了時間 $= c_L * r_L * \ln \{ (I_a * r_L - v_p(0)) / (V_L + (R_L + r_L) I_a - V_a) \}$

$v_p(0)$: 分極電圧初期値

[0121] 小容量電池の等価回路を図17と近似する。これは、OCV(SOC)の関数を線形と近似した場合である。この場合には、図17の回路方程式を解くことにより、式12の電流時系列となる。

$$i(t) = \begin{cases} I_a & t < \kappa, \\ I_a C R_s \{ f(t - \kappa) + c_s r_s f'(t - \kappa) \} + v_s C f(t - \kappa) & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \dots \text{ (式 1 2)}$$

$$f(t) = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} (e^{-t/\lambda_1} - e^{-t/\lambda_2})$$

I_a : オルタネータが発電できる最大電流 - 補機電流

C : OCV(SOC)カーブの傾きを現わす容量 [F]

R_s : 直流抵抗+スイッチSW抵抗

c_s : 分極容量

r_s : 分極抵抗

v_s : CC充電終了時の分極電圧 $= V_a - V_s - I_a * R_s - I_a * \kappa / C$

λ_1, λ_2 : 2次方程式の解 ($\lambda_1 > \lambda_2$)

$\lambda_1 + \lambda_2 = C(R_s + r_s) + c_s * r_s, \quad \lambda_1 * \lambda_2 = C * R_s * c_s * r_s$

κ : CC充電終了時間 $= c_s r_s W \left(C \frac{I_a r_s - v_s(0)}{I_a c_s r_s} \exp \left(\frac{\eta}{c_s r_s} \right) \right) - \beta$

$$\beta = \frac{C}{I_a} (V_s + I_a (R_s + r_s) - V_a)$$

$W(x)$: ランベルトのW関数

V_a : オルタネータのCV電圧

$v_s(0)$: 初期分極電圧

V_s : 初期の定常OCV

[0122] キャパシタの等価回路を図18とする。この場合には、図18の回路方程

式を解くことにより、式 13 の時系列となる。

$$i(t) = \begin{cases} I_a & t < \kappa, \\ I_a e^{-(t-\kappa)/C_c R_c} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \dots \text{ (式 13)}$$

I_a : オルタネータが発電できる最大電流 - 補機電流

R_c : 直流抵抗 + スイッチ SW 抵抗

C_c : キャパシタの静電容量

$$\kappa : CC \text{ 充電終了時間} = \frac{C_c}{I_a} (V_a - V_c(0)) - C_c R_c$$

$V_c(0)$: キャパシタの初期OCV

[0123] このため、第一の電池、第二の電池、各電池の種類により、式 11、式 12、式 13 かの関数を決めておき、係数を計算して係数を送れば良い。ここで、係数の代わりに、CC 充電時間、 I_a 、CV 充電期間における電流時系列を送っても良い。この時系列としては、1 s 毎や 0.5 s 毎の時系列としても良い。なお、小容量電池の CC 充電時間 κ はランベルトの W 関数であるが、ランベルトの W 関数は高速で精度良い数値計算法（参考文献、Chapeau-Blondeau, F. and Monir, A: Evaluation of the Lambert W Function and Application to Generation of Generalized Gaussian Noise With Exponent 1/2, IEEE Trans. Signal Processing, 50 (9), 2002）が提案されているため、コントローラ 200 の CPU で計算可能である。また W 関数のテーブルを予め設定して、補間により値を求めておいても良い。次に、式 11、式 12、式 13 中の各係数の求め方について述べる。直流抵抗、スイッチ SW 抵抗は、前述したように、過去の電流変化と電圧変化の比で求めても良いし、予めテーブルに設定しておいた値を用いても良い。初期 OCV は、各電池に繋がるスイッチ SW が Off の場合には計測電圧値 - 分極電圧としても良い。ここで問題になるのは分極電圧である。分極電圧は、分極容量と分極抵抗が判っている

場合には、計測電流により、式 6 ないし式 7 で計算して求めておいても良い。分極容量と分極抵抗は、前述したように、テーブルを保持し（但し、充電時のテーブルを別に用意）補間により求めても良いし、過去の時系列データにより求めても良い。この方法としては、前回の C V 充電時の計測データを用い、式 9 として求めても良い（但し、V と I は充電時における計測値から求め、Q, f, g を求める）。式 9 で $x = \text{分極容量} \times \text{分極抵抗}$ 、 $y = \text{分極抵抗} \times (1 + \text{分極容量} / \text{容量} C)$ 、 $z = 1 / \text{容量} C$ より、連立方程式を解くことで、分極容量と抵抗が求められる。なお、初回イグニッション On 時でかつ、図 14 の処理が入らない場合については、分極容量と抵抗は不明なため、前回走行終了直前の値を使用しても良い。工場出荷時の設定値としては、電池の C V 充電を行い、計測データから初期値を設定しておいても良い。なお、Ia は、ECU 15 から受け取っても良い。

[0124] 次にステップ 154 にて充電電荷が最大となるように、切り替え時間 τ を決める。この考え方を述べる。第一の電池の電流時系列を $i_1(t)$ 、第二の電池の電流時系列を $i_2(t)$ として、回生時間が T ならば、回生時の充電電荷 Q は式 14 となる。

$$Q(\tau) = \int_0^{\tau} i_2(t) dt + \int_{\tau}^T i_1(t) dt \quad \cdots \text{式 14}$$

[0125] 式 14 の最大を与えるのは $dQ(\tau) / d\tau = 0$ となる τ のため、式 15 の式の解 τ が電荷最大となる切り替え時間となる。

$$i_2(\tau) = i_1(T - \tau) \quad \cdots \text{式 15}$$

[0126] 式 15 は非線形方程式となる。解のイメージを図 19 に記す。ここで、i2 が 191 ($i_2(\tau)$ に相当)、i1 を時間軸を逆にプロットしたもの ($i_1(T - \tau)$ に相当) が 192 である。この交点 193 が式 15 の解 τ となる。そのため、第二の電池の切り替え時間 τ における電流と、第一の電池の回生終了時の電流が一致することになる。

[0127] すなわち、回生時間を T、第二の電池の充電時間を τ ($T > \tau$)、第一の充電時間を $T - \tau$ とした時に第一の電池と第二の電池の充電量が最大となる

タイミング τ でスイッチSWの切り替えを行う（第一の電池と第二の電池は逆でも構わない）。 τ は、第二の電池の、充電時間と電流値をプロットした式を充電時間0から τ までを積分した値と第一の電池の充電時間と電流値を逆にプロットした式をTから τ までの範囲で積分した値の総合値が、回生時間Tの間で最大となるタイミングである。

[0128] すなわち、回生時間をT、第二の電池の充電時間を τ （ $T > \tau$ ）、第一の充電時間をT $-\tau$ とした時に第一の電池と第二の電池の充電量が最大となるタイミング τ でスイッチSWの切り替えを行う（第一の電池と第二の電池は逆でも構わない）。 τ は、第二の電池の、充電時間と電流値をプロットした式を充電時間0から τ までを積分した値と第一の電池の充電時間と電流値を逆にプロットした式をTから τ までの範囲で積分した値の総合値が、回生時間Tの間で最大となるタイミングである。

[0129] 式15の非線形方程式は、ニュートン法を用いても良いし、二分法を用いて解いても良い（参考文献、三井田、須田：数値計算法第2版、森北出版、2014）。なお数値計算の途中で電流関数の値を計算するには、前述した式を用いても良いし、もし時系列データで与えられた時には、補間により関数の値を計算しても良い。

[0130] ここで、実際にはi1は、 τ により分極電圧の絶対値が下がることで、推定した電流時系列とずれる可能性もある。この補正としては、式11の κ の補正として式16の関数、式12の補正として式17の関数としても良い。

$$\kappa = c_L r_L \ln \left(\frac{I_0 r_L - v_L(0) \exp(-\tau / c_L r_L)}{V_L + I_0 (R_L + r_L) - V_a} \right) \quad \dots \text{(式16)}$$

$$\kappa = c_s r_s W \left(C \frac{I_a r_s - v_b(0) \exp(-\tau / c_s r_s)}{I_a c_s r_s} \exp \left(\frac{\eta}{c_s r_s} \right) \right) - \eta \quad \dots \text{(式17)}$$

[0131] なお、式15は回生終了時間Tが判っているものとした場合である。TはECUから情報を得られる場合（この場合、例えばECU15側で速度と減速度よりTを求めてもよい）は良いが、不明なことが多い。Tが不明の場合

には、第一の電池は大容量電池を使用するため、 i_1 を 1∞ として計算しても良いし、回生にかかる典型的な時間（例えば5 sや10 s）を予め用意しておいてもよい。

[0132] ステップ154にて τ を求めた後、ステップ155に処理を移し、回生開始からの経過時間が τ 以上かを判定する。 τ 以上ならば、ステップ157に処理を移し、そうでないならステップ156に処理を移す。ステップ156では回生終了かどうかを判定し、回生が終了していないならステップ155に処理を戻す。回生終了かどうかの判定はECU15からの信号または、電流計の和の値が0以上になったかで判定する。回生が終了したなら図15の処理を終了させる。

[0133] ステップ157では、第二電池への選択指令をスイッチSWに送る。具体的には、スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffとする。スイッチSWを切り替えた後にステップ158に処理を移す。ステップ158は回生終了になった時に図15の処理を終了させる。

[0134] 以上の処理では第二の電池を先にOnにしたが、第一の電池を先にOnとしても良い。

実施例 2

[0135] 本発明のマイクロHEVにおける第2の実施形態のフローを図20に基づいて詳細に説明する。実施例2は、回生開始から終了までの間にスイッチを複数回切り替えるものである。一定間隔で第一の電池と第二の電池の推定電流を求め、その都度、第一の電池と第二の電池の推定電流のうち、推定電流が大きい方にスイッチを切り替え充電を行う。

[0136] 具体的には、第一の電池と第二の電池が共にCC充電状態可能な時は、周期的にスイッチを切り替える。一方のCC充電が終わると、もう一方の電池の充電を行い、その後は、第一の電池と第二の電池の推定電流のうち、推定電流が大きい方にスイッチを切り替え充電を行う。以下詳細に説明する。

[0137] この例は、回生時の充電時において、横流を極力防止するために（スイッチSW切り替え時の瞬間に一瞬だけ横流が発生可能性は有る）、電池の同時

並列を禁止し、1回の回生におけるスイッチSWの切り替えを複数回許した場合の処理を示す（残りの処理は実施例1と同じである）。即ち実施例1における図15の代わりに図20を実施する。

[0138] まず、ステップ2001にて、第一電池のみを接続した直後の推定電流 i_1 を受信する。この計算は図2の電流推定部204で計算する。この計算方法としては、現在スイッチSW205がOffの場合には、（オルタネータのCV電圧 - 第一の電池の計測電圧）／（第一の電池の直流抵抗＋スイッチSW205のOn抵抗）とする。直流抵抗とスイッチSWのOn抵抗は、実施例1で述べた方法を使う。現在スイッチSW205がOnの場合には、計測した電流値とする。その後ステップ2002に処理を移す。

[0139] ステップ2002では、第二電池のみを接続した直後の推定電流 i_2 を受信する。この計算は図2の電流推定部209で計算する（以下、電流は充電方向を+とする）。この計算方法としては、現在スイッチSW210がOffの場合には、（オルタネータのCV電圧 - 第二の電池の計測電圧）／（第二の電池の直流抵抗＋スイッチSW210のOn抵抗）とする。直流抵抗とスイッチSWのOn抵抗は、実施例1で述べた方法を使う。現在スイッチSW210がOnの場合には、計測した電流値とする。その後ステップ2003に処理を移す。

[0140] ステップ2003では、両方の電池がCC充電（定電流充電）になるかどうかを判定し、両電池共にCC充電ならばステップ2008へ、そうでないならステップ2004へ処理を移す。この判定方法として、実施例1で述べた、 I_a （オルタネータの発電電流－補機電流）を用い、 $i_1 \geq I_a$ かつ $i_2 \geq I_a$ とする。

[0141] ステップ2004では i_1 と i_2 を比較して、 i_1 が大きいならステップ2005に処理を移し、そうでないならステップ2006に処理を移す。ステップ2005では第一の電池を選択するスイッチSW指令を送る。具体的にはスイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffとする。その後ステップ2007に処理を移す。ステップ2006では第二の電池を選択

するスイッチSW指令を送る。具体的には、スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOnとする。その後ステップ2007に処理を移す。これは、充電電流の大きい方の電池を選択することで、充電電荷を増やすためである。

[0142] ステップ2008ではどちらの電池を繋いでもCC充電となるため、CC充電時間を延ばすような処理「CC充電時SW選択処理」を実行する。この処理については後述する。ステップ2008終了後、ステップ2007に処理を移す。

[0143] ステップ2007では、回生が終了したかどうかを判定し、終了していないならステップ2001へ、終了したなら図20の処理を終了する。なお、これらの処理は計測周期（例えば10ms毎）、もしくは0.1s毎にステップ2001の処理に戻しても良い。

[0144] ステップ2008のCC充電時スイッチSW選択処理としては、第一の電池を選択する時間と第二の電池を選択する時間のデューティー比を $\eta : 1 - \eta$ として切り替えても良い（ $0 \leq \eta \leq 1$ ）。スイッチSW切り替えは周期的に行っても良い。ここで η は、予め定められた値としても良いし、図21の方法を使用してもよいし、 η を計測した電圧、電流により変化させても良い。

[0145] 次に、図21を用い、図20のCC充電時スイッチSW選択処理を説明する。この処理の目指す所は、交互に電池を切り替えることで片方の電池を休ませ、分極電圧を小さくし、次回の充電電流を増やし、トータルのCC充電時間を延ばして、回生時の充電電荷を増やすことにある。

[0146] まずステップ2101にて、第一の電池の推定電流がCC充電電流 I_a 未満かどうかを判定し、 I_a 未満ならばステップ2102へ、そうでないならステップ2103に処理を移す。

