

(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
2020年3月19日(19.03.2020)



(10) 国際公開番号

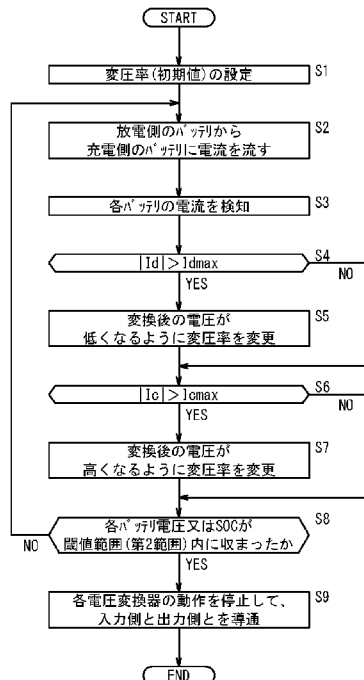
WO 2020/054828 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 7/00 (2006.01) *H01M 10/48* (2006.01)
B60L 53/00 (2019.01) *H02J 7/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/036003
- (22) 国際出願日: 2019年9月13日(13.09.2019)
- (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 2018-171167 2018年9月13日(13.09.2018) JP
- (71) 出願人: 本田技研工業株式会社 (**HONDA MOTOR CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井野 光泰 (**INO Mitsuyasu**); 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 渡辺 康人 (**WATANABE Yasuto**); 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外 (**CHIBA Yoshihiro et al.**); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目1番1号 新宿マインズタワー 16階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: POWER SUPPLY SYSTEM

(54) 発明の名称: 電源システム

FIG. 14



- S1 Set voltage transformation rate (initial value)
S2 Supply current from battery on discharge side to battery on charge side
S3 Detect current of each battery
S4 $|I_d| > I_{dmax}$
S5 Change voltage transformation rate so as to reduce voltage after conversion
S6 $|I_c| > I_{dmax}$
S7 Change voltage transformation rate so as to increase voltage after conversion
S8 Has SOC or voltage of each battery within threshold range (second range)?
S9 Stop operation of each voltage converter, and electrically connect input side and output side to each other

(57) Abstract: In a power supply system (10), a plurality of voltage converters (14) have chargeable/dischargeable batteries (12) connected to the respective primary sides (30) and have respective secondary sides (32) connected in parallel to each other. For each of the voltage converters (14), a voltage transformation rate (Tr) is set such that the current measured by a primary side current measuring instrument (16) is maintained within a first range between the discharge current maximum value (I_{dmax}) of the batteries (12) connected to the primary sides (30) and the charge current maximum value

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(I_{cmax}) of the batteries (12).

(57) 要約: 電源システム (10) において、複数の電圧変換器 (14) では、充放電可能なバッテリー (12) が1次側 (30) に接続され、2次側 (32) が互いに並列接続されている。複数の電圧変換器 (14) の各々について、変圧率 (Tr) は、1次側電流計測器 (16) で計測される電流が、1次側 (30) に接続されるバッテリー (12) の放電電流最大値 (I_{dmax}) とバッテリー (12) の充電電流最大値 (I_{cmax}) との間の第1範囲内に収まるように設定される。

明 細 書

発明の名称：電源システム

技術分野

[0001] 本発明は、充放電可能な複数のバッテリーが電圧変換器を介して互いに並列接続される電源システムに関する。

背景技術

[0002] 充放電可能な複数のバッテリーが電圧変換器を介して互いに並列接続される電源システムが、例えば、特許第6293010号公報に開示されている。

発明の概要

[0003] ところで、電圧又はSOCの異なる複数のバッテリーを互いに並列接続する場合、複数のバッテリーの間では、電圧又はSOCが互いに均等になるように、各バッテリーの電圧差に比例して電流が流れる充放電が行われる。この場合、複数のバッテリーを単純に結線した際、無視できるほど小さな電圧差であれば、各バッテリーを直接、並列接続しても問題はない。

[0004] しかしながら、電圧差の大きな複数のバッテリーを並列接続すると、当該電圧差に起因して大電流が流れる。また、このような状態では、複数のバッテリーが電圧変換器を介して互いに並列接続される場合においても、電圧変換器のスイッチング素子をオンにした瞬間に大電流が流れ、一方で、オフにした瞬間に配線のインダクタンス成分に起因する高電圧が発生する。このような大電流又は高電圧の発生に起因してバッテリーが劣化するおそれがある。

[0005] 本発明は、このような課題を考慮してなされたものであり、バッテリーの劣化を回避しつつ、互いに並列接続される複数のバッテリーの電圧又はSOCを均等化することができる電源システムを提供することを目的とする。

[0006] 本発明の態様は、充放電可能な複数のバッテリーと、1次側が複数のバッテリーのいずれかに接続され、2次側が互いに並列接続され、前記1次側に接続されているバッテリーの電圧を任意の変圧率で変換し、変換した前記電圧を前記2次側に出力する複数の電圧変換器と、複数の前記電圧変換器の1次側に

各々接続され、前記１次側に流れる電流を計測する複数の電流計測器とを備える電源システムに関する。この場合、複数の前記電圧変換器の各々について、前記変圧率は、前記１次側に接続される電流計測器で計測される電流が、前記１次側に接続されるバッテリーの放電電流最大値と前記バッテリーの充電電流最大値との間の第１範囲内に収まるように設定される。

[0007] 本発明によれば、電流計測器で計測される電流が放電電流最大値と充電電流最大値との第１範囲内にあれば、電圧又はＳＯＣの高いバッテリーから低いバッテリーに自動的（自然）に電流が流れ、充放電が行われる。一方、電流が第１範囲内から逸脱する場合には、第１範囲内に収まるように変圧率が調整される。この結果、複数のバッテリーの劣化を回避しつつ、互いに並列接続される複数のバッテリーの電圧又はＳＯＣを均等化することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図１]本実施形態に係る電源システムの構成図である。

[図２]図１の電源システムの変形例の構成図である。

[図３]図３Ａは、昇圧型の電圧変換器の回路図であり、図３Ｂは、降圧型の電圧変換器の回路図であり、図３Ｃは、インターリーブ回路方式の降圧型又は昇降圧型の電圧変換器の回路図である。

[図４]図４Ａは、比較例での複数のバッテリーの並列接続を図示した概念図であり、図４Ｂは、本実施形態での複数のバッテリーの並列接続を図示した概念図である。

[図５]本実施形態での複数のバッテリーの充放電を図示した概念図である。

[図６]図６Ａ及び図６Ｂは、負荷に電流を流す場合の複数のバッテリーの充放電を図示した概念図である。

[図７]図７Ａ～図７Ｃは、２つのバッテリー間での充放電の説明図である。

[図８]図８Ａ～図８Ｃは、２つのバッテリー間での充放電の説明図である。

[図９]５つのバッテリー間での充放電の説明図である。

[図１０]図１０Ａ及び図１０Ｂは、２つのバッテリー間での充放電の説明図である。

[図11]図11A及び図11Bは、2つのバッテリー間での充放電の説明図である。

[図12]図12A～図12Cは、それぞれ、昇圧動作、降圧動作及び昇降圧動作のタイミングチャートである。

[図13]4つのバッテリー間での充放電を示すタイミングチャートである。

[図14]図1の電源システムの動作を示すフローチャートである。

[図15]第1変形例のフローチャートである。

[図16]第2変形例のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明に係る電源システムについて好適な実施形態を例示し、添付の図面を参照しながら説明する。

[0010] [1. 本実施形態の基本構成]

本実施形態に係る電源システム10は、図1に示すように、複数のバッテリー12と、複数の電圧変換器14と、複数の1次側電流計測器16と、複数の1次側電圧計測器18と、2次側電流計測器20と、2次側電圧計測器22と、制御部24とを有する。電源システム10は、例えば、二輪車、四輪車等の電動車両の電源システムに適用される。また、複数の電圧変換器14、複数の1次側電流計測器16、複数の1次側電圧計測器18、2次側電流計測器20、2次側電圧計測器22、及び、制御部24等によって、複数のバッテリー12の電力を電動車両の駆動モータ等の負荷26に供給する一方で、後述する複数のバッテリー12の電圧又はSOCの均等化を図る電源供給ユニット28が構成される。

[0011] 複数のバッテリー12は、電源システム10を構成する電源供給ユニット28に対して着脱可能で、且つ、充放電可能なバッテリーである。複数の電圧変換器14は、1次側30と2次側32とをそれぞれ有するDC/DCコンバータであって、1次側30に接続されているバッテリー12の電圧（1次側電圧）を任意の変圧率 T_r （昇圧率 T_{ru} 又は降圧率 T_{rd} ）で変換することで、変換した電圧（2次側電圧）を2次側32に出力する。なお、本実施形

態では、複数のバッテリー 12 のうち、少なくとも 1 つのバッテリー 12 が電源システム 10 に対して着脱可能であればよい。

[0012] 複数の電圧変換器 14 の 1 次側 30 は、複数のバッテリー 12 のうち、いずれかのバッテリー 12 に接続されている。すなわち、バッテリー 12 の正極端子 12 p と電圧変換器 14 の 1 次側 30 の正極端子 30 p とが接続され、バッテリー 12 の負極端子 12 m と電圧変換器 14 の 1 次側 30 の負極端子 30 m とが接続されている。また、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 は、互いに並列接続されることで、負荷 26 に並列に接続される。この場合、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 の正極端子 32 p が負荷 26 の正極端子 26 p に接続され、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 の負極端子 32 m が負荷 26 の負極端子 26 m に接続されている。

[0013] 複数の 1 次側電圧計測器 18 は、それぞれ、電圧変換器 14 の 1 次側 30 で、バッテリー 12 の正極端子 12 p と負極端子 12 m との間に接続された電圧センサである。また、複数の 1 次側電流計測器 16 は、それぞれ、電圧変換器 14 の 1 次側 30 で、バッテリー 12 の正極端子 12 p と電圧変換器 14 の正極端子 30 p との間に接続された電流センサである。

[0014] 2 次側電圧計測器 22 は、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 で、負荷 26 の正極端子 26 p と負極端子 26 m との間に接続された電圧センサである。また、2 次側電流計測器 20 は、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 で、複数の電圧変換器 14 の正極端子 32 p と負荷 26 の正極端子 26 p との間に接続された電流センサである。さらに、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 において、各正極端子 32 p と各負極端子 32 m との間には、コンデンサ 34 が接続されている。

[0015] 制御部 24 は、後述するテーブル 36 を有するコンピュータであって、不図示のメモリに格納されたプログラムを実行することで、負荷 26 からの要求（負荷要求）に基づいて、複数の電圧変換器 14 による 1 次側 30 と 2 次側 32 との間での電圧変換動作等を制御する。

[0016] [2. 本実施形態の基本動作]

以上のように構成される電源システム 10 において、着脱式の複数のバッテリー 12 が電源供給ユニット 28 に接続され、且つ、負荷 26 が電源供給ユニット 28 に接続されている場合、複数の 1 次側電圧計測器 18 は、それぞれ、接続されているバッテリー 12 の電圧（1 次側電圧）を計測し、その計測結果を制御部 24 に逐次送信する。また、複数の 1 次側電流計測器 16 は、それぞれ、1 次側 30 を流れる電流（1 次側電流）を計測し、その計測結果を制御部 24 に逐次送信する。なお、1 次側電流計測器 16 は、バッテリー 12 の放電時には、バッテリー 12 から電圧変換器 14 に流れる電流（放電電流 I_d ）を計測し、一方で、バッテリー 12 の充電時には、電圧変換器 14 からバッテリー 12 に流れ込む電流（充電電流 I_c ）を計測する。

[0017] 2 次側電圧計測器 22 は、2 次側 32 の電圧（2 次側電圧としての負荷電圧）を計測し、その計測結果を制御部 24 に逐次送信する。また、2 次側電流計測器 20 は、2 次側 32 を流れる電流（2 次側電流としての負荷電流 I_L ）を計測し、その計測結果を制御部 24 に逐次送信する。なお、2 次側電流計測器 20 は、力行時には、複数の電圧変換器 14 から負荷 26 に流れる負荷電流 I_L （力行電流）を計測し、一方で、回生時には、負荷 26 から複数の電圧変換器 14 に流れる負荷電流 I_L （回生電流）を計測する。

[0018] 制御部 24 は、受信した各電圧及び各電流の計測結果と、負荷 26 からの要求（負荷要求）とに基づいて、複数の電圧変換器 14 毎の変圧率 T_r の指令値を設定し、設定した各指令値を複数の電圧変換器 14 に送信する。複数の電圧変換器 14 は、受信した指令値に基づいて変圧率 T_r を調整し、調整した変圧率 T_r を用いて、接続されているバッテリー 12 の電圧を変換し、変換した電圧を 2 次側 32 に出力する。なお、図 1 では、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 が互いに並列接続されている。そのため、制御部 24 は、複数の電圧変換器 14 の 2 次側 32 の電圧が同一値となるような指令値を各電圧変換器 14 に送信する。

[0019] これにより、力行時には、複数のバッテリー 12 から複数の電圧変換器 14 を介して負荷 26 に、各バッテリー 12 から流れる電流の総和である負荷電流

I_L（力行電流）が流れ、駆動モータ等の負荷 26 を駆動させることができる。一方、回生時には、負荷 26 から複数の電圧変換器 14 を介して複数のバッテリー 12 に負荷電流 I_L（回生電流）が流れ、各バッテリー 12 を充電することができる。

[0020] [3. 図 1 の構成の変形例]

図 2 は、図 1 の電源システム 10 の変形例である。図 2 の変形例では、1 つのバッテリー 12 と、当該バッテリー 12 に接続される 1 つの電圧変換器 14 と、当該電圧変換器 14 の 1 次側 30 に接続される 1 次側電流計測器 16 及び 1 次側電圧計測器 18 とが、1 つのバッテリーユニット 38 として構成され、電源システム 10 に対して複数のバッテリーユニット 38 を着脱可能とした点で、図 1 の構成とは異なる。なお、本実施形態では、複数のバッテリーユニット 38 のうち、少なくとも 1 つのバッテリーユニット 38 が電源システム 10 に対して着脱可能であればよい。