[0147] ステップ2102では、第一の電池にスイッチSWを選択させる指令を送る。具体的にはスイッチSW205をOn、スイッチSW210をOffとする。その後、ステップ図21の処理を終了させる（図20のステップ20

０７に処理を移す）。

[0148] ステップ２１０３では、第二の電池にスイッチＳＷを選択させる指令を送る。具体的にはスイッチＳＷ２０５をＯｆｆ、スイッチＳＷ２１０をＯｎとする。その後、ステップ図２１の処理を終了させる（図２０のステップ２００７に処理を移す）。

[0149] この図２０、図２１の処理のループにて、先に第一の電池のＣＣ充電が終わることになる。その後、第二の電池を Δt だけＣＣ充電したとする（第一の電池を休ませることと等価）。その間に、第一の電池の分極電圧は $\Delta t \times v_p / c_L r_L$ だけ下がることになる（ v_p はＣＣ充電が終了したときの分極電圧、 c_L は分極容量、 r_L は分極抵抗）。このため、次に第一の電池に切り替えた場合、 $\Delta t \times v_p / (I_a * r_L - v_p)$ だけＣＣ充電できることになる。このため、第一の電池のＣＣ充電時間が更に延長され、充電電荷が増える。またデューティー比で、第一の電池のＯｎ時間と第二の電池のＯｎ時間の比は $v_p : I_a * r_L - v_p$ となって切り替えられる。なお、先に第一の電池のＣＣ充電を優先させる理由を下記に述べる。

[0150] 電池切り替えによるＣＣ時間 κ はスイッチＳＷを頻繁に切り替えるとして、第一電池のＯｎとなる時間率を η 、最初に第一電池のＣＣ充電が終了する時間を λ 、第一の電池の等価回路を図１６、第二の電池の分極を無視して図１８と近似するならば、回路方程式を解くことにより式１８で近似できる。

$$\kappa = \frac{(V_a - I_a R_c - V_c(0)) + \int_0^\lambda \eta(t) dt - \lambda \frac{v_p}{I_a r_L}}{\left(1 - \frac{v_p}{I_a r_L}\right) I_a} \quad \dots(\text{式 } 18)$$

[0151] 式１８より、 κ を最大化するには式１９を最大化するのと等価である。

$$\int_0^\lambda \eta(t) dt - \lambda \frac{v_p}{I_a r_L} = \int_0^\lambda \left\{ \eta(t) - \frac{v_p}{I_a r_L} \right\} dt \quad \dots(\text{式 } 19)$$

[0152] 式１９は図１６の回路方程式より、式２０を最大化するのと等価となる。

$$\frac{c_L}{I_a}(v_p - v_L(0)) + \frac{1}{I_a r_L} \int_0^t \{v_L(t) - v_p\} dt \quad \dots (\text{式 } 20)$$

$v_L(t)$: 第一の電池の分極電圧 ($< v_p$)

[0153] 式20を最大化するには、 $v_L - v_p < 0$ より、最速で v_L を v_p に近付ければ良い。このため、最初は第一の電池の分極電圧を最速で v_p に近付けるため、第一の電池に接続する。

[0154] ここで、第一の電池が先に v_p になった後の、第一の電池のデューティ比を η とするならば、 $\eta = v_p / (I_a * r_L)$ となるため、このデューティ比 η をコントローラ200で観測した結果より、分極抵抗 r_L を求めて、値を保持しても良い ($v_p = V_a - V_L - I_a * R_L$ 、 $r_L = v_p / (I_a * \eta)$)。

[0155] 次に、デューティ比 η を計測した電流電圧で変化させる場合について述べる（基本的には、第二の電池に小容量電池を使用した場合）。ここでは、大容量電池（第一の電池）の分極電圧を制御する思想の場合と、小容量電池のOCV（第二の電池図17における電圧171で、小容量電池の電圧 - $I_a R_s$ に相当）を制御する思想の場合の2通りについて述べる。

[0156] 前者の場合には、第一の電池の電圧時間上昇率を m_1 とし、式21として η を決めても良い（但し $0 \leq \eta \leq 1$ の範囲とするリミタを付ける）。式21は、分極に実質 $\eta * I_a$ の電流が流れたと仮定したときの回路方程式より導かれる。

$$\eta = \frac{c_L}{I_a} m_1 + \frac{v_p(t)}{I_a r_L} \quad \dots (\text{式 } 21)$$

$v_p(t)$: 第一の電池の分極電圧 = 第一の電池端子電圧 - $I_a * R_L - V_L$

[0157] 後者の場合には、小容量電池の電圧時間上昇率を m_2 として、式22として η を決めても良い（但し $0 \leq \eta \leq 1$ の範囲とするリミタを付ける）。これは小容量電池（第二電池）の分極に実質 $(1 - \eta) I_a$ の電流が流れたと仮定したときの回路方程式より導かれる。

$$\eta = 1 - \frac{m_2 + \frac{v_s(t)}{c_s r_s}}{\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{c_s}\right) I_a} \quad \dots \text{(式 2 2)}$$

$v_s(t)$: 第二の電池の分極電圧＝第二の電池端子電圧－ $I_a * R_s$
 －第二電池の定常OCV

C : 図 17 の OCV (SOC) の傾きに相当する静電容量 [F]

[0158] ここで、時刻 t_1 から第一の電池のCC充電と第二の電池のCC充電の終了時刻を一致させたい場合には、式 2 3 となる m_1 と m_2 の関係としても良い。

$$\frac{m_1}{V_a - I_a R_L - V_L - v_p(t_1)} = \frac{m_2}{V_a - I_a R_s - V_2(t_1)} \quad \dots \text{(式 2 3)}$$

$V_s(t_1)$: 時刻 t_1 における、第二電池のOCV (分極込み)

[0159] 式 2 3 の分母は、「CC充電が完了する時点のOCV－現時点のOCV」である。ここで $V_s(t_1)$ は、第二電池のスイッチSW210がOff時の電圧としても良いし、スイッチSW210がOnの場合には、第二電池の端子電圧－ $I_a R_a$ としても良い。

[0160] ここで、式 2 3 より式 2 4 として、 $A(t)$ を定義するならば、 m_1 、 m_2 は式 2 5 となる。

$$A(t) = \frac{V_a - I_a R_s - V_2(t_1)}{V_a - I_a R_L - V_L - v_p(t_1)} \quad \dots \text{(式 2 4)}$$

$$I_a = \frac{v_s(t)}{\left(1 + \frac{c_s}{C}\right) r_s} - \frac{v_p(t)}{r_L} \quad \dots \text{(式 2 5)}$$

$$m_1 = \frac{c_L + \frac{C c_s}{C + c_s} A(t)}{A(t) m_1}$$

[0161] m_1 、 m_2 は非負の値で出来るだけ小さな値の方が良いため、 $A(t) = \infty$ (即ち $v_p(t) = v_p$ となった後) または、 $I_a = v_s(t) / (r_s * (1 + c_s / C)) + v_p(t) / r_L$ が成立した後に、式 2 1 で $m_1 =$

0として η を設定しても良い（但し $v_p(t)$ は非負の必要有り）。なお、 $v_p(t) = v_p$ となる条件は、前述した、先に第一電池のみを繋いでCC充電を終わらせる場合と同じである。

[0162] ここで、 $I_a = v_s(t) / (r_s * (1 + c_s / C)) + v_p(t) / r_L$ が成立した後は、スイッチ切り替えによるCC充電時間を無限に伸ばすことができ（実際には大容量電池のOCVが変化するため、有限時間となるが、回生時間、例えば10s程度ならば、十分にCC充電時間を延ばせる）、充電電荷は最大となる。このため、先に $I_a = v_s(t) / (r_s * (1 + c_s / C)) + v_p(t) / r_L$ とさせるように η を制御すれば良い。この制御方法としては、式26の回路方程式の元で、両方の電圧上昇を小さくするように、制御目標、

$$\begin{aligned} (dv_p(t)/dt)^2 + \text{const} \cdot (dV_s(t)/dt + dv_s(t)/dt)^2 &= (I_a \eta / c_L - v_p / c_L r_L)^2 + \text{const} \cdot \\ &(-I_a \eta / c_s + I_a (1/c_s + 1/C) - v_s / c_s r_s)^2 \propto (\eta - v_p / I_a r_L)^2 + \text{const} \cdot ((1 + c_s / C)(\eta - 1) + v_s / c_s r_s)^2 \end{aligned}$$

を最小とするように η を決める。この η を決める制御手段としては現代制御理論を利用しても良い。

$$\begin{aligned} \text{状態方程式：} \quad \begin{pmatrix} \frac{dv_p(t)}{dt} \\ \frac{dv_s(t)}{dt} \end{pmatrix} &= - \begin{pmatrix} \frac{1}{c_L r_L} & 0 \\ 0 & \frac{1}{c_s r_s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_p(t) \\ v_s(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{I_a}{c_L} \\ -\frac{I_a}{c_s} \end{pmatrix} \eta + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{I_a}{c_s} \end{pmatrix} \dots \text{(式26)} \\ \frac{dV_s(t)}{dt} &= (1 - \eta) \frac{I_a}{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{観測方程式：} \quad V_1(t) &= V_L + I_a R_L + v_p(t) \\ V_2(t) &= V_s(t) + I_a R_s + v_s(t) \\ V_1'(t) &= V_L + v_p(t) \\ V_2'(t) &= V_s(t) + v_s(t) \end{aligned}$$

$V_1(t)$: 第一の電池計測電圧（スイッチSW205 On時）

$V_2(t)$: 第二の電池計測電圧（スイッチSW210 On時）

$V_1'(t)$: 第一の電池計測電圧（スイッチSW205 Off時）

$V_2'(t)$: 第二の電池計測電圧（スイッチSW210 Off時）

制約条件： $0 \leq \eta \leq 1$

$$\begin{aligned} v_p(t) &\leq V_a - I_a R_L \\ v_s(t) + V_s(t) &\leq V_a - I_a R_s \end{aligned}$$

[0163] $I_a = V_s(t) / (r_s * (1 + c_s / C)) + V_p(t) / r_L$ の条件が成立した後は、式 21 で $m_1 = 0$ とした η ($\eta = V_p(t) / I_a * r_L$) と固定させる。なお、可制御条件を満たさなく、どのようにしても $I_a = V_s(t) / (r_s * (1 + c_s / C)) + V_p(t) / r_L$ が成立しないこともあり得る。例えば電圧制約条件よりどのようにしても $I_a > V_{sm} / (r_s * (1 + c_s / C)) + V_p / r_L$ (V_{sm} は小容量電池の分極電圧の上限 $= I_a * r_s * (1 - \exp(-\kappa / (c_s * r_s))) + V_s(0) * \exp(-\kappa / (c_s * r_s))$ 、 κ は式 12 の κ となったり、 $c_l * r_L = c_s * r_s$ となる場合である。この場合には、前述したように先に $V_p(t) = V_p$ となるようにした後に $\eta = V_p / I_a * r_L$ としても良いし、次に述べる方法としても良い。

[0164] 別の CC 充電時間を延ばす方法の一つとして、先に第二電池単独で CC 充電をして、第二電池単独で CC 充電ができなくなったならば、式 22 にて、 $m_2 = 0$ とした場合の η としてデューティー比を決めてスイッチ SW 切り替え制御をおこなっても良い。

実施例 3

[0165] 本発明のマイクロ H E V における第 2 の実施形態のフローを図 22 に基づいて詳細に説明する。第三の実施形態は、回生開始から終了までの間にスイッチを複数回切り替えるものであり、かつ両方の電池を同時に充電するよう接続しても良いものである。前述した第二の実施形態の CC 充電終了後に、2 つの電池のスイッチを On とする。また、この際、常時横流を監視して、横流が発生した場合には、即座に充電電流の大きくなる方の電池 1 つのみのスイッチ SW を On にする等の制御を組み合わせることで横流を防ぐことができる。

[0166] この例は、回生時の充電時において、回生時の充電電荷を増やすため、電池の同時接続を許す場合である（残りの処理は実施例 1 と同じである）。即ち実施例 1 における図 15 の代わりに図 22 を実施する。

[0167] 初めにステップ 2201 において、第一電池のみを接続した場合の充電電

流 i_1 を推定する。これは実施例 2 で説明した方法と同じである。

[0168] 次にステップ 2202 において、第二の電池のみを接続した場合の充電電流 i_2 を推定する。これは実施例 2 で説明した方法と同じである。

[0169] 次にステップ 2203 において、第一の電池と第二の電池を両方接続した場合の各々の電池の充電電流（第一の電池電流を I_1 ，第二の電池電流を I_2 ）を推定する。この方法について述べる。並列に繋いだ場合の等価回路は、図 6 となる。図 6 では放電方向を + としているため、電流の符号を逆にすることで、 I_1 ， I_2 が計算できる（CC 充電時）。但し、CV 充電時には $i_1 = I_1$ ， $i_2 = I_2$ となるため、 i_1 ， i_2 の値を使用する。CV 充電の判定としては、図 6 中の電圧 V が V_a （オルタネータの CV 電圧）以上ならば、CV 充電と判定する。ここで、直流抵抗とスイッチ SW の On 抵抗、各電池の OCV は実施例 1 で説明した方法で推定する。ここで、現在両方のスイッチ SW が On になっている場合には、計測した電流を用いても良い。

[0170] 次にステップ 2204 において、 i_1 と i_2 両方共に CC 充電電流 I_a 以上かどうか（第一第二の電池片方だけ使用した場合、どちらも CC 充電になるかどうか）を判定する。もし、どちらの電池を接続しても CC 充電になるならば、ステップ 2205 に処理を移し、そうでないならばステップ 2206 に処理を移す。

[0171] ステップ 2205 では、CC 充電時のスイッチ SW 選択処理（実施例 2 で述べた CC 充電時の処理図 21 と同じ処理）を実行し、ステップ 2207 に処理を移す。

[0172] ステップ 2206 では同時接続時した時に、横流が発生するかどうかを判定し、横流が発生するならば、ステップ 2208、そうでないなら 2210 に処理を移す。この判定方法として $I_1 < 0$ または $I_2 < 0$ とする。

[0173] ステップ 2208 では、同時接続では横流が発生するため、どちらかの電池を選択する判定である。第一の電池の推定電流 $>$ 第二の電池の推定電流の場合には、ステップ 2209 に処理を移し、そうでないならばステップ 22

11に処理を移す。

[0174] ステップ2209では、第一電池を選択する指令（スイッチSW205をOn、スイッチSW210をOff）を送り、ステップ2207に処理を移す。

[0175] ステップ2211では、第二の電池を選択する指令（スイッチSW205をOff、スイッチSW210をOn）を送り、ステップ2207に処理を移す。

[0176] ステップ2210では、両方の電池を選択する指令（スイッチSW205、スイッチSW210をOn）を送りステップ2207に処理を移す。

[0177] ステップ2007では回生が終了したかどうかを判定し、終了していないならステップ2201へ、そうでないなら（終了なら）図22の処理を終了させる。

[0178] なお上記では、一般的に $|1| + |2| > i_1, i_2$ のため、 i_1, i_2 と $|1| + |2|$ の比較処理を省略したが、この比較処理を入れても良い。

[0179] また、上記では単独電池のみではCC充電を継続できない場合には、両方の電池を接続することでCC充電を継続することができるため、充電電荷が増える。

次に、ステップ2205にて、CC充電期間に同時Onを許す処理を入れても良い。この方法について述べる。第一の電池のみを接続する時間：第二の電池のみを接続する時間：両方の電池を接続する時間 $= \eta : \zeta : 1 - \eta - \zeta$ とする（ $0 < \eta, \zeta < 1$ ）。そして、 η, ζ は予め与えられた値に従い制御しても良い。

[0180] 次に、小容量電池のパラメータ（ C, c_s, r_s ）をテーブル設定していない場合、パラメータを同定する必要がある（直流抵抗は前述した方法にて同定可能、また大容量電池の場合は式9で説明済み）。この同定方法について述べる。なお、キャパシタの場合には $r_s = 0, C = C_s, R_c = R_s$ と設定したと同一のため、第二電池にキャパシタを使用した場合は省略する。同定タイミングとしては、前述した電池がCC充電の場合とCV充電の場

合の2通りが有る。しかしながら、C C充電時には、制御も入っているためと、C V充電時には定電圧源に電池を並列に繋いでも、電池間の相互作用が無いいため、ここではC V充電時のパラメータ同定について述べる。

[0181] 小容量電池をC V充電した場合には式27の方程式となる。

$$V_a = I(t)R_s + v_s(t) + V_s(0) + \frac{1}{C} \int_0^t I(t) dt \quad \dots \text{(式27)}$$

$$c_s r_s \frac{dv_s(t)}{dt} + v_s(t) = r_s I(t)$$

$I(t)$: 計測電流

[0182] 従い、不明パラメータC, r_s , c_s に関して、式28の線形式が成立する。

$$xI(t) + yQ(t) + zF(t) = G(t) \quad \dots \text{(式28)}$$

$$Q(t) = \int_0^t I(t) dt$$

$$F(t) = \int_0^t Q(t) dt$$

$$G(t) = (V_a - V_s(0))t - R_s Q(t)$$

$$x = c_s r_s R_s$$

$$y = \left(\frac{c_s}{C} + 1 \right) r_s$$

$$z = \frac{1}{C}$$

[0183] 式28を最小二乗もしくは再帰最小二乗を用いて、 x , y , z を求め、 x , y , z よりC, c_s , r_s を求めても良い。キャパシタの場合には式28にて $x = y = 0$ として、同様に最小二乗または再帰最小二乗を用いてCを求めても良い。

[0184] 次に大容量電池の不明パラメータ V_L , c_L , r_L の求め方について述べる。小容量電池との差は、式28の $G(t)$ が $V_L * t - R_L * Q(t)$ になり、 $C = \text{無限大}$ 、即ち $z = 0$, $y = r_s$ になることであり、式29となる。

$$xI(t) + r_s Q(t) - V_L t = -R_s Q(t) \quad \dots \text{(式29)}$$

[0185] 式29を最小二乗、もしくは再帰最小二乗を用いて、 x , r_s , V_L を求め、 x よ

り c_s を求めてもよい。なお、以上は充電の場合であるが、電池によっては充電と放電の電池パラメータが違う場合もある。この場合には放電時のデータを用いて、同様に電池パラメータを同定しても良い。

[0186] 最後に、以上で述べた回生充電における、充電電荷の効果の比較を説明する。ここでは、第一の電池に鉛電池、第二の電池にキャパシタ（リチウムイオンキャパシタ）を使用した例とし、緒元を図23と仮定した。そして、オルタネータはCC充電200A、CV充電時電圧14Vを仮定し、10s間の回生を仮定し、スイッチ抵抗を0と仮定した。そして、鉛電池単独、キャパシタ単独、鉛電池とキャパシタ常時並列（即ち、リチウムイオンキャパシタの初期OCVは鉛電池と同じ12.6V）、実施例1で述べたスイッチSW一回切り替え方式、実施例2で述べた同時接続無しの方法（但し、先に鉛電池を充電して、鉛電池の分極が v_p になった時点で $\eta = v_p / I_a * r_L$ とする方式。実施例2と簡単に表記する。）、実施例3で述べた同時接続有りの方式（但し、CC充電では先に鉛電池を充電して鉛電池の分極が v_p になった時点で $\eta = v_p / I_a * r_L$ に切り替え、一つの電池のみではCC充電不可能になった後に同時接続。実施例3と簡単に表記する）の方式を比較する。時間刻み幅50msで数値計算した比較結果を図24に記す。図24より、提案方式（実施例1、実施例2、実施例3）の方式は、電池単独や常時並列時よりも充電電荷が多くなる。そして、実施例3が最も充電電荷が多い。これは同時接続を許したため、CC充電時間が長くなったためである。なお、常時並列時の充電電荷が低いのは、キャパシタの初期電圧が12.6Vと低く、キャパシタで充電できる電荷が少なくなるためである。

実施例 4

[0187] 本発明のマイクロHEVにおける第2の実施形態を説明する。本発明は、先一方の電池を横流が発生しない電圧まで充電し、その後並列にする。実施例3に比べ、分極電圧の落ち込みを利用してCC時間を増やすわけではないため、実施例3に比べ充電電荷は少なくなるものの、スイッチSWの切り替え回数が減り、ノイズが抑えられる。

- [0188] この処理を図 25 のフローで説明する。ステップ 251 から 253 までは実施例 3 の 2201 から 2203 と同じである。ステップ 254 において、同時接続時に横流発生かどうかを判定する。そして横流が発生しないならば、ステップ 255 に処理を移し、両方のスイッチ SW を On にする。横流が発生するならば、ステップ 256 に処理を移す。
- [0189] ステップ 256 では、第二の電池の電圧不足条件即ち、「 $V1 - V2 > I_a * R_c$ 」を判定する。 $V1$ は第一の電池の OCV（非定常な値、即ち電流 0 時の電池電圧の方）、 $V2$ は第二の電池の OCV（非定常な値、即ち電流 0 時の電池電圧の方）、 R_c は第二の電池の直流抵抗である。もし第二の電池の電圧不足ならば、ステップ 257 に処理を移し、第二の電池を選択して第二の電池のみを充電する。そうでなければ、第一の電池の電圧不足であるため、ステップ 258 に処理を移し、第一の電池を選択して第一の電池のみを充電する。
- [0190] ステップ 255、ステップ 257、ステップ 258 のスイッチ SW 処理の後、ステップ 259 に処理を移し、回生終了かどうかを判断する。回生が終了しなければステップ 251 に戻り、回生終了ならば図 25 の処理を終了する。

符号の説明

- [0191] 11 ……エンジン、12 ……発電機（オルタネータ）、14 ……補機負荷、15 ……ECU（上位コントローラ）、16 ……通信線、17 ……マイクロ H E V、200 ……コントローラ、201 ……第一電池、202 ……第一電池の電流計、203 ……第一電池の電圧センシング線、204 ……第一電池の電流推定部、205 ……第一電池のスイッチ SW、206 ……第二電池、207 ……第二電池の電流計、208 ……第二電池の電圧センシング線、209 ……第二電池の電流推定部、210 ……第二電池のスイッチ SW、211 ……比較器、212 ……SW（スイッチ）制御部、213 ……オルタ（オルタネータ）・補機電圧センシング線、31 ……駐車中スイッチ SW 位置設定ステップ、32 ……コントローラスリープステップ、33 ……イグニッション On 判定、34 ……コントローラウェイクア

ップステップ、 35…回生開始判定、 36…回生充電制御ステップ、 37…非回生制御ステップ、 38…イグニッションオフ判定、 41…クランキング中判定、 42…クランキング中処理ステップ、 43…クランキング開始判定、 44…クランキング開始指令、 45…オルタネータ充電オフ指令ステップ、 46…第二電池が空かの判定、 47…第一の電池放電指令ステップ、 48…第二の電池放電指令ステップ、 501…同時接続判定、 502…オルタ補機電圧閾値以下判定、 503…横流発生判定、 504…同時接続時横流発生判定、 505…同時接続指令ステップ、 506…電池単独接続時の電圧比較判定、 507…第一電池のみの接続指令ステップ、 508…第二電池のみの接続指令ステップ、 509…第二の電池単独使用可能判定、 510…第一電池のみの接続指令ステップ、 511…第二電池のみの接続指令ステップ、 81…分極容量、 82…分極抵抗、 121…バックアップ用コンデンサ 1301…第一電池On信号、 1302…第二電池On信号、 1302…両電池Off判定用ORゲート、 1303…両電池Off判定用NOTゲート、 1304…両電池Off判定信号、 1305…第一電池On延長用ORゲート、 1306…遅延回路、 1307…遅延回路、 1308…第一電池On延長用ORゲート、 1309…第一電池確保用ORゲート、 1310…プルアップ抵抗、 1311…第一電池ゲート信号、 1312…第二電池ゲート信号、 141…第一の電池電圧閾値未滿判定、 142…第二電池電圧閾値未滿判定、 143…第一電池のみOn指令ステップ、 144…クランキング指令送出ステップ、 145…第一電池OCV閾値以上判定、 146…第二電池電池電圧閾値以上判定、 147…第二電池のみOn指令ステップ、 148…エンジン停止指令送出ステップ、 151…第二電池選択指令ステップ、 152…第一電池推定電流時系列受信ステップ、 153…第二電池推定電流時系列受信ステップ、 154…切り替え時間算出ステップ、 155…回生経過時間切り替え時間判定、 156…回生終了判定、 157…第二電池選択指令、 158…回生終了判定、 171…小容量電池OCV、 191…第二の電池電流時系列、 192…第一の電池電流時系列、 193…切り替え時間、 2001…第

一電池推定電流受信ステップ、2002…第二電池推定電流受信ステップ、
2003…第一電池・第二電池単独使用時でもCC充電かの判定、2004
、第一電池推定電流と第二電池推定電流比較判定、2005…第一電池選択
指令ステップ、2006…第二電池ステップ、2007…回生終了判定、2
008…CC充電時スイッチSW選択処理ステップ、2010…第一の電池
の推定電流CC電流未満判定、2102…第一電池選択指令、2013…第
二電池選択指令、2201…第一電池推定電流受信ステップ、2202…第
二電池推定電流受信ステップ、2203…同時接続時電池推定電流受信、2
204…第一電池・第二電池単独使用時でもCC充電かの判定、2205…
CC充電時スイッチSW選択処理ステップ、2206…同時接続時横流発生
判定、2207…回生終了判定、2208…第一電池推定電流第二電池推定
電流比較、2209…第一電池選択指令ステップ、2210…両電池同
時接続指令ステップ、2211…第二電池選択指令ステップ、251…第一
電池推定電流受信ステップ、252…第二電池推定電流受信ステップ、25
3…同時接続時電池推定電流受信、254…同時接続時横流判定、255…
両電池接続処理、256…第二の電池電圧不足判定、257…第二電池選択
指令、258…第一電池選択指令、259…回生終了判定

請求の範囲

- [請求項1] スイッチSWを介して、第一の電池と第二の電池を並列に接続する電池システムにおいて、
- 少なくとも前記第一の電池の内部抵抗から前記第一の電池の充電電流を推定する手段および、少なくとも前記第二の電池の内部抵抗から前記第二の電池の充電電流を推定する手段を有し、
- 前記第一の電池の充電電流と前記第二の電池の充電電流に基づいて、前記第一の電池と前記第二の電池への充電電荷の和が大きくなる方式にて前記スイッチSWを切り替えることを特徴とする電池システム。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記スイッチSWは、第一のスイッチSWおよび第二のスイッチSWであり、
- 前記第一のスイッチSWと前記第二のスイッチSWとは並列に接続されており、
- 前記第一の電池は、前記第一のスイッチSWを介して負荷と接続されており、
- 前記第二の電池は、前記第二のスイッチSWを介して前記負荷と接続されている電池システム。
- [請求項3] 請求項1において、
- 放電時には第二の電池を先に放電させ、第二の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、第一の電池に切り替え放電する、または、
- 前記第一の電池を先に放電させ、第一の電池が予め定められた電圧または充電率になったときに、前記第二の電池に切り替え放電することを特徴とする電池システム。
- [請求項4] 請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、
- 前記方式は、回生充電時に前記スイッチSWを一度切り替えるもの

であり、

回生時間を T 、第二の電池の充電時間を τ ($T > \tau$)、第一の充電時間を $T - \tau$ とした時に、まず第二の電池の充電を行い、

第一の電池と前記第二の電池の充電量が最大となるタイミングで前記第一の電池に前記スイッチ SW の切り替えを行うことを特徴とする電池システム。

[請求項5] 請求項4において、

前記 τ は、第一の電池の電流時系列 ($i_1(t)$) と第二の電池の時系列 ($i_2(t)$) を推定し、 $i_1(t) = i_2(\text{充電終了時間} - t)$ となる充電開始からの時刻 t であり、初めに前記第二の電池を充電し、充電開始から t 経過後に第一の電池を選ぶように前記スイッチ SW を切り替えることを特徴とする電池システム。