[0021] この場合、例えば、図 2 の各バッテリーユニット 38 の電圧変換器 14 が図 1 の制御部 24 の機能を具備すればよい。また、複数のバッテリーユニット 38 が電源システム 10 に装着されている状態において、各バッテリーユニット 38 は、CAN (Controller Area Network) を介して、1 次側電圧計測器 18 及び 1 次側電流計測器 16 の各計測結果等を互いに送受信可能である。これにより、各バッテリーユニット 38 の電圧変換器 14 は、負荷 26 からの負荷要求と、自己のバッテリーユニット 38 の 1 次側電圧計測器 18 及び 1 次側電流計測器 16 の各計測結果と、他のバッテリーユニット 38 から受信した 1 次側電圧計測器 18 及び 1 次側電流計測器 16 の各計測結果と、2 次側電圧計測器 22 及び 2 次側電流計測器 20 の各計測結果とに基づき、自己の電圧変換器 14 の変圧率 T_r を設定することができる。

[0022] [4. 電圧変換器 14 の具体例]

図 3 A～図 3 C は、図 1 及び図 2 の電圧変換器 14 の具体例を示す回路図である。電圧変換器 14 は、例えば、昇圧型（図 3 A 参照）、降圧型（図 3

B参照)、又は、インターリーブ回路方式の降圧型若しくは昇降圧型(図3C参照)のDC/DCコンバータである。これらのDC/DCコンバータの構成及び動作は、周知であるため、ここでは、図3A~図3Cの回路図における各構成要素の接続関係について簡単に説明する。

[0023] 図3Aの電圧変換器14において、1次側30の正極端子30pと負極端子30mとの間には、コンデンサ40が接続されている。コンデンサ40の正極端子30p側には、コイル42の一端が接続されている。コイル42の他端は、直列接続された2つのスイッチング素子44H、44Lの midpoint に接続されている。2つのスイッチング素子44H、44Lは、それぞれ、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 46H、46Lと、寄生ダイオードであるツェナダイオード48H、48Lとが並列に接続されて構成される。一方のスイッチング素子44Hは、2次側32の正極端子32pに接続されるハイサイドのスイッチング素子である。他方のスイッチング素子44Lは、2次側32の負極端子32mに接続されるローサイドのスイッチング素子である。

[0024] 図3Bの電圧変換器14において、1次側30の正極端子30pと負極端子30mとの間には、コンデンサ50が接続されている。コンデンサ50には、直列接続された2つのスイッチング素子44H、44Lが並列接続されている。一方のスイッチング素子44Hは、コンデンサ50の正極端子30p側に接続されるハイサイドのスイッチング素子である。他方のスイッチング素子44Lは、コンデンサ50の負極端子30m側と2次側32の負極端子32mとに接続されるローサイドのスイッチング素子である。2つのスイッチング素子44H、44Lの midpoint には、コイル52の一端が接続されている。コイル52の他端は、2次側32の正極端子32pに接続されている。

[0025] 図3Cの電圧変換器14は、1次側30の正極端子30p及び負極端子30mに接続されたコンデンサ50と、2次側32の正極端子32p及び負極端子32mとの間に、図3Bの2つのスイッチング素子44H、44L及び

1つのコイル52を組とする2組の回路が並列に接続されている点で、図3Bの電圧変換器14とは異なる。

[0026] いずれの電圧変換器14においても、各スイッチング素子44H、44L（MOSFET46H、46L）のゲート端子に供給されるゲート信号のデューティを変更することで、電圧変換器14の変圧率 T_r （図3Aでは昇圧率 T_{ru} 、図3Bでは降圧率 T_{rd} 、図3Cでは昇圧率 T_{ru} 又は降圧率 T_{rd} ）を変化させることができる。

[0027] [5. 本実施形態の特徴的な機能]

次に、本実施形態に係る電源システム10の特徴的な機能（以下、本実施形態の特徴的な機能ともいう。）について、図4A～図16を参照しながら説明する。本実施形態の特徴的な機能とは、電圧又はSOCの異なる複数のバッテリー12を互いに並列接続し、電圧又はSOCが互いに均等となるように複数のバッテリー12間に電流を流して充放電を行う場合に、バッテリー12の放電電流最大値 I_{dmax} （放電電流 I_d の絶対値の上限値）と充電電流最大値 I_{cmax} （充電電流 I_c の絶対値の上限値）との間の所定の許容範囲（第1範囲）内に当該電流が収まるように、複数の電圧変換器14の変圧率 T_r を設定するというものである。

[0028] なお、放電電流最大値 I_{dmax} とは、バッテリー12を劣化させない程度に放電電流 I_d を流すときの上限値（閾値）であって、該バッテリー12の製造メーカーの保証値又は製品保証値である。充電電流最大値 I_{cmax} とは、バッテリー12を劣化させない程度に充電電流 I_c を流すときの上限値（閾値）であって、該バッテリー12の製造メーカーの保証値又は製品保証値である。

[0029] <5. 1 問題点（比較例）>

図4Aは、電圧又はSOCの異なる複数のバッテリー12を互いに並列接続し、電圧又はSOCを互いに均等にする場合の問題点（比較例）を図示した概念図である。なお、比較例では、図1～図3C中の構成要素と同じ構成要素については、同じ参照符号を付けて説明する。

[0030] 図4Aでは、一例として、SOCの異なる4つのバッテリー12を並列接続

した場合を図示している。また、図4 Aでは、左側のバッテリー12から右側のバッテリー12に向かって、SOCが順に小さい場合を図示している。図4 Aでは、複数のバッテリー12の電圧又はSOCの大きさを、バッテリー12のブロック内のハッチングの面積の広さで模式的に図示している。

[0031] 比較例では、4つのバッテリー12を並列接続すると、SOCが均等化されるように、4つのバッテリー12間に電流が流れる。具体的に、SOCが相対的に高いバッテリー12（図4 Aの左側の2つのバッテリー12）から放電電流 I_d が流れることで、SOCが相対的に低いバッテリー12（図4 Aの右側の2つのバッテリー12）に充電電流 I_c として流れ込む。

[0032] そして、比較例のように、互いに並列接続するように4つのバッテリー12を単純に結線する場合、無視できるほど小さな電圧差であれば、各バッテリー12を直接、並列接続しても問題はない。しかしながら、電圧差の大きな複数のバッテリー12を並列接続すると、当該電圧差に起因して、結線した瞬間に大電流が流れる。また、このような状態では、電圧変換器14を介して複数のバッテリー12を互いに並列接続する場合においても、電圧変換器14のスイッチング素子44H、44Lを単純にオンすると、オンにした瞬間に大電流が流れる。さらに、スイッチング素子44H、44Lを単純にオフすると、オフにした瞬間に配線のインダクタンス成分に起因する高電圧が発生する。このような大電流又は高電圧の発生に起因して、バッテリー12が劣化するおそれがある。

[0033] <5. 2 本実施形態の特徴的な機能の概要>

図4 Bは、図4 Aの問題点を解決するための本実施形態の特徴的な機能を図示した概念図である。

[0034] 本実施形態の特徴的な機能では、複数のバッテリー12が複数の電流調整器54を介して互いに並列に接続されている。この場合、複数の電流調整器54は、それぞれ、1次側56に接続されているバッテリー12に流れる電流が所定の許容範囲（第1範囲）内となるような電流制限を行う。なお、第1範囲とは、バッテリー12の放電電流最大値 I_{dmax} と充電電流最大値 I_{cm}

a x との間の放電電流 I_d 又は充電電流 I_c の許容範囲をいう。

[0035] ここで、電圧又はSOCが相対的に高いバッテリー12は、放電側のバッテリー12として機能し、放電電流 I_d を流す。一方、電圧又はSOCが相対的に低いバッテリー12は、充電側のバッテリー12となり、充電電流 I_c が流れ込む。従って、電流調整器54は、放電電流 I_d 及び充電電流 I_c が共に第1範囲内に収まるような電流制限を行う。

[0036] また、電流調整器54がスイッチング素子44H、44Lを含み構成されている場合、スイッチング素子44H、44Lをオン又はオフする際に発生するピーク電流によって、放電電流 I_d 又は充電電流 I_c が第1範囲を逸脱する可能性がある。そのような場合には、放電電流 I_d 又は充電電流 I_c が第1範囲内に収まるように、放電側のバッテリー12の電流調整器54の2次側58と、充電側のバッテリー12の電流調整器54の2次側58との電圧差を小さくすればよい。これにより、放電電流 I_d 又は充電電流 I_c を第1範囲内に収めつつ、各バッテリー12の電圧又はSOCを速やかに均等化することが可能となる。

[0037] なお、本実施形態に係る電源システム10では、複数のバッテリー12が複数の電圧変換器14を介して互いに並列接続されている（図1及び図2参照）。複数の電圧変換器14は、1次側30の電圧を任意の変圧率 T_r で変換することで、変換後の電圧を2次側32に出力する。この場合、変圧率 T_r を変化させれば、2次側32の電圧が調整され、複数の電圧変換器14の2次側32の電圧差を小さくして、放電電流 I_d 及び充電電流 I_c を第1範囲内に収めることが可能となる。従って、図1～図3Cの電圧変換器14は、図4Bの電流調整器54に対応する。また、電圧変換器14の1次側30は、電流調整器54の1次側56に対応する。さらに、電圧変換器14の2次側32は、電流調整器54の2次側58に対応する。

[0038] <5. 3 本実施形態の特徴的な機能による充放電の概要>

次に、本実施形態の特徴的な機能による複数のバッテリー12間の充放電の手法について、図5～図6Bを参照しながら説明する。

[0039] 図5は、複数のバッテリー12が電流調整器54（電圧変換器14）を介して負荷26に並列接続されている場合に、負荷要求がないとき（負荷電流 I_L を流す必要がないとき）の複数のバッテリー12間での充放電の動作の概念図である。

[0040] 図5では、左側のバッテリー12の電圧又はSOCが最も大きく、放電側のバッテリー12として機能する。これに対して、右側の3つのバッテリー12は、電圧又はSOCが相対的に低く、充電側のバッテリー12となる。すなわち、図5では、左側のバッテリー12から放電電流 I_d が流れる一方で、放電電流 I_d が分配され、充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ として右側の3つのバッテリー12にそれぞれ流れ込む（ $|I_d| = |I_{c1}| + |I_{c2}| + |I_{c3}|$ ）。そのため、負荷電流 I_L は流れない（ $I_L = 0$ ）。

[0041] また、図5において、各電流調整器54は、放電電流 I_d 及び充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ が第1範囲内に収まるように、すなわち、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} 以下となり（ $|I_d| \leq I_{dmax}$ ）、且つ、充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} 以下となるように（ $|I_{c1}| \leq I_{cmax}$ 、 $|I_{c2}| \leq I_{cmax}$ 、 $|I_{c3}| \leq I_{cmax}$ ）、電流制限を行う。これにより、放電電流 I_d 及び充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ を第1範囲内に収めつつ、複数のバッテリー12の電圧又はSOCを均等化させることが可能となる。

[0042] 図6Aは、負荷要求があるとき、すなわち、負荷電流 I_{L1} を負荷26に流す必要があるときの複数のバッテリー12間での充放電の動作の概念図である。この場合、放電電流 I_d の一部を負荷電流 I_{L1} として流すため、右側の3つのバッテリー12に流す充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ の配分を少なくする。すなわち、図5と比較して、充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ の絶対値を小さくする。これにより、負荷要求に応じて負荷26に負荷電流 I_{L1} を流しつつ、3つのバッテリー12に充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ を流し、複数のバッテリー12間の電圧又はSOCを均等化させることができる。

[0043] 図6Bは、図6Aよりも大きな負荷要求がある場合、例えば、1つのバッ

テリ 1 2 を放電用のバッテリー 1 2 としたときに、放電電流最大値 I_{dmax} を超えるような放電電流 I_d を流す負荷要求があったときの複数のバッテリー 1 2 間での充放電の概念図である。この場合、負荷電流 I_{L2} が大きいので ($I_{L2} > I_{L1}$)、1 つのバッテリー 1 2 のみを放電用とすると、1 つのバッテリー 1 2 から流れる放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超えてしまう ($|I_d| > I_{dmax}$)。

[0044] そこで、図 6 B の場合は、例えば、左側の 3 つのバッテリー 1 2 を放電用とし、右側の残り 1 つのバッテリー 1 2 を充電用とする。これにより、3 つのバッテリー 1 2 から放電電流 $I_{d1} \sim I_{d3}$ が流れ、各放電電流 $I_{d1} \sim I_{d3}$ を合算した電流が、負荷電流 I_{L2} と充電電流 I_c とに分配される ($|I_{d1}| + |I_{d2}| + |I_{d3}| = |I_{L2}| + |I_c|$)。この結果、3 つのバッテリー 1 2 から流れる放電電流 $I_{d1} \sim I_{d3}$ の絶対値を放電電流最大値 I_{dmax} 以下に抑えつつ ($|I_{d1}| \leq I_{dmax}$ 、 $|I_{d2}| \leq I_{dmax}$ 、 $|I_{d3}| \leq I_{dmax}$)、負荷要求に応じた負荷電流 I_{L2} を負荷 2 6 に流すと共に、1 つのバッテリー 1 2 に充電電流 I_c を流すことができる。この場合でも、複数のバッテリー 1 2 間の電圧又は SOC を均等化させることができる。

[0045] <5. 4 変圧率 T_r の変更による放電電流 I_d 又は充電電流 I_c の調整>

次に、本実施形態の特徴的な機能として、変圧率 T_r の変更により複数の電圧変換器 1 4 の 2 次側 3 2 の電圧差を調整することで、放電電流 I_d 又は充電電流 I_c を調整する場合について、図 7 A ~ 図 9 の説明図を参照しながら説明する。ここでは、一例として、複数の電圧変換器 1 4 が昇圧型の DC / DC コンバータ (図 3 A 参照) である場合について説明する。

[0046] 図 7 A に示すように、2 つのバッテリー 1 2 が電圧変換器 1 4 を介して 2 次側 3 2 で並列接続され、左側のバッテリー 1 2 の SOC が相対的に大きく、右側のバッテリー 1 2 の SOC が相対的に小さいものとする。ここで、2 つの電圧変換器 1 4 が同じ変圧率 T_r (昇圧率 T_{ru}) である場合、2 つのバッテリー 1 2 間では、SOC が大きく異なることから、2 つの電圧変換器 1 4 の 2

次側 3 2 の電圧差が大きくなり、放電側の左側のバッテリー 1 2 から充電側の右側のバッテリー 1 2 に向かって大電流が流れる。

[0047] 一方、図 7 B に示すように、2 つの電圧変換器 1 4 の昇圧率 T_{ru} を変化させ、2 つの電圧変換器 1 4 の 2 次側 3 2 の電圧を同一にした場合、2 次側 3 2 の電圧差がないため、放電側の左側のバッテリー 1 2 から充電側の右側のバッテリー 1 2 に電流は流れない ($|I_d| = |I_c| = 0$)。