[請求項6] 請求項4または請求項5において、

回生充電時間 T が不明の場合、第一の電池の電流時系＝第二の電池の電流収束値となる時刻 t を求め、前記 τ とすることを特徴とする電池システム。

[請求項7] 請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、

前記方式は、回生充電時に前記スイッチ SW を複数回切り替えるものであり、

前記第一の電池の推定充電電流と前記第二の電池の推定電流を比較し、推定電流の大きい方の電池を選択するようにスイッチ SW を切り替え充電することを特徴とする電池システム。

[請求項8] 請求項7において、

前記第一の電池、前記第二の電池単独充電のどちらかが定電圧充電となるまでは、定期的にスイッチ SW を切り替え、充電することを特徴とする電池システム。

[請求項9] 請求項8において、

前記第一の電池が定電流充電となる場合、前記第一の電池のスイッ

チSWの時間比率を初め1とし、前記第一の電池が定電流充電終了状態になった後に、前記第一の電池のスイッチSW時間比を、（オルタネータの定電圧充電時の電圧－第一の電池の開放電圧）／（オルタネータの定電流充電時の電流×分極抵抗）とすることを特徴とする電池システム。

[請求項10]

請求項8において、

前記負荷はオルタネータであり、

前記第一の電池が定電流充電となる場合、前記オルタネータの定電流充電時の電流＝第二の電池の分極電圧／（第二の電池の分極抵抗＊（1＋第二の電池の分極容量／第二の電池の容量））＋第一の電池の分極電圧 $v_p(t)$ ／第一の電池の分極電圧となるように、前記第一の電池のスイッチSWの時間比率を制御することを特徴とする電池システム。

[請求項11]

請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、

前記方式は、回生充電時に前記スイッチSWを複数回切り替えるものであり、

充電時に前記スイッチSWを複数回切り替えかつ、同時接続を許す場合、第一の電池単独、第二の電池単独充電、第一第二の電池両方を繋いだ時の3つ場合の第一電池、第二電池の充電電流を推定し、第一の電池もしくは第二の電池が放電となる場合には、第一の電池と第二の電池の充電電流の大きい方の電池を接続するようにスイッチSWを切り替え、そうでない場合に、単独電池では定電圧充電となる場合、第一第二の電池両方を接続し、更にそうでない場合には、第一の電池単独のスイッチSWオン時間、第二の電池単独のスイッチSWオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を制御して、定電流充電となるようにすることを特徴とする電池システム。

[請求項12]

請求項11において、

前記第一の電池単独の前記のスイッチSWのオン時間、前記第二の

電池単独の前記スイッチSWのオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を予め定められた値とすることを特徴とする電池システム。

[請求項13] 請求項11において、

前記第一の電池単独のスイッチSWオン時間、前記第二の電池単独のスイッチSWのオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率として、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を0とし、初めに第一の電池のスイッチSWの時間比率を初め1とし、前記第一の電池が定電流充電終了状態になった後に、第一の電池のスイッチSW時間比を、 $(\text{オルタネータの定電圧充電時の電圧} - \text{第一の電池の開放電圧}) / (\text{オルタネータの定電流充電時の電流} \times \text{分極抵抗})$ とすることを特徴とする電池システム。

[請求項14] 請求項11において、

前記第一の電池単独のスイッチSWオン時間、前記第二の電池単独のスイッチSWオン時間、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率として、両方の電池を接続するスイッチSW時間の比率を0とし、 $\text{オルタネータの定電流充電時の電流} = \text{第二の電池の分極電圧} / (\text{第二の電池の分極抵抗} * (1 + \text{第二の電池の分極容量} / \text{第二の電池の容量 (F換算値)}) + \text{第一の電池の分極電圧} / \text{第一の電池の分極抵抗})$ となるように、前記第一の電池のスイッチSWの時間比率を制御することを特徴とする電池システム。

[請求項15] 請求項1ないし請求項14のいずれかにおいて、

前記第一の電池の電圧、電流、前記第二の電池の電圧、電流、前記オルタネータと補機の電圧を計測する手段を有し、前記第一の電池の直流抵抗、スイッチSWの抵抗、分極容量、分極抵抗、分極電圧、開放電圧、および第二の電池の容量を計測することを特徴とする電池システム。

[請求項16] 請求項15において、

前記電池の直流抵抗、スイッチSWの抵抗を、スイッチSWオンからオフに変わるまたは、スイッチSWオフからオンに変わる前後の電流、電圧の変化より求め、前記電池の開放電圧を電池の電圧－直流抵抗×電流として求めることを特徴とする電池システム。

[請求項17] 請求項15において、

分極抵抗、分極容量、および第二の電池の容量を、予め仮定した回路方程式に合うように、電池の電流時系列、電圧時系列よりパラメータをオンラインで推定することを特徴とする電池システム。

[請求項18] 請求項15において、

分極電圧＝－計測時刻前の分極電圧×（1－計測時間刻み幅／（分極抵抗×分極容量））＋計測電流×計測時間刻み幅／分極容量として推定することを特徴とする電池システム。

[請求項19] 請求項16において、

定常状態となる電池の開放電圧を、開放電圧－分極電圧とすることを特徴とする電池システム。

[請求項20] 請求項15において、

予め電池の定常状態となる電池の開放電圧と電池の充電率の関係を保持し、システムがスタートした時の電圧より、電池の初期充電率を求め、その後電流積分の値／電池の容量（Ah）を加えて充電率を更新し、更に充電率から定常状態となる開放電圧を求めることを特徴とする電池システム。

[請求項21] 請求項15において、

電池の分極電圧を、計測した電池の電圧－直流抵抗×計測電流一定常状態となる電池の開放電圧とすることを特徴とする電池システム。

[請求項22] 請求項1ないし請求項21のいずれかにおいて、

上位のコントローラに電池システムが充電できる電流を通信回線を通して送信することを特徴とする電池システム。

[請求項23] 請求項1ないし請求項22のいずれかにおいて、

上位のコントローラから充電開始信号、定電流充電時の電流、定電圧充電時の電圧を、通信回線を通して電池システムに送信することを特徴とする電池システム。

[請求項24]

請求項1ないし請求項23のいずれかにおいて、

上位のコントローラから充電開始から終了までの時刻を充電開始と共に、通信回線を通して電池システムに送信することを特徴とする電池システム。

[図1]

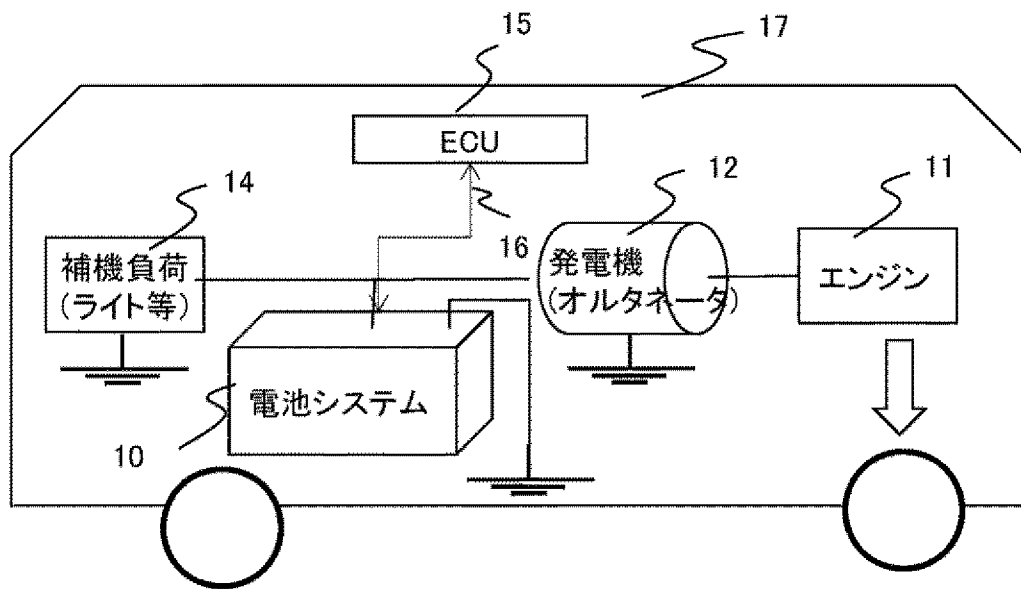


図1

[図2]

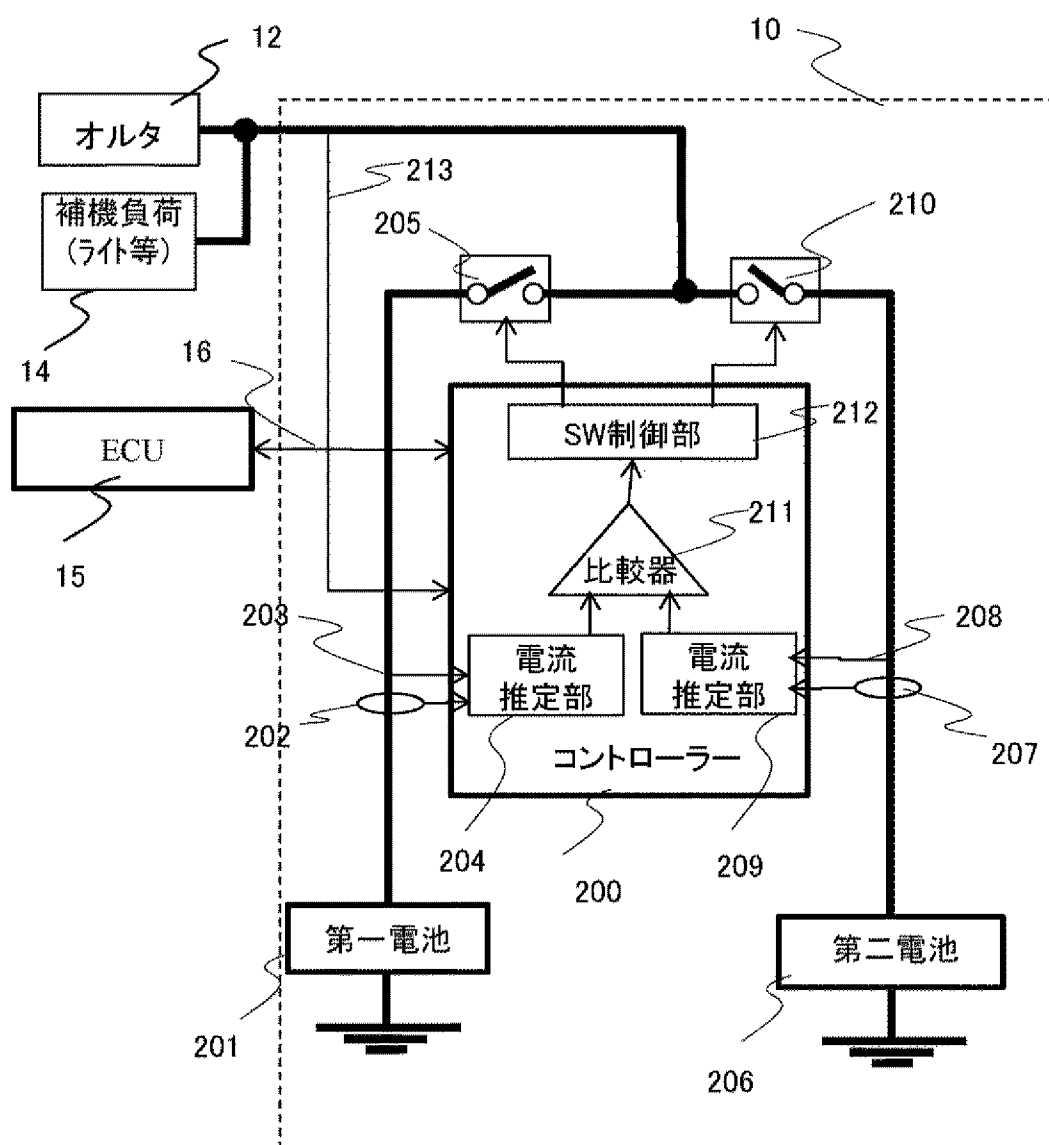


図2

[図3]

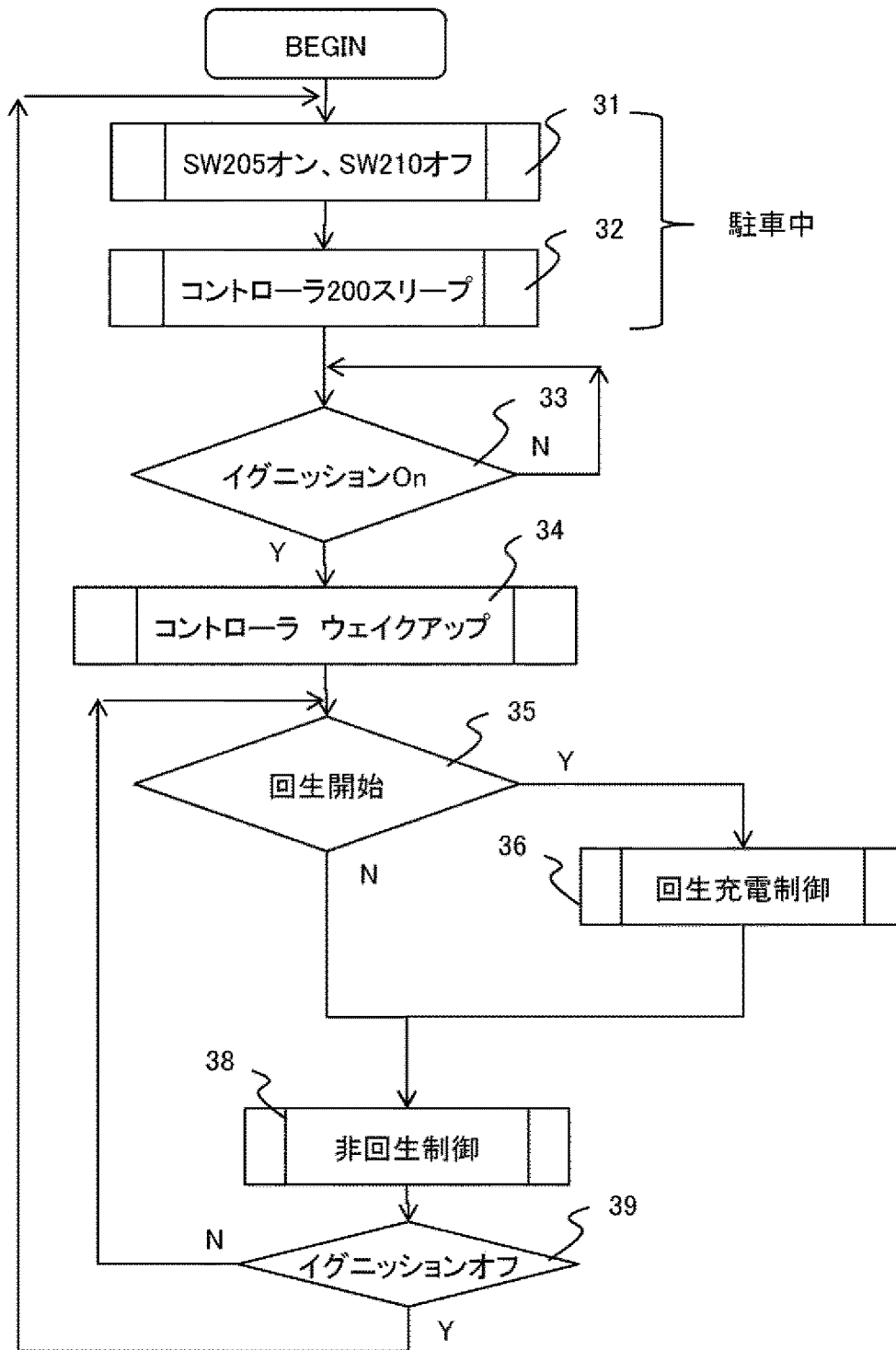


図3

[図4]