[0048] そこで、本実施形態の特徴的な機能では、図 7 C に示すように、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} 以下に収まり、且つ、充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} 以下に収まるように、昇圧率 T_{ru} を調整する。これにより、左側のバッテリー 1 2 から右側のバッテリー 1 2 に所望の電流値 I の電流 ($|I_d| = |I_c| = I$) を流して、2 つのバッテリー 1 2 の電圧又は SOC を均等化させることができる。

[0049] また、図 8 A のように、左側のバッテリー 1 2 から右側のバッテリー 1 2 に電流を流して、2 つのバッテリー 1 2 間で電圧又は SOC の均等化を図る場合 ($|I_d| = |I_c| = I_1$)、時間経過に伴って、左側のバッテリー 1 2 の電圧又は SOC が低下する一方で、右側のバッテリー 1 2 の電圧又は SOC が増加する。これにより、2 つの電圧変換器 1 4 の昇圧率 T_{ru} に変化がなければ、図 8 B に示すように、2 つの電圧変換器 1 4 の 2 次側 3 2 の電圧差が小さくなり、左側のバッテリー 1 2 から右側のバッテリー 1 2 に流れる電流が小さくなる ($|I_d| = |I_c| = I_2 < I_1$)。この結果、2 つのバッテリー 1 2 間での電圧又は SOC の均等化が遅延する可能性がある。

[0050] そこで、図 8 C に示すように、2 つの電圧変換器 1 4 において、1 次側電流計測器 1 6 (図 1 及び図 2 参照) を用いて放電電流 I_d 及び充電電流 I_c をモニタしながら、充電側 (右側) の電圧変換器 1 4 の昇圧率 T_{ru} を低下させることで、右側の電圧変換器 1 4 の 2 次側 3 2 の電圧を低下させる。これにより、2 つの電圧変換器 1 4 の 2 次側 3 2 の電圧差が大きくなるので、放電電流 I_d 及び充電電流 I_c の絶対値の低下を抑制することができる。なお、昇圧率 T_{ru} を下げ続けると、2 つのバッテリー 1 2 間で電圧又は SOC

の大きさが逆転する可能性があるため、均等化の動作開始時の昇圧率 T_{ru} 以下に下げないようにすることに留意する。

[0051] 図9は、5つのバッテリー12が電圧変換器14を介して並列接続され、左側のバッテリー12を放電用とすることで、右側の4つのバッテリー12を充電する場合における、5つのバッテリー12間での電圧又はSOCの均等化を図示したものである。

[0052] ここで、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超える可能性がある場合 ($|I_d| > I_{dmax}$)、左側の電圧変換器14の昇圧率 T_{ru} を低下させることで、当該電圧変換器14の2次側32の電圧を低下させる。これにより、左側の電圧変換器14と右側の4つの電圧変換器14との間で、2次側32の電圧差が小さくなる。この結果、放電電流 I_d の絶対値を放電電流最大値 I_{dmax} 以下に収める電流制限を行いつつ ($|I_d| \leq I_{dmax}$)、右側の4つのバッテリー12に対する充電を行い、5つのバッテリー12の電圧又はSOCの均等化を図ることができる。

[0053] <5. 5 実際の回路における放電電流 I_d 又は充電電流 I_c の調整>

図4A～図9で説明した概念的な内容を、図1～図3Cの実際の回路構成で実現する場合について、図10A～図13を参照しながら説明する。なお、図10A～図11Bでは、説明の簡略化のため、図1及び図2の構成図について、2つのバッテリー12が電圧変換器14を介して2次側32で並列接続されている場合について説明する。

[0054] 図10Aは、図7Aの概念図に対応する。図10Aにおいて、一方のバッテリー12の電圧及び電流を、それぞれ、 V_{b1} 、 I_{b1} とする。また、他方のバッテリー12の電圧及び電流を、それぞれ、 V_{b2} 、 I_{b2} とする。さらに、2つの電圧変換器14の昇圧率 T_{ru} を、それぞれ、 T_{ru1} 、 T_{ru2} とする。

[0055] この場合、 $T_{ru1} = T_{ru2}$ であれば、2つの電圧変換器14の2次側32の電圧差によって、大電流の放電電流 I_d 及び充電電流 I_c が流れる。ここで、負荷電流 I_L が $I_L = 0$ の場合、各バッテリー12の内部抵抗を r と

すれば、放電電流 I_d 及び充電電流 I_c は、下記の (1) 式で表わされる。

$$|I_d| = |I_c| = |V_{b1} \times Tru1 - V_{b2} \times Tru2| / r \quad (1)$$

[0056] この場合、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超えているか、又は、充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} を超えている場合、バッテリー 12 が劣化するおそれがある。

[0057] そこで、本実施形態の特徴的な機能では、例えば、図 7 C の概念図に対応する図 10 B のように、充電側の電圧変換器 14 を構成するスイッチング素子 44 H、44 L (図 3 A ~ 図 3 C 参照) のゲート端子に供給するゲート信号のデューティを変化させることで、変圧率 Tr を変化させればよい。具体的に、昇圧型の電圧変換器 14 の場合、図 3 A 及び図 12 A に示すように、ハイサイドのスイッチング素子 44 H に供給するゲート信号 (図 12 A の「H」) をローレベルにした状態で、ローサイドのスイッチング素子 44 L に供給するゲート信号 (図 12 A の「L」) のデューティを変化させて、昇圧率を $Tru2$ から $Tru2r (>Tru2)$ に増加させる。

[0058] これにより、2 つの電圧変換器 14 の 2 次側 32 の電圧差が小さくなり、放電電流 I_d 及び充電電流 I_c を第 1 範囲内に収めることができる。この結果、バッテリー 12 の劣化を抑えつつ、バッテリー 12 の電圧又は SOC の均等化を図ることができる。また、MOSFET 46 H、46 L を用いてスイッチング動作を行うので、オン抵抗値が低下し、電力損失を削減することができる。

[0059] なお、降圧型の電圧変換器 14 の場合、図 3 B 及び図 12 B に示すように、ローサイドのスイッチング素子 44 L に供給するゲート信号をローレベルにした状態で、ハイサイドのスイッチング素子 44 H に供給するゲート信号のデューティを変化させればよい。また、昇降圧型の電圧変換器 14 の場合、図 3 C 及び図 12 C に示すように、ハイサイド及びローサイドのスイッチング素子 44 H、44 L に供給するゲート信号のデューティを変化させれば

よい。但し、昇降圧型の電圧変換器 14 については、2つのゲート信号間でデッドタイム T_d を設け、2つのスイッチング素子 44H、44L を同時にオンにさせないことに留意する。

[0060] 図 6A の概念図に対応する図 11A では、図 10B の場合と同様に、昇圧率を T_{ru2} から T_{ru2r} に増加させつつ、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超えないように、負荷要求に応じた負荷電流 I_{L1} を流す。この場合でも、負荷電流 I_{L1} と充電電流 I_c (I_{c1}) とを流しつつ、2つのバッテリー 12 間の電圧又は SOC の均等化が可能となる。

[0061] 図 6B 及び図 9 の概念図に対応する図 11B では、図 11A と比較して、負荷要求が大きくなり、より大きな負荷電流 I_{L2} ($> I_{L1}$) を流す必要があるため、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超える可能性がある。この場合、放電側の電圧変換器 14 のスイッチング素子 44H、44L に供給するゲート信号のデューティを変化させ、変圧率 T_r (例えば、昇圧率 T_{ru}) を T_{ru1} から T_{ru1r} ($< T_{ru1}$) に変化させる。これにより、2つの電圧変換器 14 の 2 次側 32 の電圧差が小さくなり、充電電流 I_c (I_{c2}) を小さくすることができる。充電電流 I_c を小さくした分、負荷 26 に流す負荷電流 I_{L2} を大きくすることができるので、負荷要求に応じた負荷電流 I_{L2} を流しつつ、2つのバッテリー 12 間の電圧又は SOC の均等化が可能となる。

[0062] 図 13 は、4つのバッテリー 12 間での電圧又は SOC の均等化の実行中における各バッテリー 12 の電流変化を時系列で図示したタイミングチャートである。図 13 において、縦軸の電流について、0 よりも正側は、バッテリー 12 から放電電流 I_d が流れる場合を示し、0 よりも負側は、バッテリー 12 に充電電流 I_c が流れ込む場合を示す。

[0063] 時点 t_0 から時点 t_1 までの時間帯では、放電側のバッテリー 1 から充電側のバッテリー 2～4 に電流が流れる。時点 t_1 から時点 t_2 までの時間帯では、バッテリー 2 が充電側から放電側に切り替わり、バッテリー 1 及び 2 からバッテリー 3 及び 4 に電流が流れる。時点 t_2 から時点 t_3 までの時間帯では、バ

ッテリ 3 が充電側から放電側に切り替わり、バッテリー 1 ～ 3 からバッテリー 4 に電流が流れる。時点 t_3 以降は、バッテリー 1 ～ 4 の電圧又は SOC が均等化されたことで、バッテリー 1 ～ 4 の充放電動作が終了する。

[0064] このように、放電側のバッテリー 1 2 から充電側のバッテリー 1 2 に電流を流しつつ、時間経過に伴い、複数のバッテリー 1 2 が充電側から放電側に順次切り替わる。この結果、電圧又は SOC の均等化を速やかに行うことができる。

[0065] < 5. 6 電圧又は SOC の均等化の具体的な動作説明 >

次に、図 1 ～ 図 3 C の電源システム 10 での電圧又は SOC の均等化の具体的な動作について、図 1 4 ～ 図 1 6 のフローチャートを参照しながら説明する。なお、図 1 4 ～ 図 1 6 では、必要に応じて、図 1 ～ 図 1 3 も参照しながら説明する。

[0066] 図 1 4 は、図 1 の電源システム 10 での動作のフローチャートである。図 1 4 の動作主体は、主として、図 1 の制御部 2 4 及び各電圧変換器 1 4 である。

[0067] ステップ S 1 において、制御部 2 4 は、電源システム 10 内に流れる電流の値を 0 にするため、複数の電圧変換器 1 4 の変圧率 T_r を初期値に設定する。テーブル 3 6 には、各電圧変換器 1 4 の変圧率 T_r の初期値が予め格納されている。例えば、最も電圧の低いバッテリー 1 2 に接続される電圧変換器 1 4 の降圧率 T_{rd} を 1 とした場合、各電圧変換器 1 4 の降圧率 T_{rd} は、下記の (2) 式で表わされる。

$$T_{rd} = (\text{最も電圧の低いバッテリー 1 2 の電圧値}) / (\text{電圧変換器 1 4 に接続されているバッテリー 1 2 の電圧値}) \quad (2)$$

[0068] 制御部 2 4 は、テーブル 3 6 を参照し、初期値に応じた指令値を設定して各電圧変換器 1 4 に送信する。これにより、各電圧変換器 1 4 は、受信した指令値に基づき、変圧率 T_r を初期値に調整する。この結果、電源システム 10 内に流れる電流が 0 となり、各バッテリー 1 2 の劣化を抑制することがで

きる。

[0069] 次のステップS2において、制御部24は、複数のバッテリー12の電圧又はSOCの均等化の動作を開始するため、複数の電圧変換器14について、放電側のバッテリー12から充電側のバッテリー12に電流を流すための変圧率 T_r を決定し、決定した変圧率 T_r に応じた指令値を設定する。そして、制御部24は、設定した指令値を各電圧変換器14に送信する。

[0070] 各電圧変換器14は、受信した指令値に基づき、変圧率 T_r を調整する。これにより、各電圧変換器14は、接続されているバッテリー12の電圧を変圧率 T_r に応じて変換し、変換した電圧を2次側32に出力する。この結果、放電側のバッテリー12から電圧変換器14を介して放電電流 I_d が流れ、一方で、電圧変換器14を介して充電側のバッテリー12に充電電流 I_c が流れ込む。

[0071] なお、ステップS2において、図5、図6A及び図9のように、最も高い電圧のバッテリー12を放電側のバッテリー12とし、残りのバッテリー12を充電側のバッテリー12として電力を分配する場合、残りのバッテリー12に接続されている電圧変換器14の降圧率 T_{rd} を、最も高いバッテリー12に接続されている電圧変換器14の降圧率 T_{rd} よりも低くすればよい。また、ステップS2において、図6Bのように、最も低い電圧のバッテリー12を充電側のバッテリー12とし、残りのバッテリー12を放電側のバッテリー12として電力を分配する場合、最も低い電圧のバッテリー12に接続されている電圧変換器14の降圧率 T_{rd} を低くすればよい。

[0072] 次のステップS3において、各1次側電流計測器16は、1次側30に流れる電流（放電電流 I_d 又は充電電流 I_c ）を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。なお、ステップS3において、各1次側電圧計測器18が1次側30の電圧を計測し、2次側電流計測器20が2次側32の電流を計測し、2次側電圧計測器22が2次側32の電圧を計測してもよい。これらの計測結果も制御部24に送信される。

[0073] 次のステップS4において、制御部24は、受信された各1次側30の電

流のうち、放電電流 I_d を流している電圧変換器 14 について、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超える電圧変換器 14 が存在するかどうかを判定する。 $|I_d| > I_{dmax}$ となる放電電流 I_d を流している電圧変換器 14 が存在する場合（ステップ S4：YES）、ステップ S5 に進む。

[0074] ステップ S5 において、制御部 24 は、 $|I_d| > I_{dmax}$ となる放電電流 I_d を流しているバッテリー 12 が劣化するおそれがあると判断し、当該バッテリー 12 に接続されている電圧変換器 14 について、2 次側 32 の電圧が低くなるような変圧率 T_r に変更する。具体的に、制御部 24 は、変圧率 T_r （例えば、降圧率 T_{rd} ）を低下させる指令値に変更し、当該電圧変換器 14 に送信する。これにより、当該電圧変換器 14 は、受信した指令値に基づいて、変圧率 T_r を低く調整する。この結果、2 次側 32 の電圧が低下し、放電電流 I_d が小さくなるので、放電電流 I_d の絶対値を放電電流最大値 I_{dmax} 以下に収めて、電圧変換器 14 に接続されているバッテリー 12 の劣化を抑えることができる。

[0075] なお、ステップ S4 において、否定的な判定結果である場合（ステップ S4：NO）、すなわち、 $|I_d| > I_{dmax}$ となるような放電電流 I_d を流しているバッテリー 12 が存在しない場合、ステップ S5 の処理がスキップされ、ステップ S6 に進む。

[0076] ステップ S4 又は S5 後のステップ S6 において、制御部 24 は、受信された各 1 次側 30 の電流の計測結果に基づいて、充電電流 I_c を流している電圧変換器 14 について、充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} を超える電圧変換器 14 が存在するかどうかを判定する。 $|I_c| > I_{cmax}$ となる充電電流 I_c を流している電圧変換器 14 が存在する場合（ステップ S6：YES）、ステップ S7 に進む。

[0077] ステップ S7 において、制御部 24 は、 $|I_c| > I_{cmax}$ となる充電電流 I_c を流しているバッテリー 12 が劣化するおそれがあると判断し、当該バッテリー 12 に接続されている電圧変換器 14 について、2 次側 32 の電圧

が高くなるような変圧率 T_r に変更する。すなわち、制御部24は、変圧率 T_r （例えば、降圧率 T_{rd} ）を増加させる指令値に変更し、当該電圧変換器14に送信する。

[0078] これにより、当該電圧変換器14は、受信した指令値に基づいて、変圧率 T_r を高くする。この結果、2次側32の電圧が増加し、充電電流 I_c が小さくなるので、充電電流 I_c の絶対値を充電電流最大値 I_{cmax} 以下に収めて、電圧変換器14に接続されているバッテリー12の劣化を抑えることができる。

[0079] なお、ステップS6でも、否定的な判定結果である場合（ステップS6：NO）、すなわち、 $|I_c| > I_{cmax}$ となるような充電電流 I_c を流しているバッテリー12が存在しない場合、ステップS7の処理がスキップされ、ステップS8に進む。

[0080] ステップS6又はS7後のステップS8において、制御部24は、各バッテリー12の電圧又はSOCが所定の閾値範囲（第2範囲）内に収まったか否かを判定する。なお、第2範囲とは、各バッテリー12の電圧又はSOCが均等化されているとみなすことができる電圧範囲又はSOCの範囲をいう。

[0081] 各バッテリー12の電圧又はSOCが第2範囲内に収まっていない場合（ステップS8：NO）、制御部24は、各バッテリー12の電圧又はSOCの均等化が完了していないと判断し、ステップS2に戻る。従って、各バッテリー12の電圧又はSOCの均等化が完了するまで（ステップS8：YES）、ステップS2～S7の処理が繰り返し実行される。

[0082] 一方、各バッテリー12の電圧又はSOCが第2範囲内に収まっている場合（ステップS8：YES）、ステップS9に進む。ステップS9において、制御部24は、各電圧変換器14の変圧率 T_r （例えば、降圧率 T_{rd} ）を1にする指令値を設定し、設定した指令値を各電圧変換器14に送信する。これにより、各電圧変換器14は、受信した指令値に基づいて変圧率 T_r を1に調整する。具体的に、各電圧変換器14は、変換動作を停止し、1次側30の正極端子30pと2次側32の正極端子32pとを導通させる。この

結果、電圧値又はSOCが均等化された複数のバッテリー12を、導通状態で互いに並列接続させることができる。

[0083] 図15は、図2の電源システム10での動作（第1変形例）のフローチャートである。図15の動作主体は、主として、図2の各電圧変換器14である。

[0084] 図2の電源システム10では、バッテリーユニット38毎に1次側電圧計測器18が設けられている。そのため、ステップS11において、各1次側電圧計測器18は、バッテリー12の電圧を計測し、その計測結果をバッテリーユニット38内の電圧変換器14に出力する。また、各1次側電圧計測器18は、計測結果を他のバッテリーユニット38の電圧変換器14にも送信する。

[0085] ステップS12において、各電圧変換器14は、受信した各計測結果に基づき、最も低い電圧のバッテリー12に合わせて、自己の変圧率Tr（例えば、降圧率Trd）を設定する。すなわち、下記の（3）式を用いて降圧率Trdを設定する。

$$\begin{aligned} \text{Trd} = & (\text{最も電圧の低いバッテリー12の電圧値}) \\ & / (\text{自己のバッテリーユニット38のバッテリー12の電圧値}) \end{aligned} \quad (3)$$

[0086] ステップS13において、各1次側電流計測器16は、1次側30に流れる電流を計測し、その計測結果をバッテリーユニット38内の電圧変換器14に出力する。また、各1次側電流計測器16は、計測結果を他のバッテリーユニット38の電圧変換器14にも送信する。

[0087] ここで、最も低い電圧のバッテリー12は、他のバッテリー12と比較して電圧又はSOCが低いため、充電する必要がある。そこで、ステップS14において、最も低い電圧のバッテリー12に接続されている電圧変換器14は、充電電流Icが充電電流最大値Icmaxとなるような変圧率Trに調整する。これにより、自己のバッテリーユニット38のバッテリー12が充電側のバッテリー12となる一方で、他のバッテリーユニット38のバッテリー12が放電側のバッテリー12となるので、自己のバッテリー12に充電電流Icが優先的

に流れ込むことになる。

[0088] 次のステップS 1 5において、各電圧変換器1 4は、自己のバッテリーユニット3 8の1次側電流計測器1 6から送られてくる計測結果に基づき、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超えるかどうかを判定する。

[0089] $|I_d| > I_{dmax}$ である場合（ステップS 1 5：YES）、次のステップS 1 6において、電圧変換器1 4は、自己のバッテリーユニット3 8のバッテリー1 2が劣化するおそれがあると判断し、2次側3 2の電圧が低くなるような変圧率 T_r に変更する。例えば、電圧変換器1 4は、降圧率 T_{rd} を低下させることで2次側3 2の電圧を低下させ、放電電流 I_d を小さくする。これにより、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} 以下に収まるので、バッテリー1 2の劣化を抑えることができる。

[0090] なお、ステップS 1 5において、 $|I_d| \leq I_{dmax}$ である場合（ステップS 1 5：NO）、ステップS 1 6の処理がスキップされ、ステップS 1 7に進む。

[0091] ステップS 1 5又はS 1 6後のステップS 1 7において、各電圧変換器1 4は、自己のバッテリーユニット3 8の1次側電流計測器1 6から送られてくる計測結果に基づき、充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} を超えるかどうかを判定する。

[0092] $|I_c| > I_{cmax}$ である場合（ステップS 1 7：YES）、次のステップS 1 8において、電圧変換器1 4は、自己のバッテリーユニット3 8のバッテリー1 2が劣化するおそれがあると判断し、2次側3 2の電圧が高くなるような変圧率 T_r に変更する。例えば、電圧変換器1 4は、降圧率 T_{rd} を高くすることで2次側3 2の電圧を増加させ、充電電流 I_c を小さくする。これにより、充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} 以下に収まるので、バッテリー1 2の劣化を抑えることができる。

[0093] なお、ステップS 1 7において、 $|I_c| \leq I_{cmax}$ である場合（ステップS 1 7：NO）、ステップS 1 8の処理がスキップされ、ステップS 1

9に進む。

[0094] ステップS 1 7又はS 1 8後のステップS 1 9において、各電圧変換器 1 4は、各バッテリーユニット3 8のバッテリー1 2の電圧又はS O Cが第2範囲内に収まったか否かを判定する。電圧又はS O Cが第2範囲内に収まっていないバッテリー1 2が1つでもある場合（ステップS 1 9：N O）、制御部 2 4は、各バッテリー1 2の電圧又はS O Cの均等化が完了していないと判断し、ステップS 1 2に戻る。従って、各バッテリー1 2の電圧又はS O Cの均等化が完了するまで（ステップS 1 9：Y E S）、ステップS 1 2～S 1 8の処理が繰り返し実行される。

[0095] 一方、各バッテリー1 2の電圧又はS O Cが第2範囲内に収まっている場合（ステップS 1 9：Y E S）、次のステップS 2 0において、各電圧変換器 1 4は、変圧率T r（降圧率T r d）を0にして変換動作を停止し、1次側 3 0の正極端子3 0 pと2次側3 2の正極端子3 2 pとを導通させる。

[0096] 図1 6は、図1又は図2の電源システム1 0での他の動作（第2変形例）のフローチャートである。ここでは、最も電圧の低いバッテリー1 2を充電側のバッテリー1 2とし、当該バッテリー1 2の電圧値に合わせて変圧率T r（例えば、降圧率T r d）を調整しつつ、複数のバッテリー1 2の電圧又はS O Cの均等化を実行する場合について説明する。また、この動作説明では、図1の電源システム1 0について説明するが、図2の電源システム1 0でも同様に適用可能である。

[0097] ステップS 2 1において、各1次側電圧計測器1 8は、バッテリー1 2の電圧を計測し、その計測結果を制御部2 4に送信する。

[0098] ステップS 2 2において、制御部2 4は、受信した各計測結果に基づき、最も低い電圧のバッテリー1 2に合わせて、各電圧変換器1 4の変圧率T r（例えば、降圧率T r d）を設定する。すなわち、下記（4）式を用いて降圧率T r dを設定する。

$$T r d = (\text{最も電圧の低いバッテリー1 2の電圧値})$$

$$/ (\text{電圧変換器1 4に接続されているバッテリー1 2の電圧値}) \quad ($$

4)

- [0099] そして、制御部24は、設定した変圧率 T_r に基づく指令値を各電圧変換器14に送信する。各電圧変換器14は、受信した指令値に基づいて、変圧率 T_r を調整する。
- [0100] ステップS23において、各1次側電流計測器16は、1次側30に流れる電流を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。
- [0101] ステップS24において、制御部24は、受信した各計測結果に基づき、最も低い電圧のバッテリー12に充電電流最大値 I_{cmax} の充電電流 I_c が流れるように、各電圧変換器14の変圧率 T_r を設定する。そして、制御部24は、設定した変圧率 T_r に基づく指令値を各電圧変換器14に送信する。各電圧変換器14は、受信した指令値に基づいて、変圧率 T_r を調整する。例えば、制御部24は、複数の電圧変換器14の各々について、1次側電流計測器16で計測される電流をモニタしながら、変圧率 T_r を徐々に上げ、最も低い電圧のバッテリー12に充電電流最大値 I_{cmax} の充電電流 I_c が流れた場合、各電圧変換器14の変圧率 T_r を固定すればよい。
- [0102] 次のステップS25において、各1次側電流計測器16は、1次側30の電流を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。また、各1次側電圧計測器18は、バッテリー12の電圧を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。さらに、2次側電流計測器20は、負荷電流 I_L を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。さらにまた、2次側電圧計測器22は、2次側32の電圧を計測し、その計測結果を制御部24に送信する。
- [0103] 次のステップS26において、制御部24は、受信される各計測結果に基づき、負荷26から電圧変換器14側に回生電流が流れたか、又は、 $|I_d| > I_{dmax}$ のバッテリー12があるかどうかを判断する。回生電流が流れ、又は、 $|I_d| > I_{dmax}$ である場合（ステップS26：YES）、次のステップS27に進む。
- [0104] ステップS27において、制御部24は、回生電流が流れる場合には、最も低い電圧のバッテリー12に充電電流最大値 I_{cmax} に回生電流が上積み

されて流れるので、当該バッテリー 12 が劣化するおそれがあると判断する。
また、制御部 24 は、 $|I_d| > I_{dmax}$ の場合、放電側のバッテリー 12 が劣化するおそれがあると判断する。

[0105] 次に、制御部 24 は、全ての電圧変換器 14 について、最も低い電圧のバッテリー 12 の電圧値に合わせた変圧率 T_r に設定する。制御部 24 は、設定した変圧率 T_r に基づく指令値を各電圧変換器 14 に送信する。これにより、各電圧変換器 14 は、受信した指令値に基づき変圧率 T_r を調整する。この結果、各バッテリー 12 の劣化が回避される。

[0106] 一方、負荷 26 から電圧変換器 14 側に回生電流が流れていない、又は、 $|I_d| \leq I_{dmax}$ の場合（ステップ S26：NO）、ステップ S28 に進む。

[0107] ステップ S28 において、制御部 24 は、バッテリー 12 が劣化するおそれがないと判断し、ステップ S24 と同様に、最も低い電圧のバッテリー 12 に充電電流最大値 I_{cmax} の充電電流 I_c が流れるよう、各電圧変換器 14 の変圧率 T_r を設定する。そして、制御部 24 は、設定した変圧率 T_r に基づく指令値を各電圧変換器 14 に送信する。各電圧変換器 14 は、受信した指令値に基づいて、変圧率 T_r を調整する。

[0108] ステップ S27 又は S28 後のステップ S29 において、制御部 24 は、各バッテリー 12 の電圧又は SOC が第 2 範囲内に収まったか否かを判定する。電圧又は SOC が第 2 範囲内に収まっていないバッテリー 12 が 1 つでもある場合（ステップ S29：NO）、制御部 24 は、各バッテリー 12 の電圧又は SOC の均等化が完了していないと判断し、ステップ S25 に戻る。従って、各バッテリー 12 の電圧又は SOC の均等化が完了するまで（ステップ S29：YES）、ステップ S25～S28 の処理が繰り返し実行される。

[0109] 一方、各バッテリー 12 の電圧又は SOC が第 2 範囲内に収まっている場合（ステップ S29：YES）、次のステップ S30 において、各電圧変換器 14 は、変圧率 T_r （降圧率 T_{rd} ）を 0 にして変換動作を停止し、1 次側 30 の正極端子 30p と 2 次側 32 の正極端子 32p とを導通させる。

[0110] なお、図14～図16のフローチャートは、電圧又はSOCの高いバッテリー12から低いバッテリー12に充電する場合について説明しているが、バッテリー12から負荷26に電力を供給する場合にも、これらのフローチャートの説明を適用することは可能である。すなわち、電力を供給する点では、充電側のバッテリー12であっても、負荷26であっても変わりがないからである。この場合、負荷26からの負荷要求が大きい程、電圧又はSOCの低いバッテリー12が接続されているとみなして、該負荷要求に応じた負荷電流 I_L を流せばよい。

[0111] [6. 本実施形態の効果]

以上説明したように、本実施形態に係る電源システム10は、充放電可能な複数のバッテリー12と、1次側30が複数のバッテリー12のいずれかに接続され、2次側32が互いに並列接続され、1次側30に接続されているバッテリー12の電圧を任意の変圧率 T_r （昇圧率 T_{ru} 、降圧率 T_{rd} ）で変換し、変換した電圧を2次側32に出力する複数の電圧変換器14と、複数の電圧変換器14の1次側30に各々接続され、1次側30に流れる電流（放電電流 I_d 、充電電流 I_c ）を計測する複数の1次側電流計測器16とを備える。