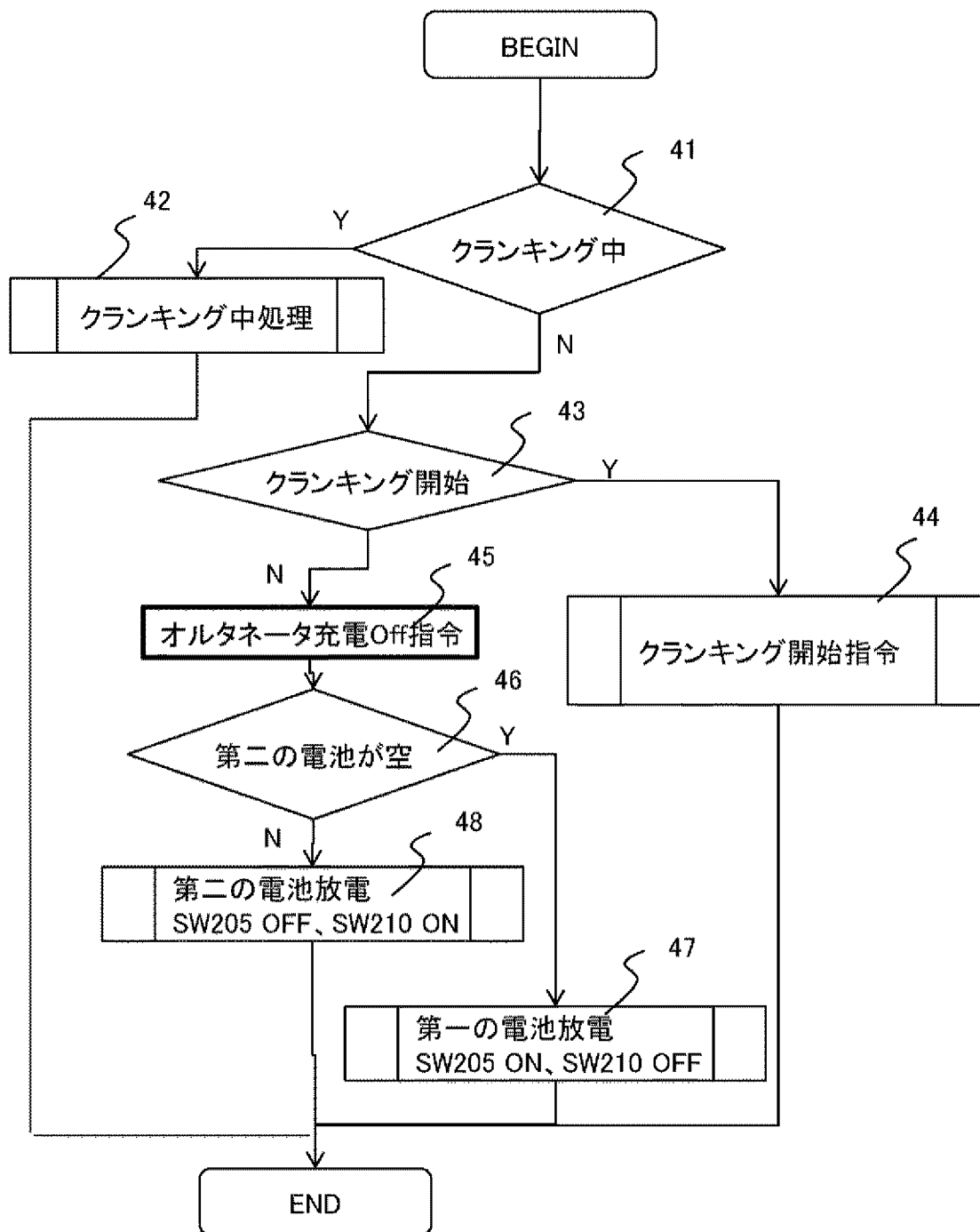


図4

[図5]

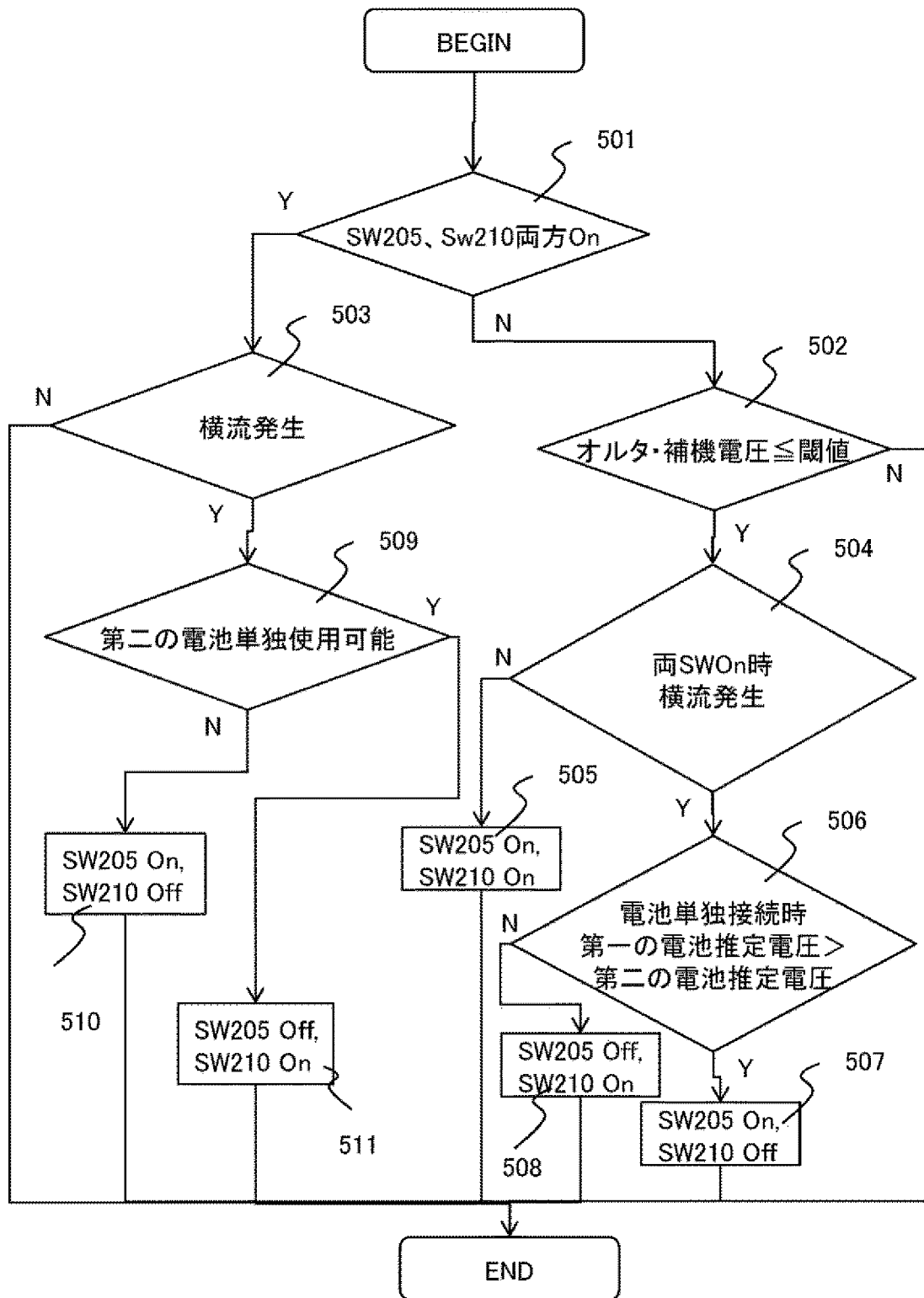


図5

[図6]

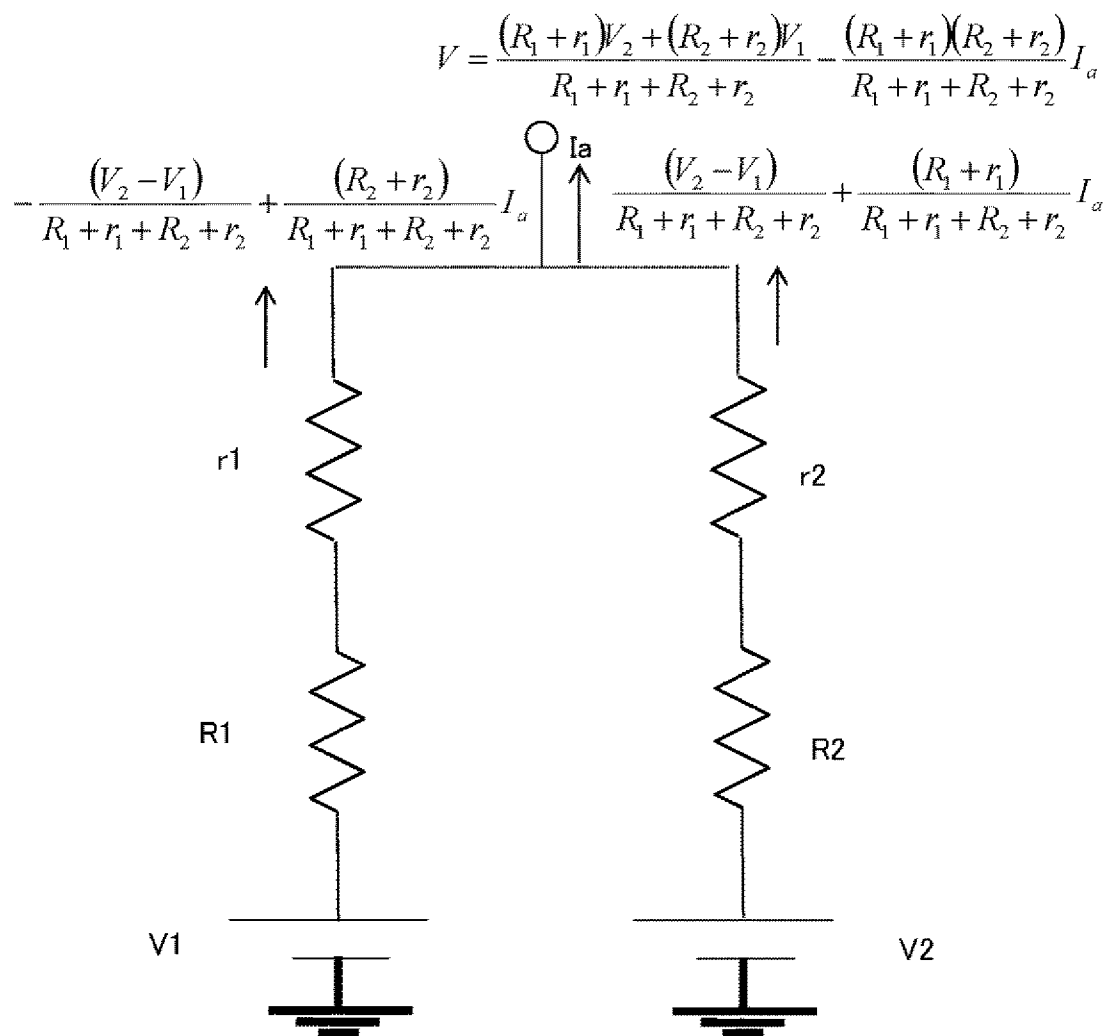


図6

[図7]

SOC [%]	OCV [V]
0	3.0
10	3.1
20	3.2
30	3.3
40	3.4
50	3.5
60	3.6
70	3.7
80	3.8
90	4.0
100	4.2

図7

[図8]

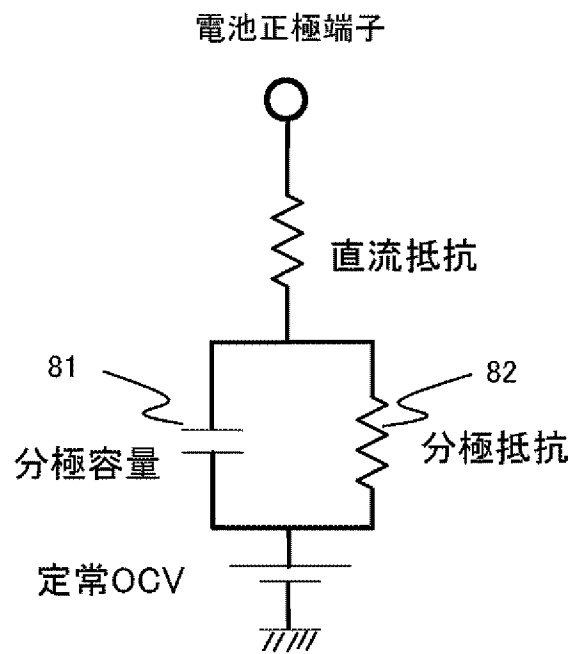


図8

[図9]