[0112] この場合、複数の電圧変換器14の各々について、変圧率 T_r は、1次側電流計測器16で計測される電流が、1次側30に接続されるバッテリー12の放電電流最大値 I_{dmax} とバッテリー12の充電電流最大値 I_{cmax} との間の第1範囲内に収まるように設定される。

[0113] このように、1次側電流計測器16で計測される電流が放電電流最大値 I_{dmax} と充電電流最大値 I_{cmax} との第1範囲内にあれば、電圧又はSOCの高いバッテリー12から低いバッテリー12に自動的（自然）に電流が流れ、充放電が行われる。一方、電流が第1範囲内から逸脱する場合には、第1範囲内に収まるように変圧率 T_r が調整される。この結果、複数のバッテリー12の劣化を回避しつつ、互いに並列接続される複数のバッテリー12の電圧又はSOCを均等化することができる。つまり、本実施形態では、電圧又

はSOCをモニタしながら充放電を行うのではなく、各バッテリー12の許容電流の範囲（第1範囲）内で、電圧又はSOCの高いバッテリーから低いバッテリーへと自然に電流が流れる自然淘汰の手法で充放電を行うことができる。

[0114] この場合、放電中のバッテリー12から流れる放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} を超える場合（ $|I_d| > I_{dmax}$ ）、当該バッテリー12に接続されている電圧変換器14の変圧率 T_r を低下させ、一方で、充電中のバッテリー12に流れ込む充電電流 I_c の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} を超える場合（ $|I_c| > I_{cmax}$ ）、当該バッテリー12に接続されている電圧変換器14の変圧率 T_r を高くすればよい。

[0115] これにより、複数の電圧変換器14の2次側32の電圧差が小さくなり、放電電流 I_d 又は充電電流 I_c を第1範囲内に収めることができる。この結果、バッテリー12の劣化を回避しつつ、電圧又はSOCを効率よく且つ速やかに均等化することができる。

[0116] また、複数の電圧変換器14は、複数のバッテリー12の電圧又はSOCが第2範囲内に収まっている場合、変換動作を停止して、1次側30と2次側32とを導通させればよい。これにより、電圧変換器14の変換効率を差し引いた分だけ、スイッチング素子44H、44Lのスイッチングロスが無くなるので、電圧変換器14の総合効率を向上させることができる。

[0117] この場合、複数の電圧変換器14は、電源システム10が動作を停止した際に、1次側30と2次側32との導通状態を解除すればよい。これにより、電源システム10の停止後、複数のバッテリー12間での自然放電やバッテリー12の交換が行われても、電源システム10の再起動時に、複数のバッテリー12間での電圧又はSOCの均等化を速やかに開始させることができる。

[0118] また、電流が略0となる初期値に変圧率 T_r を予め設定しておけば、複数のバッテリー12の劣化を確実に回避することができる。

[0119] また、電源システム10は、複数の電圧変換器14の1次側30に各々接続され、1次側30の電圧を計測する複数の1次側電圧計測器18と、2次側32に接続され、2次側32の電圧を計測する2次側電圧計測器22とを

さらに備えてもよい。これにより、１次側電圧計測器１８の計測結果に基づいて各電圧変換器１４の変圧率 T_r を容易に設定することができる。また、変圧率 T_r の調整後、２次側３２の電圧が所望の電圧値に変化したかどうかを確認することができる。

[0120] さらに、複数のバッテリー１２のうち、少なくとも１つのバッテリー１２が電源システム１０に対して着脱可能であれば、着脱式のバッテリー１２を備える電源システム１０に本実施形態を容易に適用することができる。例えば、汎用のバッテリーパックをバッテリー１２とし、複数のバッテリー１２が電圧変換器１４を介して並列接続されている場合、全てのバッテリーパックを同時に交換しなくても、一部のバッテリーパックを満充電のバッテリーパックに交換するだけで、満充電のバッテリーパックから電圧又はＳＯＣの低いバッテリーパックへの充電が自動的に行われる。この結果、全てのバッテリーパックの電圧又はＳＯＣを自動的に且つ速やかに均等化することができる。

[0121] さらにまた、１つのバッテリー１２と、当該バッテリー１２に接続される電圧変換器１４と、当該電圧変換器１４の１次側３０に接続される１次側電流計測器１６とを１つのユニットとする複数のバッテリーユニット３８のうち、少なくとも１つのバッテリーユニット３８は、電源システム１０に対して着脱可能であってもよい。この場合でも、着脱式のバッテリーユニット３８を備える電源システム１０に本実施形態を容易に適用することができる。

[0122] なお、本発明は、上述の実施形態に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることは勿論である。

請求の範囲

[請求項1]

充放電可能な複数のバッテリー（12）と、

1次側（30）が複数のバッテリーのいずれかに接続され、2次側（32）が互いに並列接続され、前記1次側に接続されているバッテリーの電圧を任意の変圧率（ T_r 、 T_{ru} 、 T_{rd} ）で変換し、変換した前記電圧を前記2次側に出力する複数の電圧変換器（14）と、

複数の前記電圧変換器の1次側に各々接続され、前記1次側に流れる電流（ I_d 、 I_c ）を計測する複数の電流計測器（16）と、

を備える電源システム（10）において、

複数の前記電圧変換器の各々について、前記変圧率は、前記1次側に接続される電流計測器で計測される電流が、前記1次側に接続されるバッテリーの放電電流最大値（ I_{dmax} ）と前記バッテリーの充電電流最大値（ I_{cmax} ）との間の第1範囲内に収まるように設定される、電源システム。

[請求項2]

請求項1記載の電源システムにおいて、

放電中の前記バッテリーから流れる電流の絶対値が前記放電電流最大値を超える場合、当該バッテリーに接続されている電圧変換器の変圧率を低下させ、

一方で、充電中の前記バッテリーに流れ込む電流の絶対値が前記充電電流最大値を超える場合、当該バッテリーに接続されている電圧変換器の変圧率を高くする、電源システム。

[請求項3]

請求項1又は2記載の電源システムにおいて、

複数の前記電圧変換器は、複数の前記バッテリーの電圧又はSOCが第2範囲内に収まっている場合、変換動作を停止して、前記1次側と前記2次側とを導通させる、電源システム。

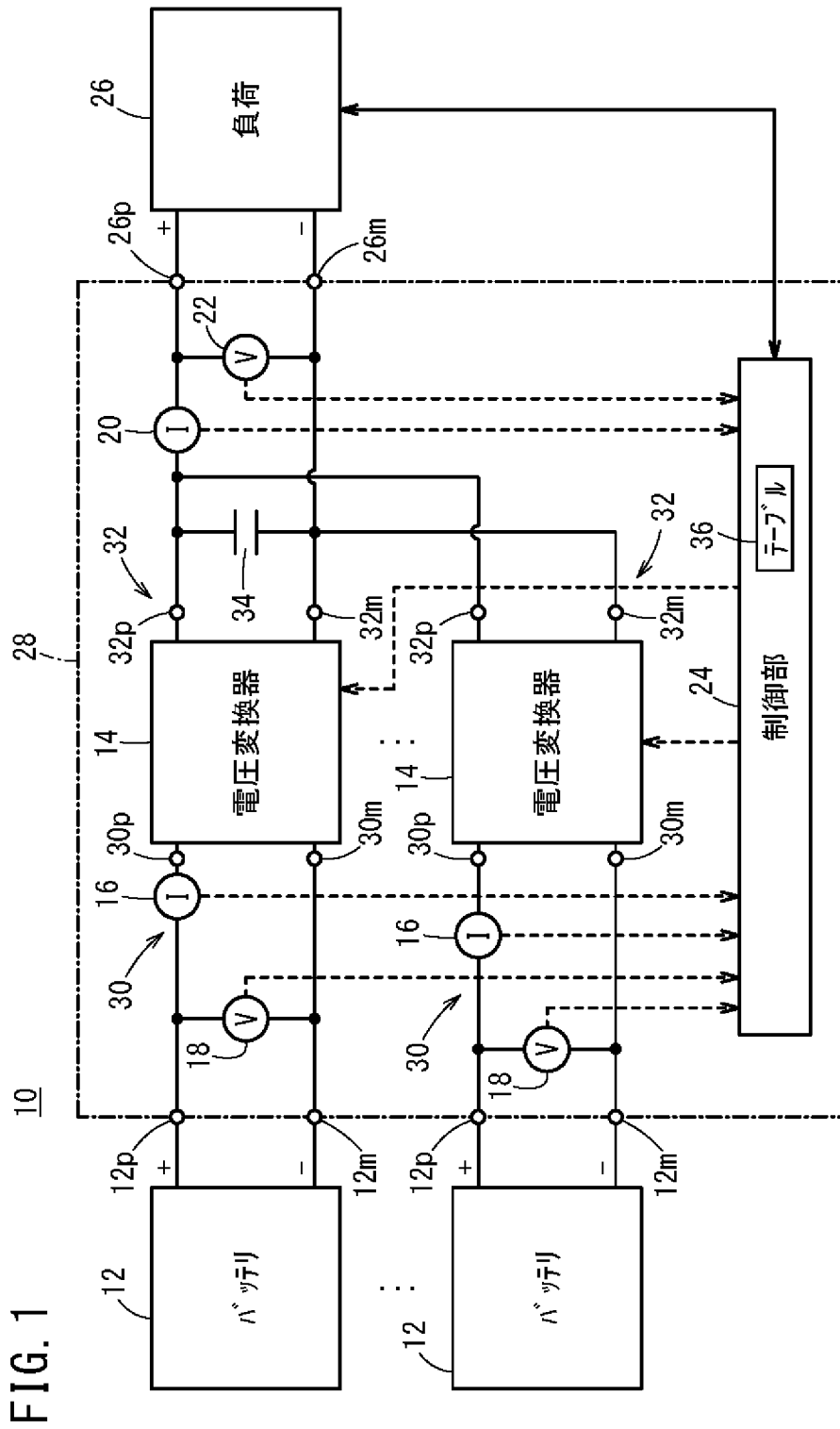
[請求項4]

請求項3記載の電源システムにおいて、

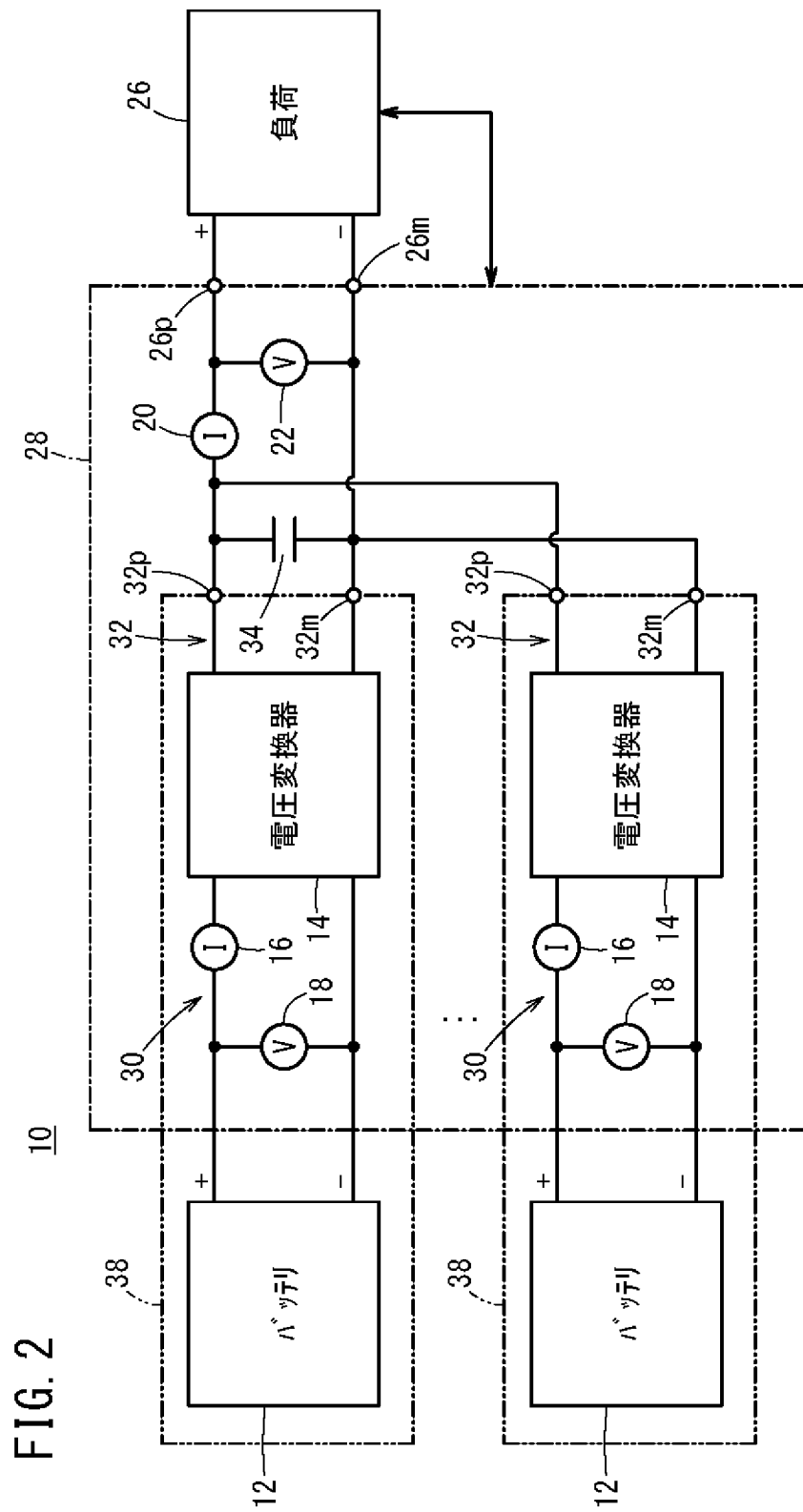
複数の前記電圧変換器は、前記電源システムが動作を停止した場合、前記1次側と前記2次側との導通状態を解除する、電源システム。