SOC [%]	r[mΩ]	c [F]
0	2.0	500
10	1.2	500
20	1.0	400
30	1.0	400
40	1.0	400
50	1.0	300
60	1.0	300
70	1.0	300
80	1.2	400
90	1.3	500
100	1.5	600

図9

[図10]

SOC [%]	R[mΩ]
0	2.0
10	1.2
20	1.0
30	1.0
40	1.0
50	1.0
60	1.0
70	1.0
80	1.2
90	1.3
100	1.5

図10

[図11]

温度 [°C]	R[mΩ]
-30	0.7
-10	0.9
0	1.0
10	1.2
20	1.5
25	2.0
40	3.0
60	4.0

図11

[図12]

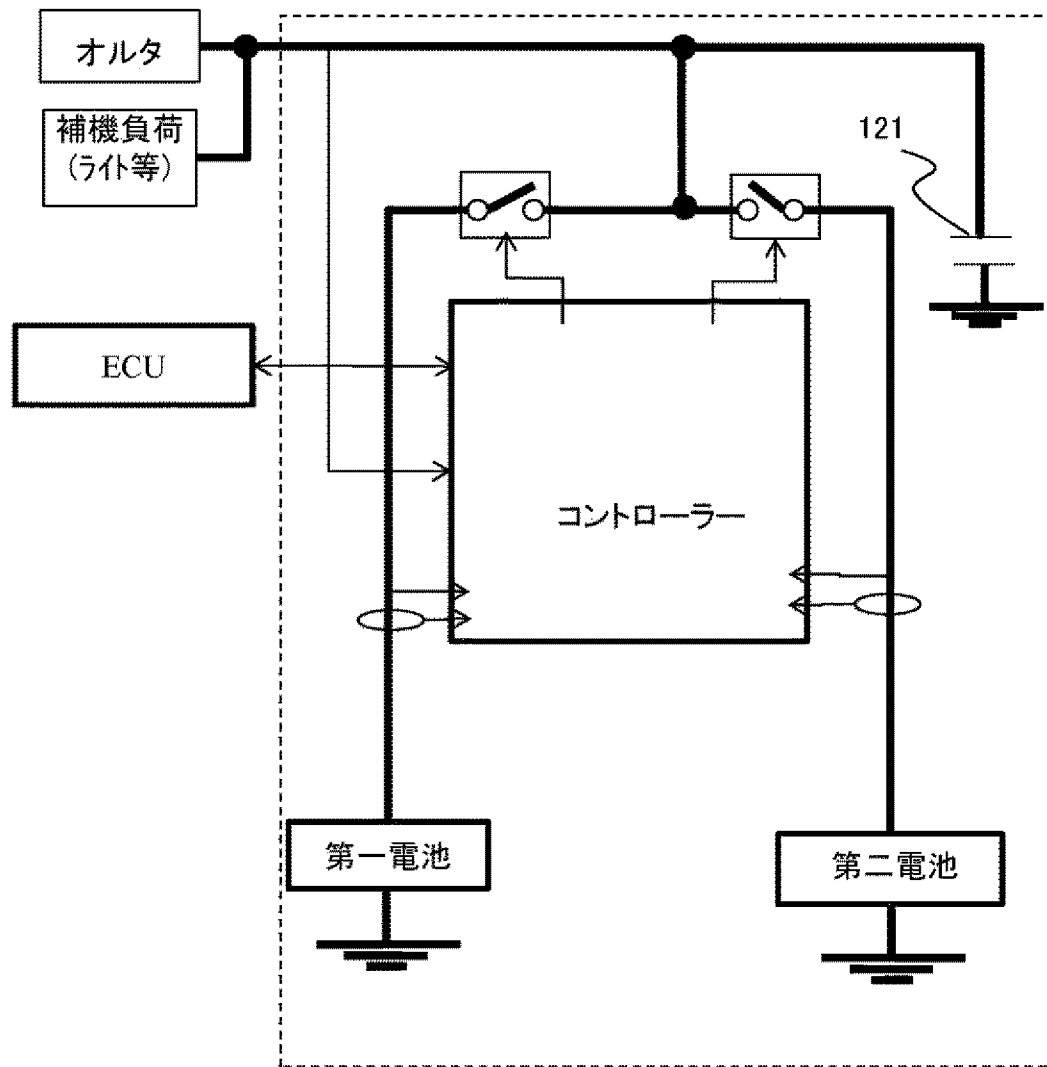


図12

[図13]

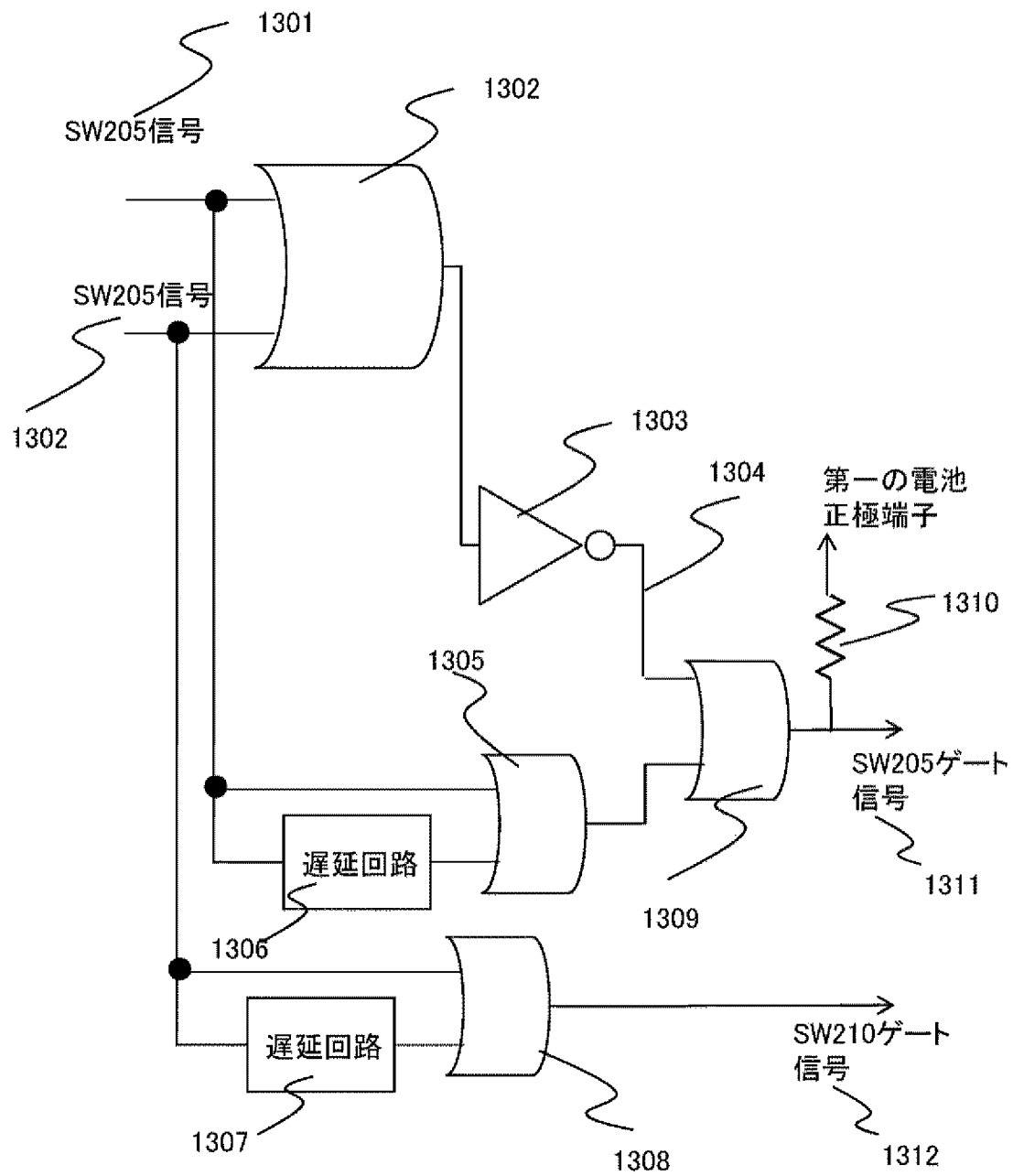


図13

[図14]

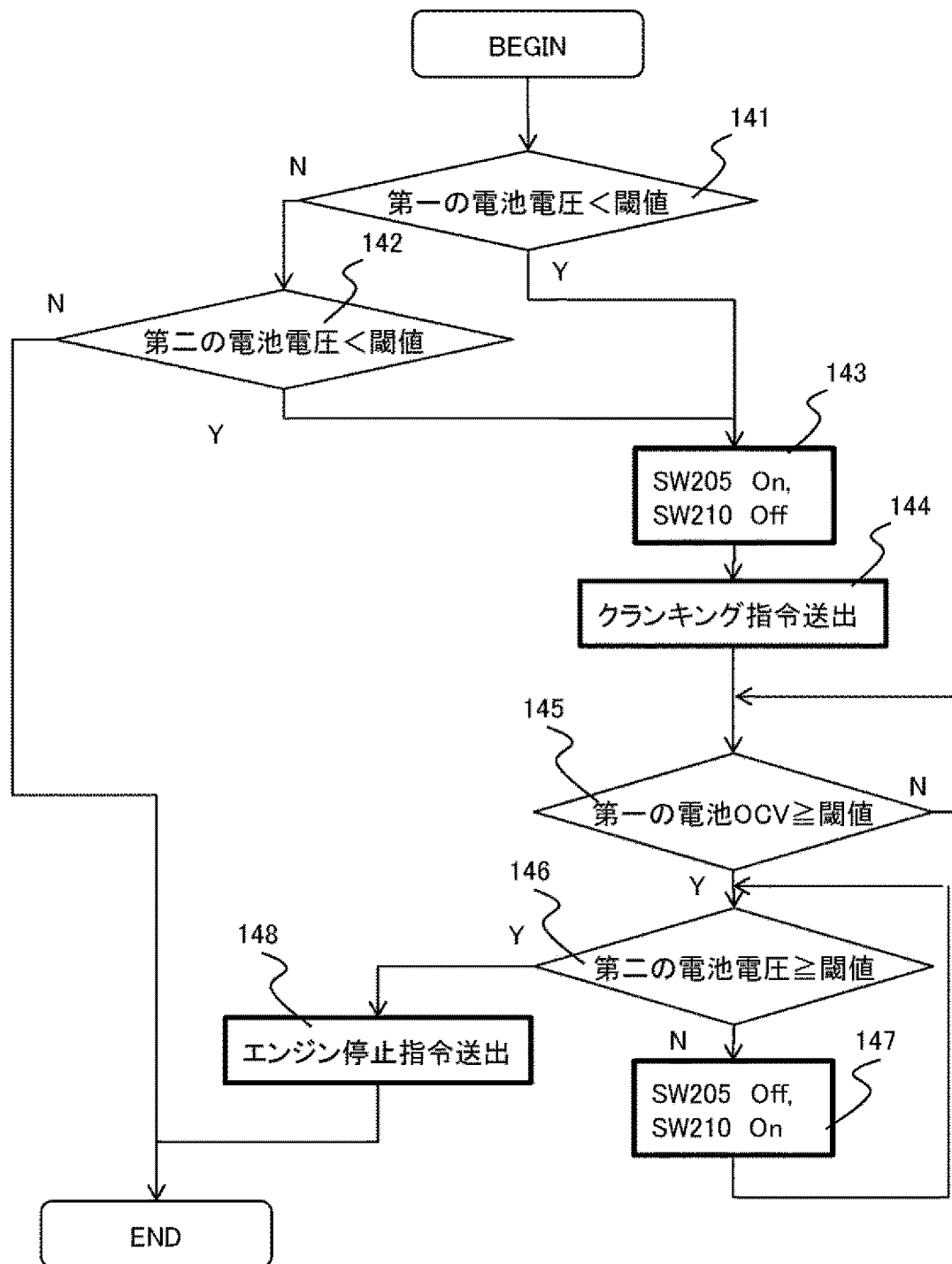


図14

[図15]

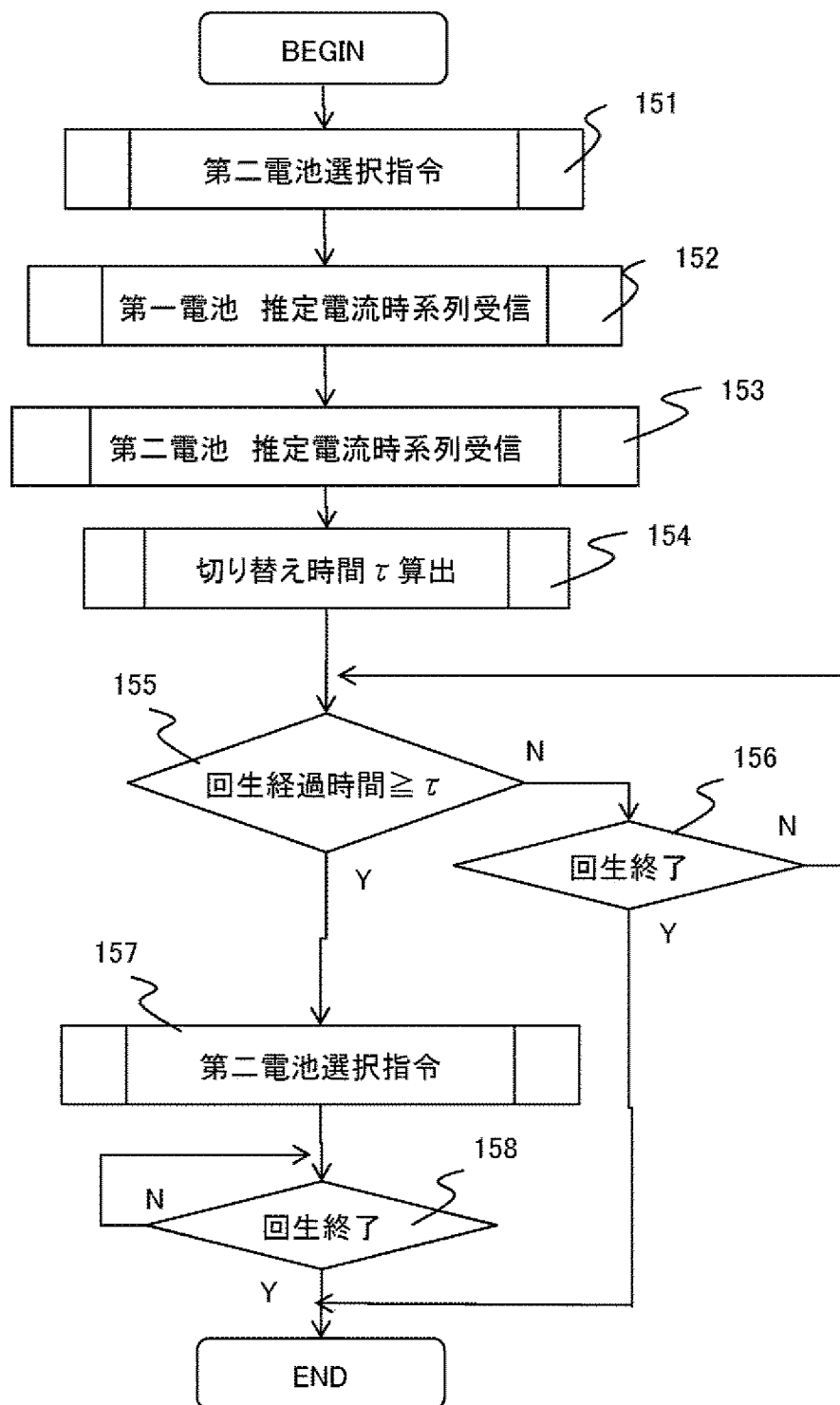


図15

[図16]

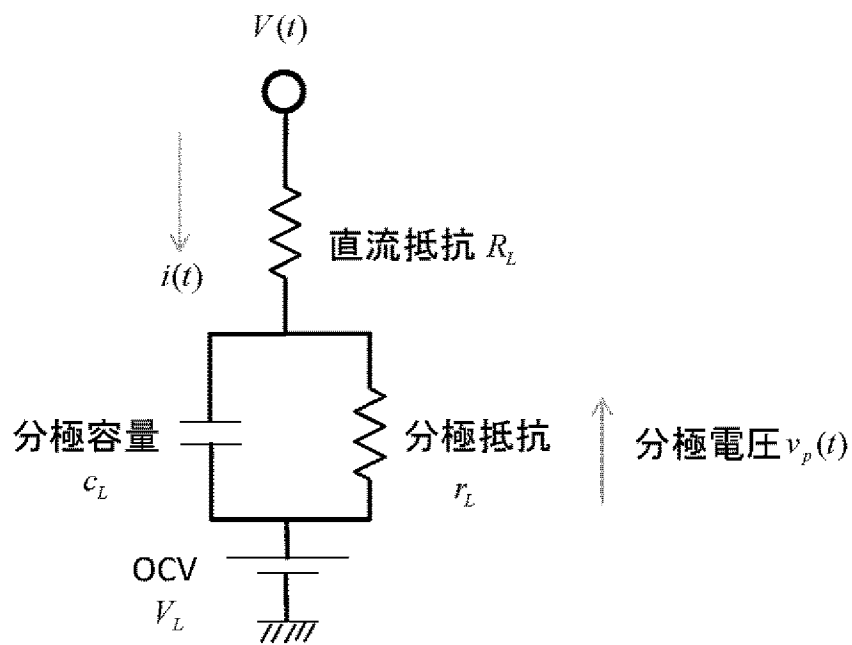


図16

[図17]

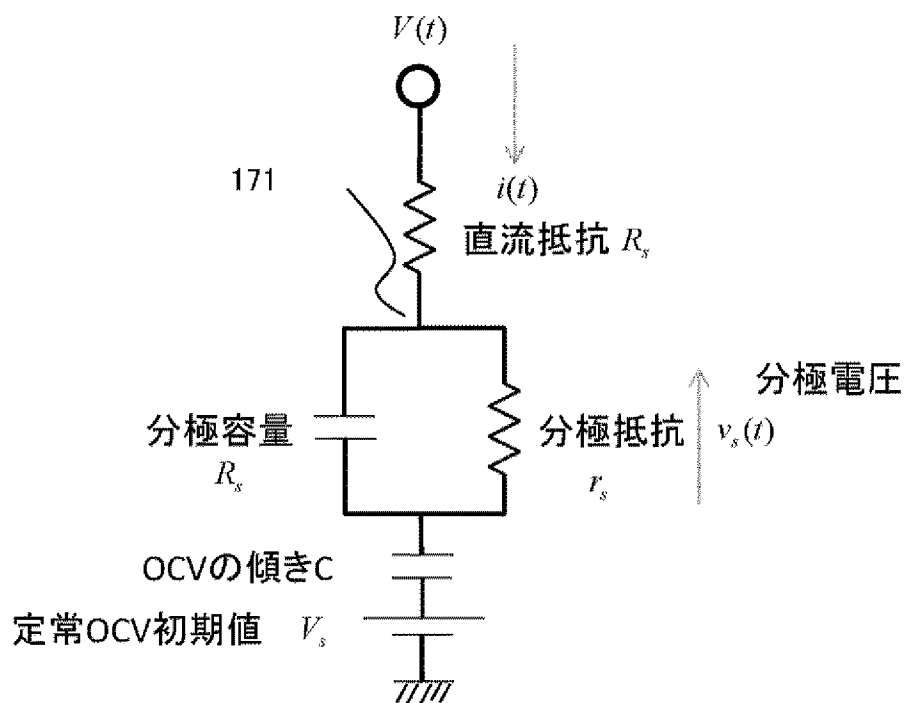


図17

[図18]

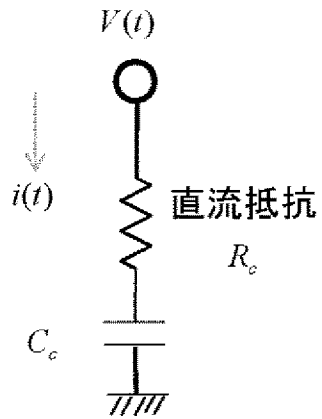


図18

[図19]

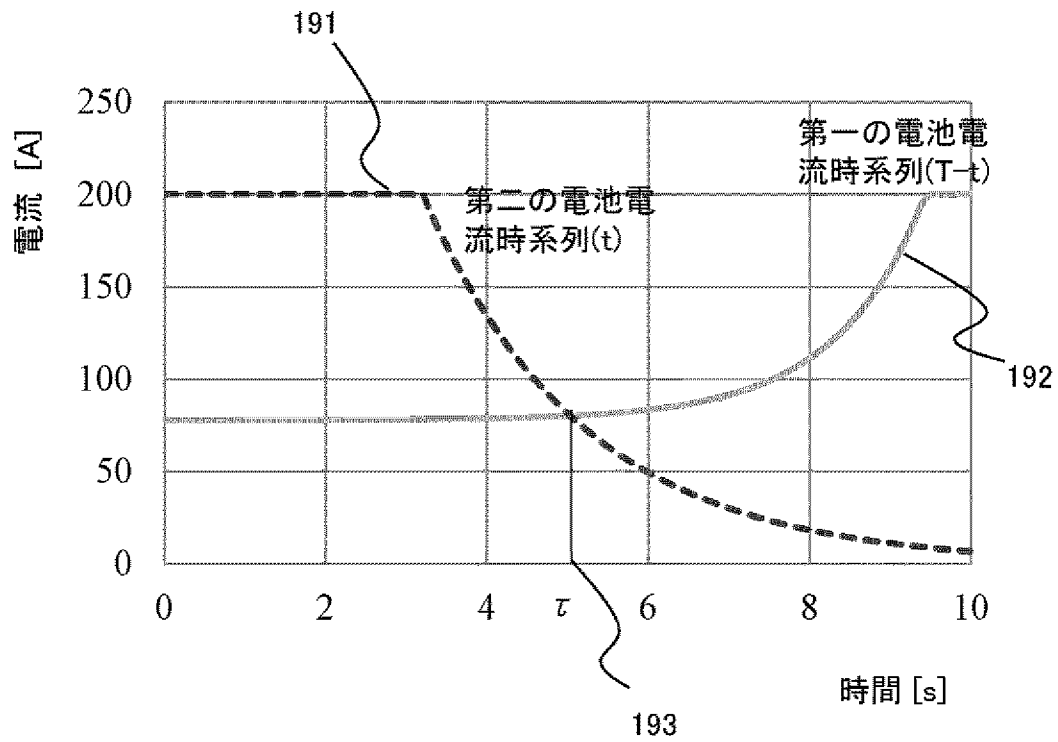


図19

[図20]

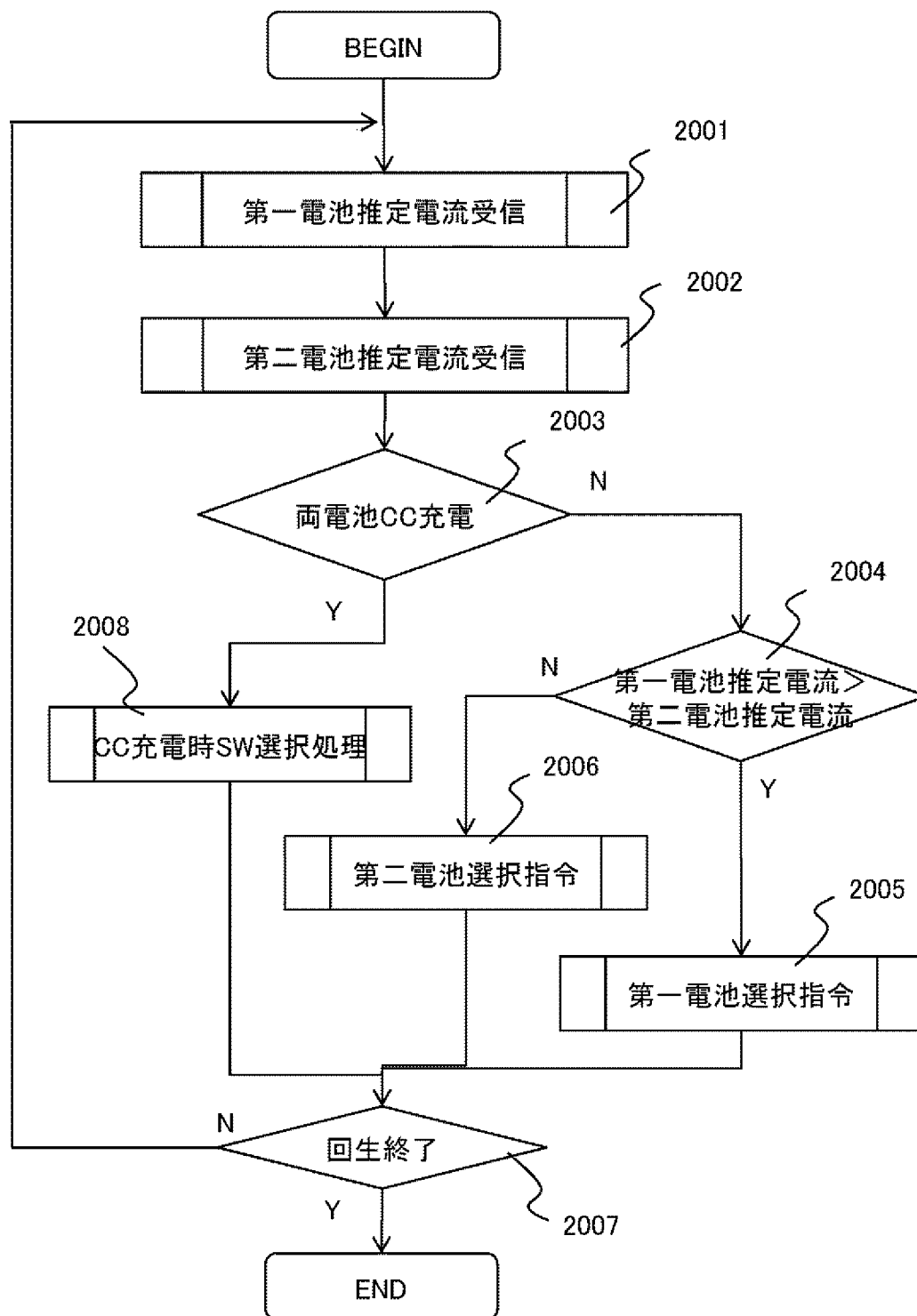


図20

[図21]