- [請求項5] 請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の電源システムにおいて、
前記変圧率は、前記電流が略 0 となる初期値に予め設定されている
、電源システム。
- [請求項6] 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の電源システムにおいて、
複数の前記電圧変換器の 1 次側に各々接続され、前記 1 次側の電圧
を計測する複数の 1 次側電圧計測器（18）と、
前記 2 次側に接続され、前記 2 次側の電圧を計測する 2 次側電圧計
測器（22）と、
をさらに備える、電源システム。
- [請求項7] 請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の電源システムにおいて、
複数の前記バッテリーのうち、少なくとも 1 つのバッテリーは、前記電
源システムに対して着脱可能である、電源システム。
- [請求項8] 請求項 7 記載の電源システムにおいて、
1 つの前記バッテリーと、当該バッテリーに接続される前記電圧変換器
と、当該電圧変換器の 1 次側に接続される前記電流計測器とを 1 つの
ユニットとする複数の前記ユニット（38）のうち、少なくとも 1 つ
のユニットは、前記電源システムに対して着脱可能である、電源シス
テム。

[図1]



[図2]



[図3]

FIG. 3A

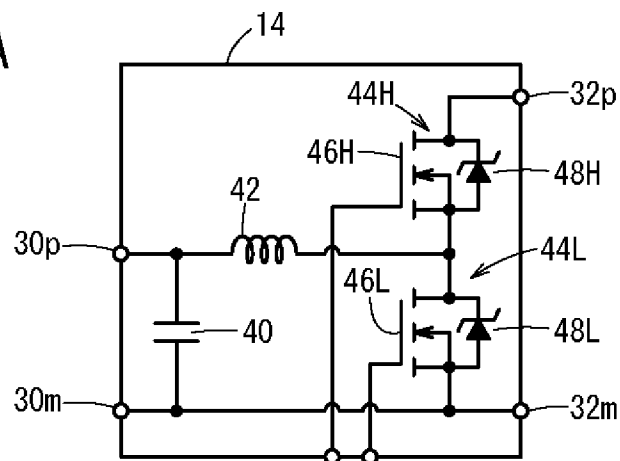


FIG. 3B

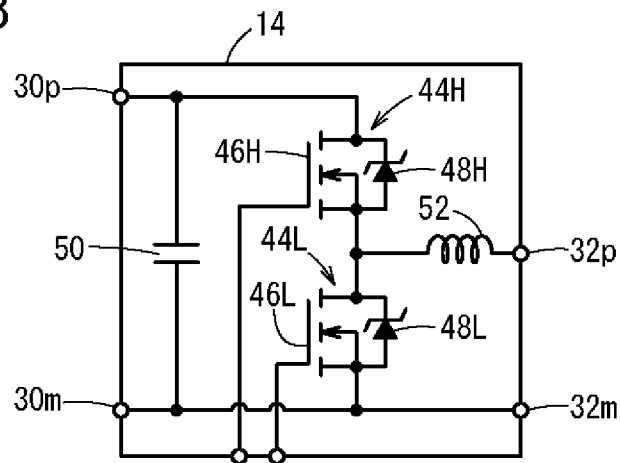
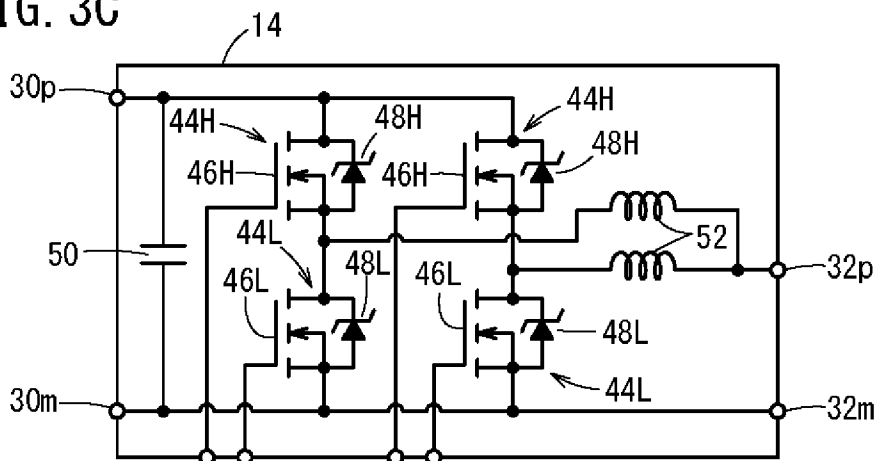


FIG. 3C



[図4]

FIG. 4A

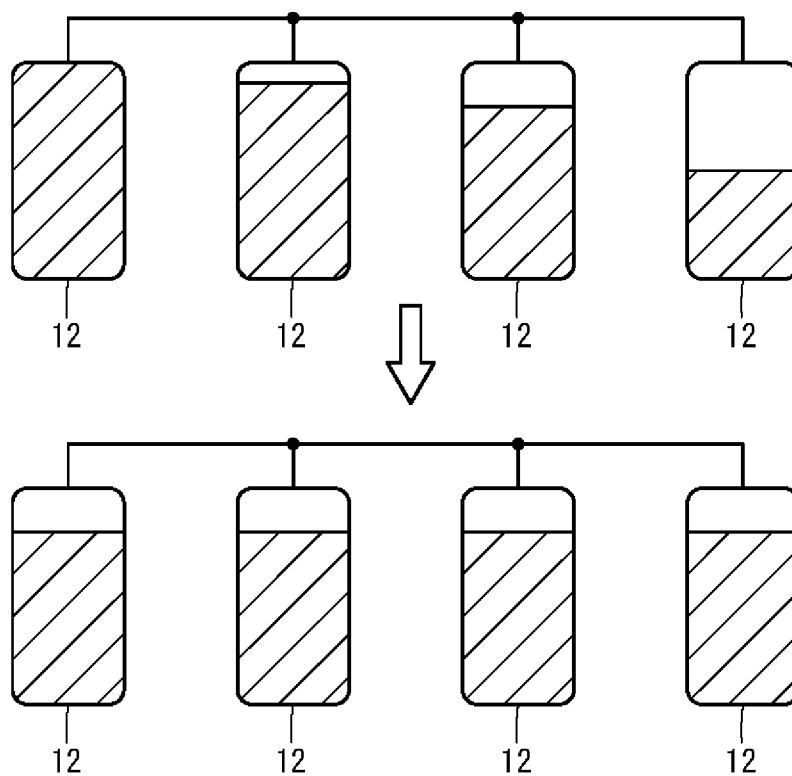
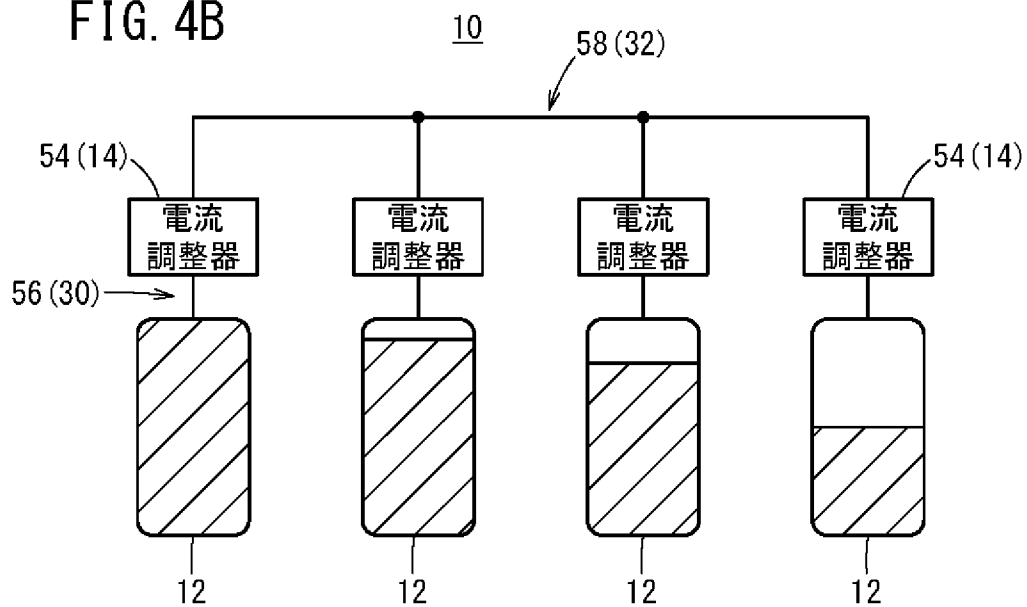
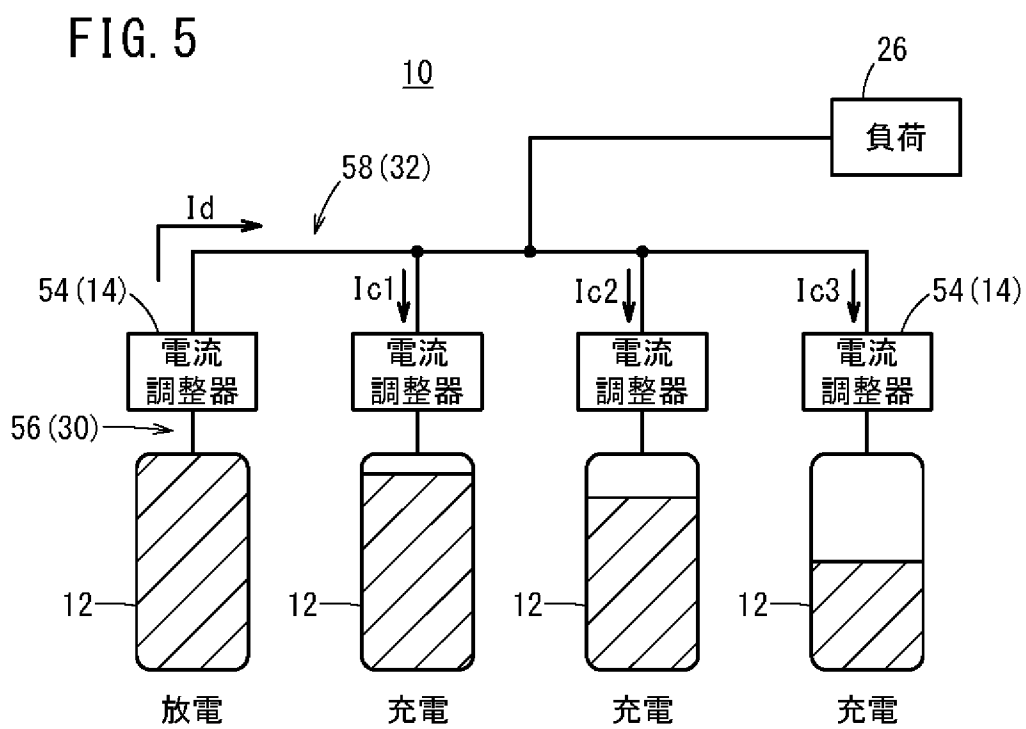


FIG. 4B



[図5]



[図6]

FIG. 6A

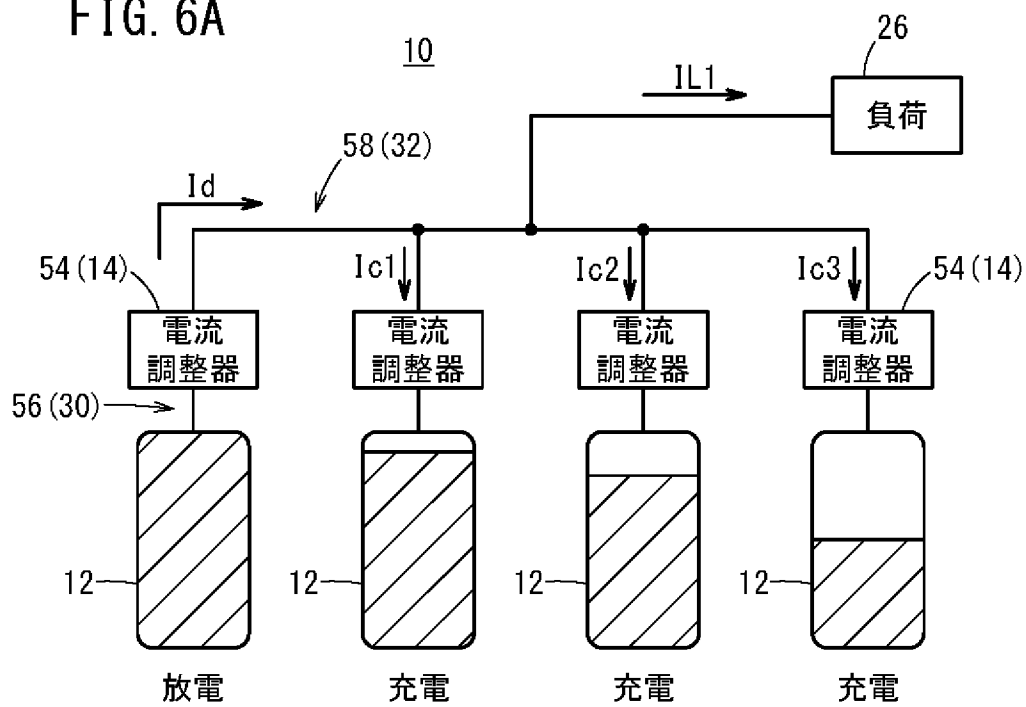
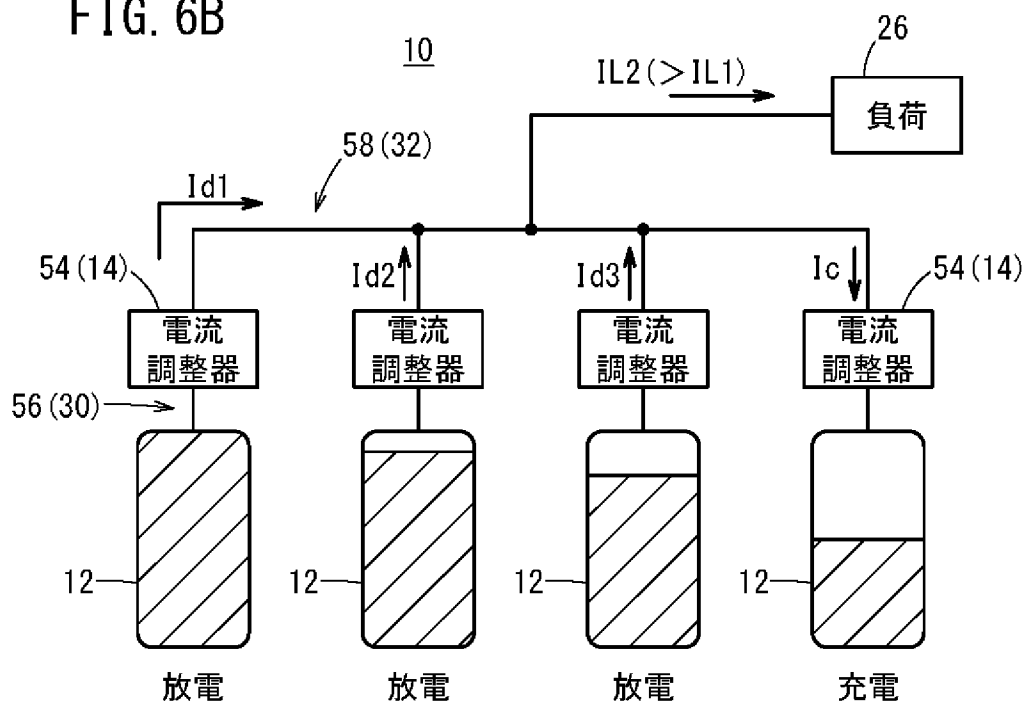