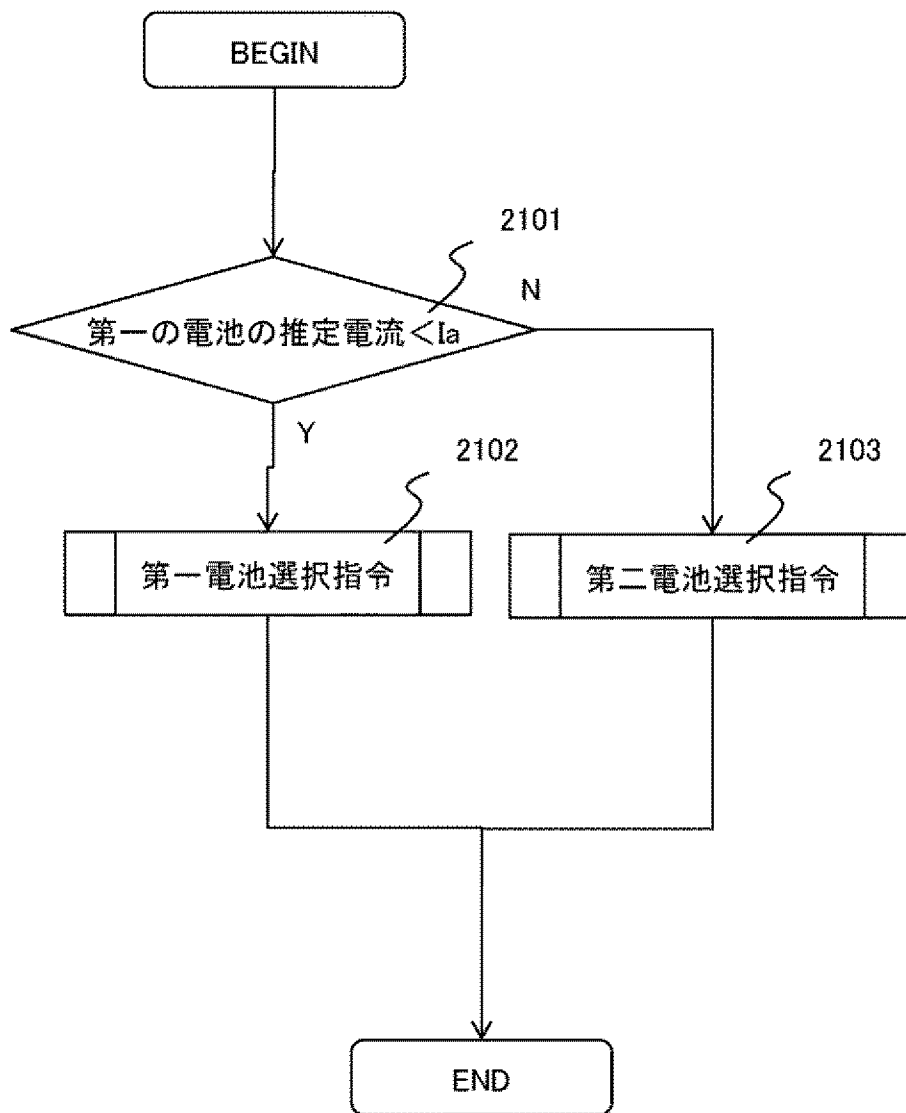


図21

[図22]

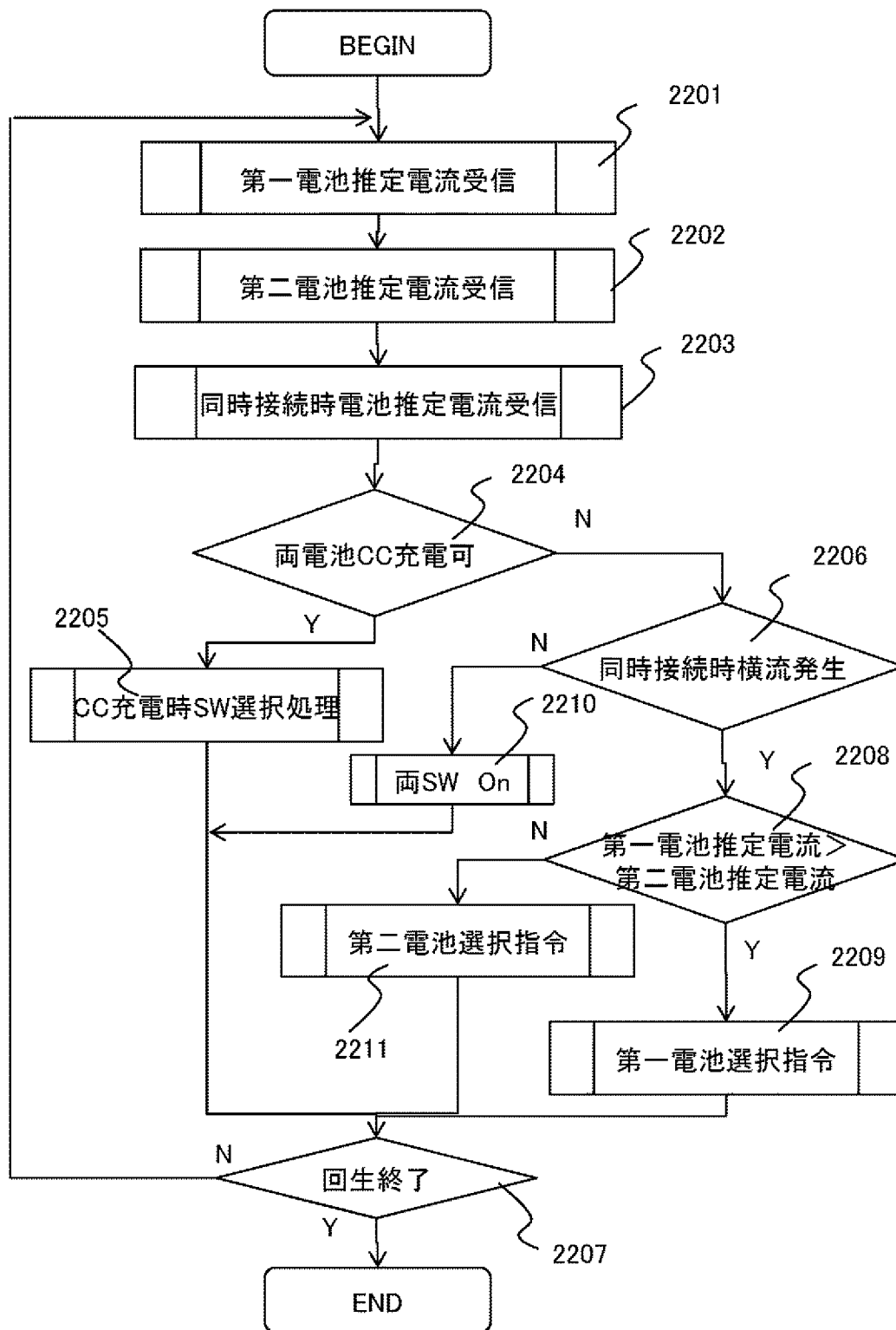


図22

[図23]

パラメータ	鉛電池	リチウムイオンキャパシタ
OCV初期値[V]	12.6	8.8
分極電圧初期値[V]	0	–
直流抵抗[Ω]	0.005	0.01
分極抵抗[Ω]	0.013	–
容量[F]	–	200
分極容量[F]	307.69	–

図23

[図24]

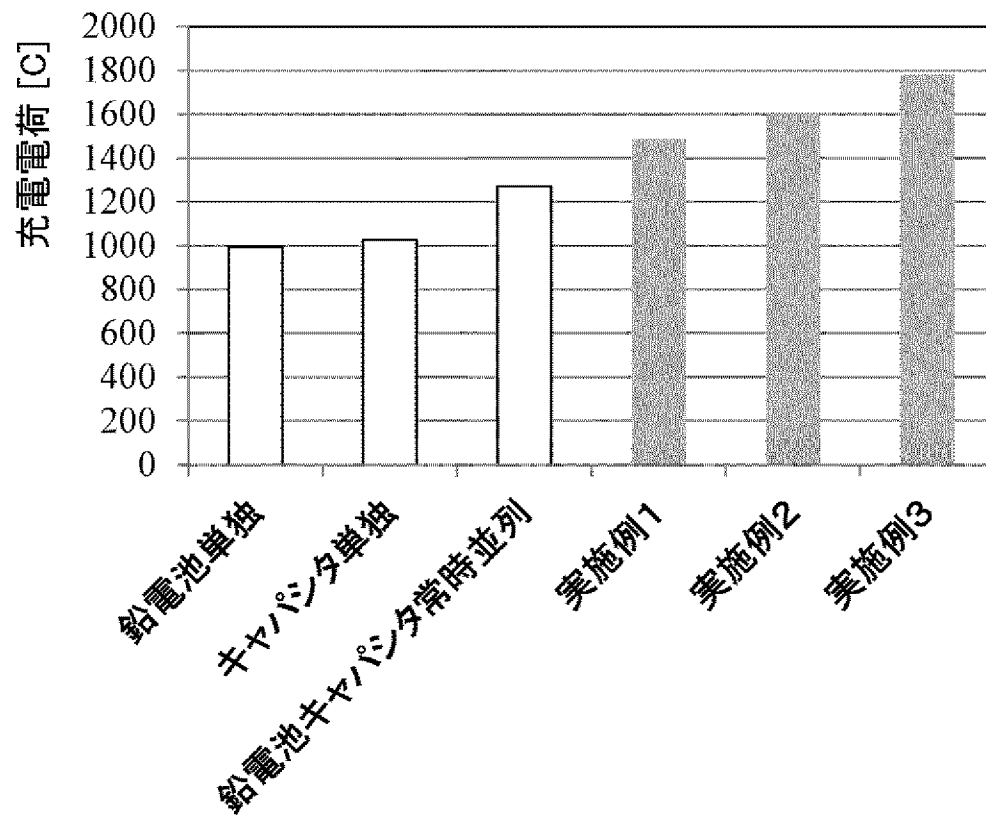


図24

[図25]

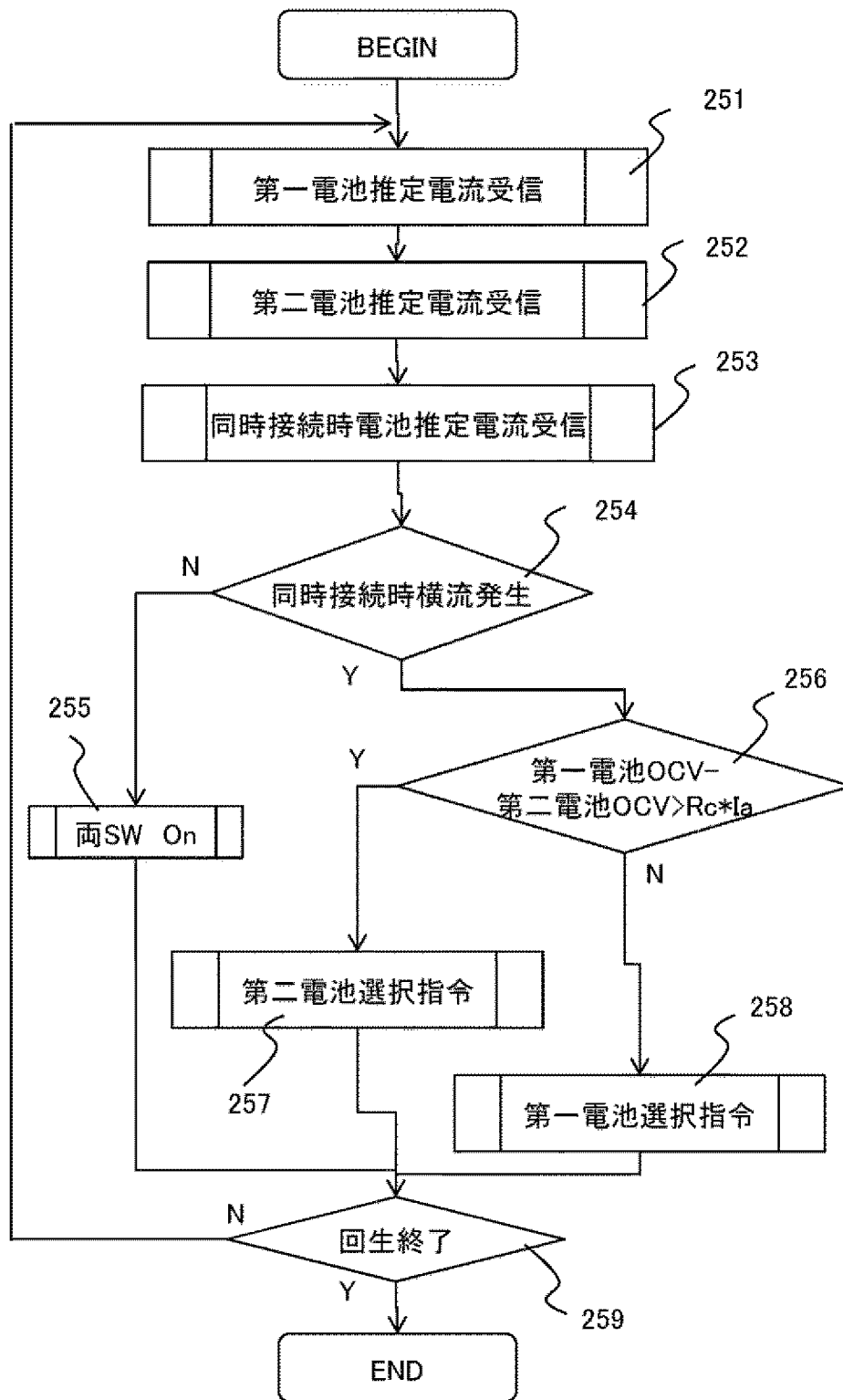


図25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J7/02(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i, H02J7/04(2006.01)i, H02J7/10(2006.01)i, H02J7/34(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)

H02J7/00-7/12, H02J7/34-7/36

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
A	WO 2012/147121 A1 (Toyota Motor Corp.), 01 November 2012 (01.11.2012), paragraphs [0013] to [0064] & US 2012/0276440 A1 & EP 2704285 A1 & CN 102934314 A	1-24
A	WO 2013/118612 A1 (Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd.), 15 August 2013 (15.08.2013), paragraphs [0027] to [0105] (Family: none)	1-24

☐ 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
28 August 2015 (28.08.15)

Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J7/02(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i, H02J7/04(2006.01)i, H02J7/10(2006.01)i, H02J7/34(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. H02J7/00-7/12, H02J7/34-7/36

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 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
A	WO 2012/147121 A1（トヨタ自動車株式会社）2012.11.01, 段落 [0013]-[0064] & US 2012/0276440 A1 & EP 2704285 A1 & CN 102934314 A	1-24
A	WO 2013/118612 A1（新神戸電機株式会社）2013.08.15, 段落 [0027]-[0105]（ファミリーなし）	1-24

☐ 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

2 8 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 9 . 2 0 1 5

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

横田 有光

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8

5 T

3 8 6 3