FIG. 6B



[図7]

FIG. 7A

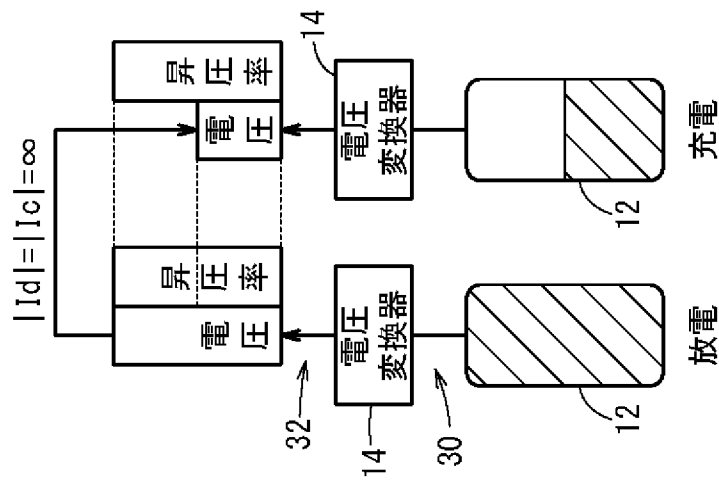


FIG. 7B

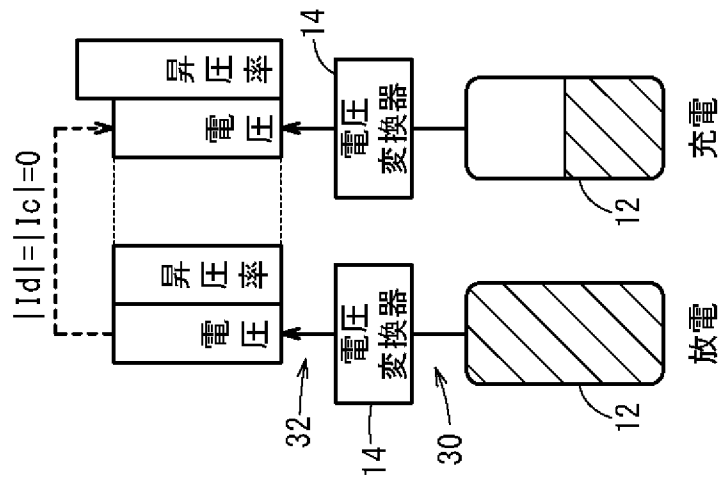
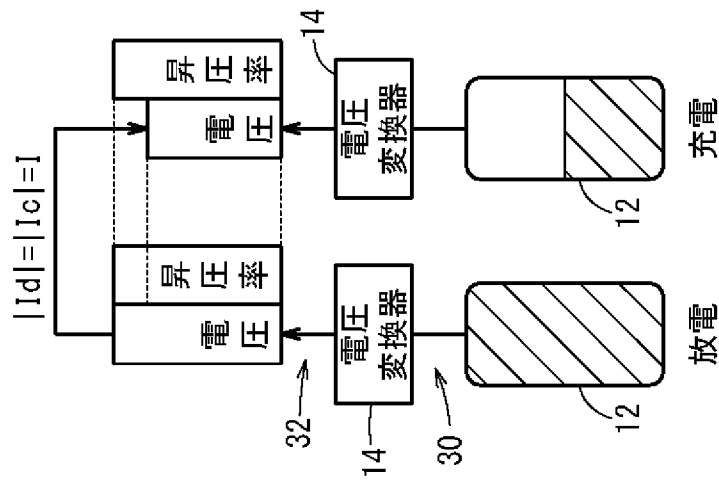
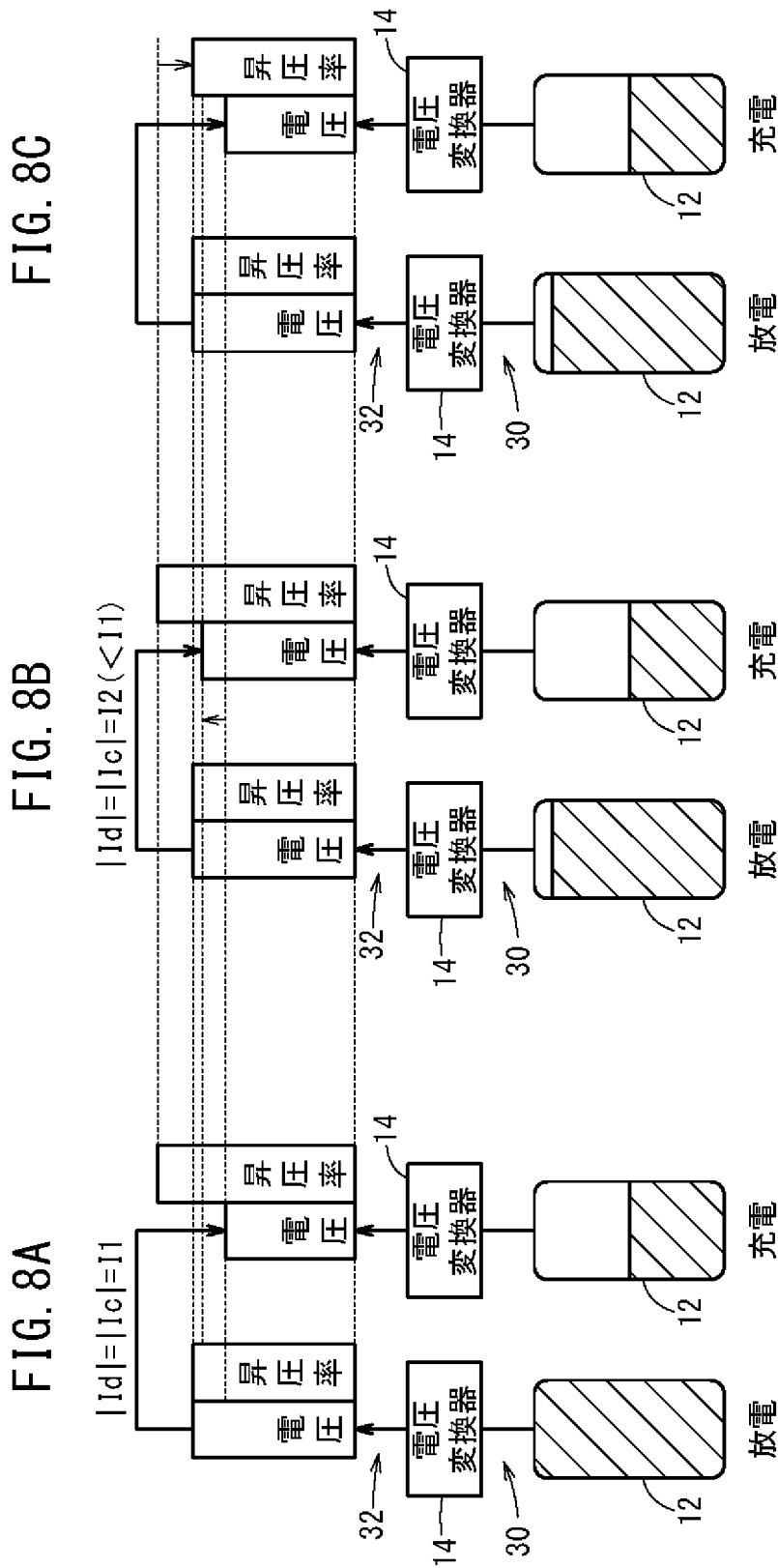


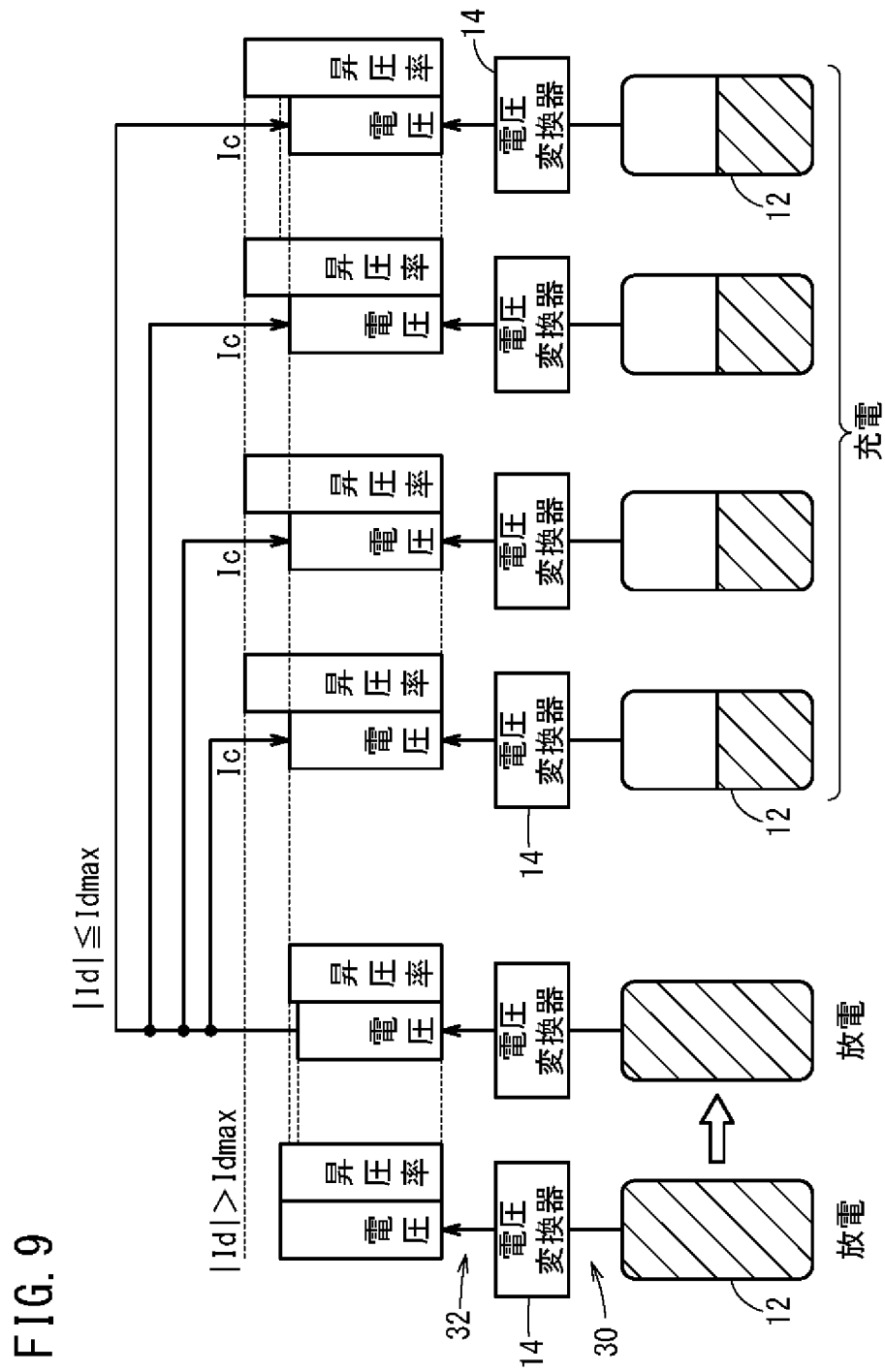
FIG. 7C



[図8]



[図9]



[図10]

FIG. 10A

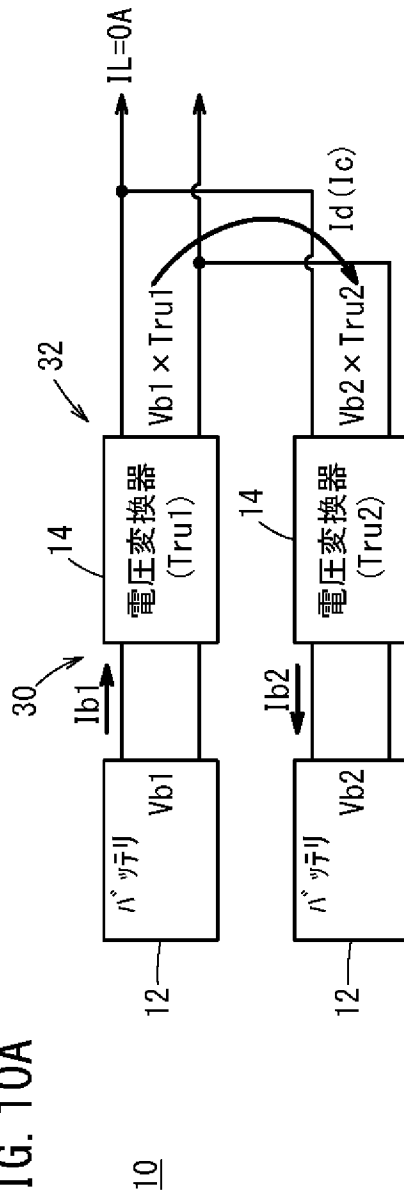
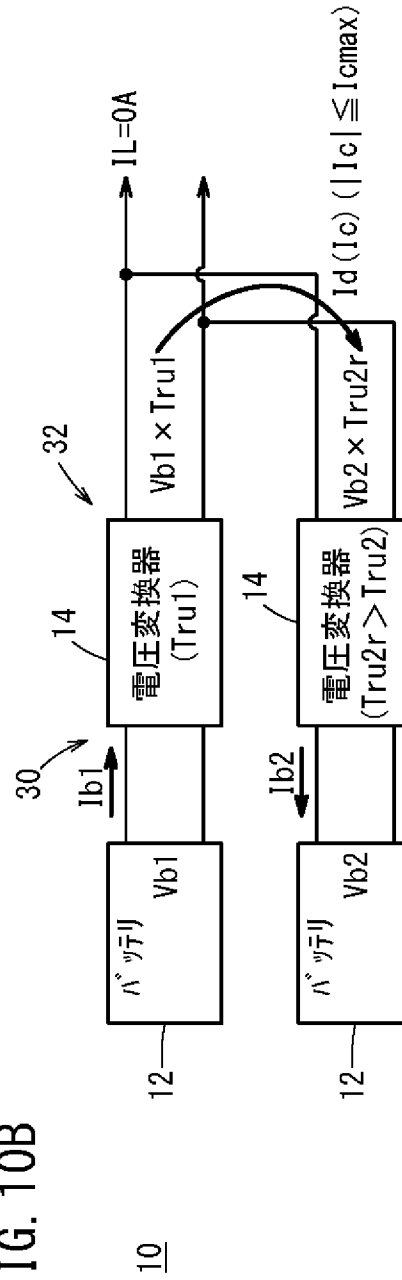


FIG. 10B



[図11]

FIG. 11A

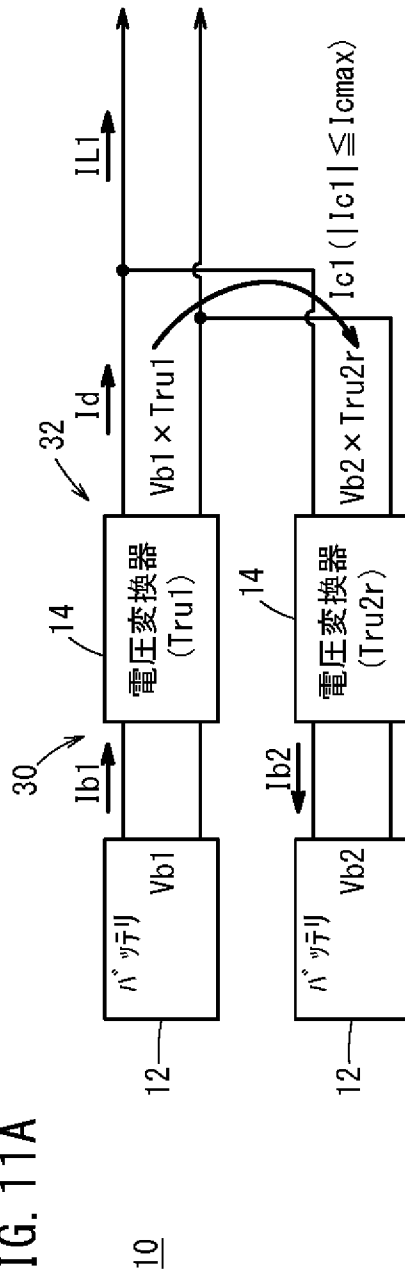
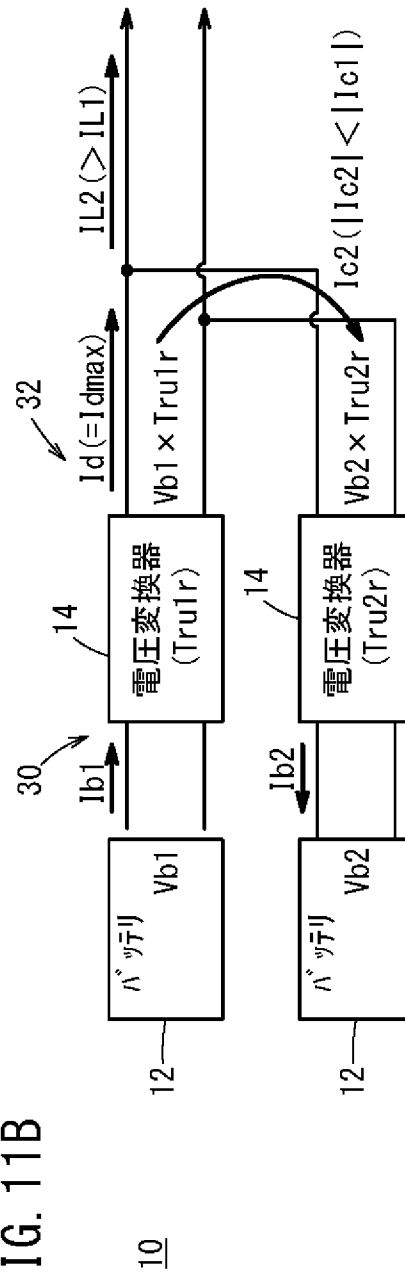


FIG. 11B



[図12]

FIG. 12A

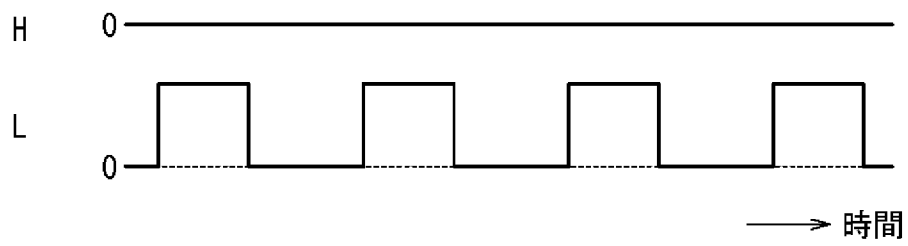


FIG. 12B

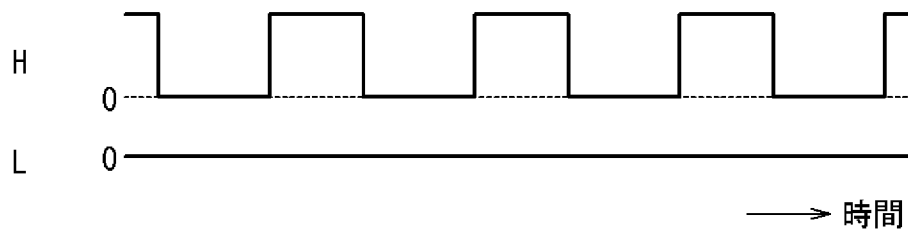
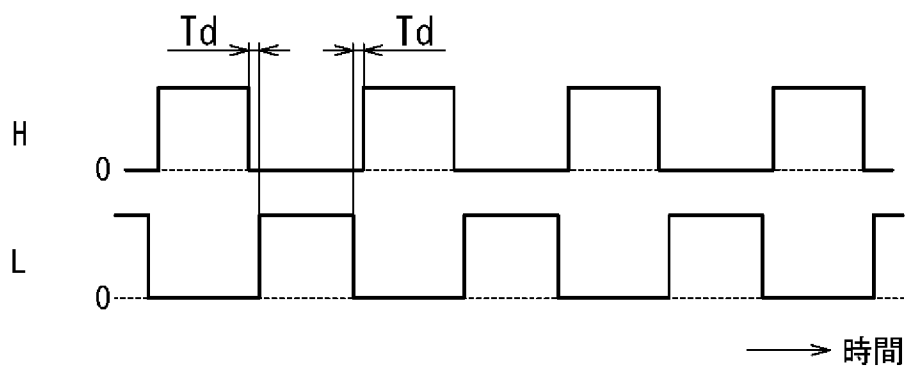
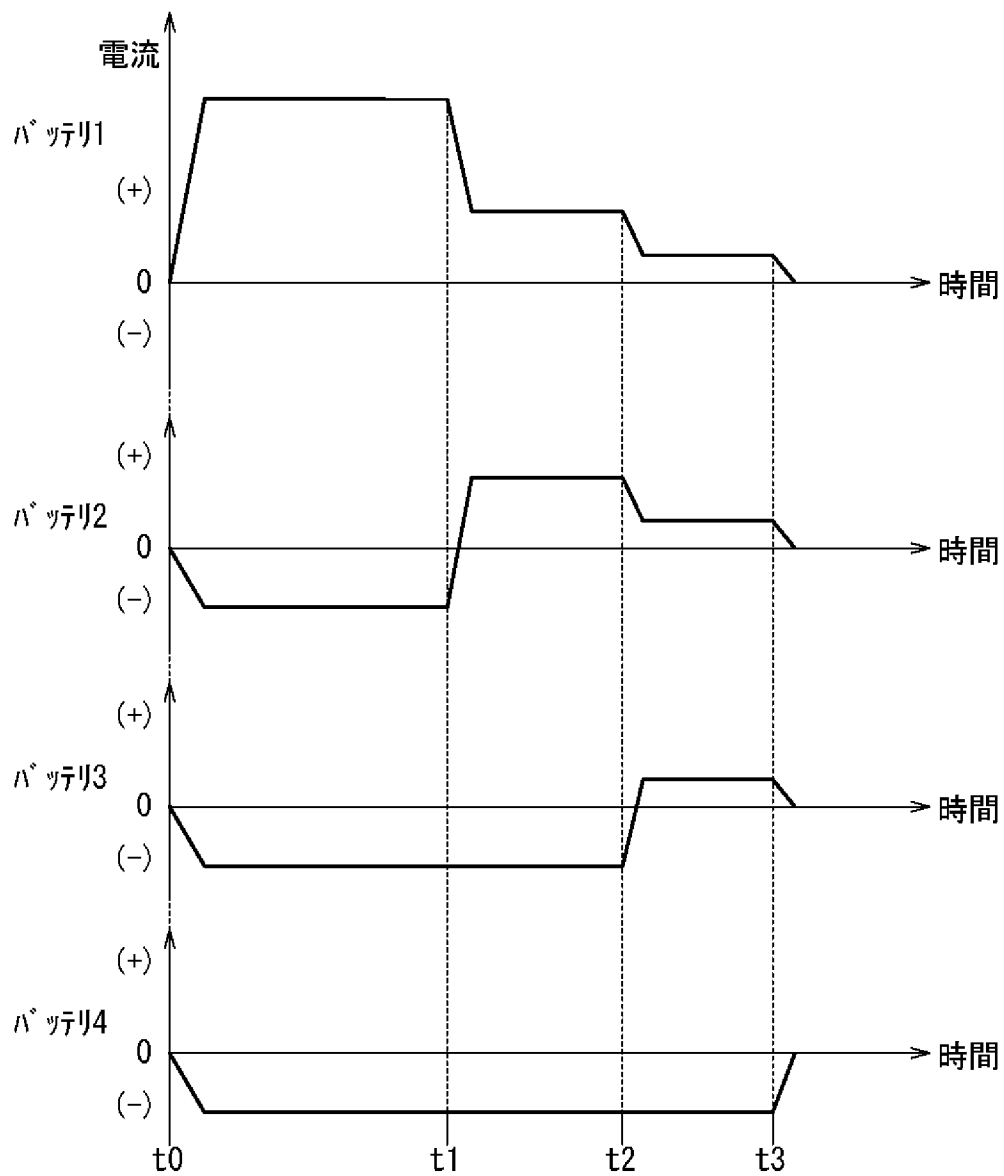


FIG. 12C



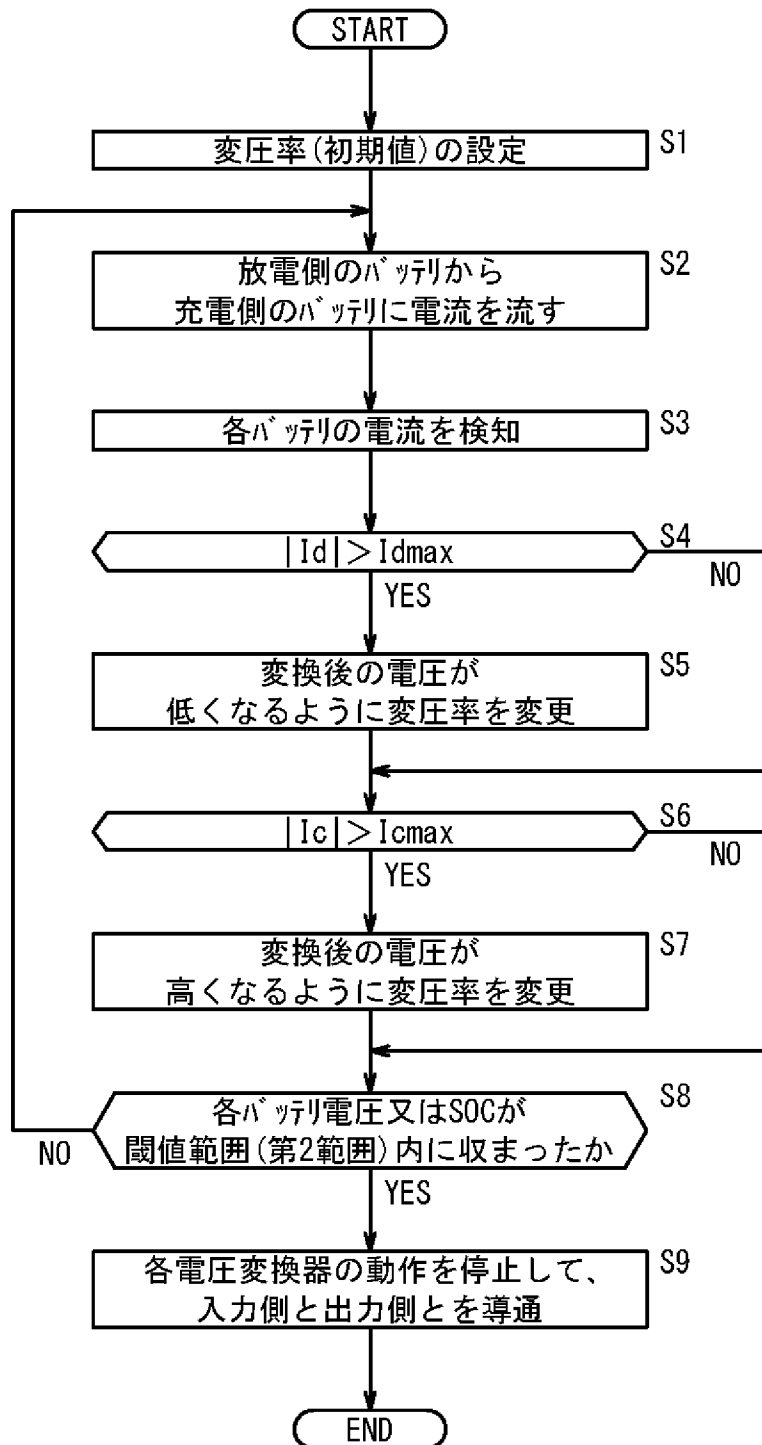
[図13]

FIG. 13



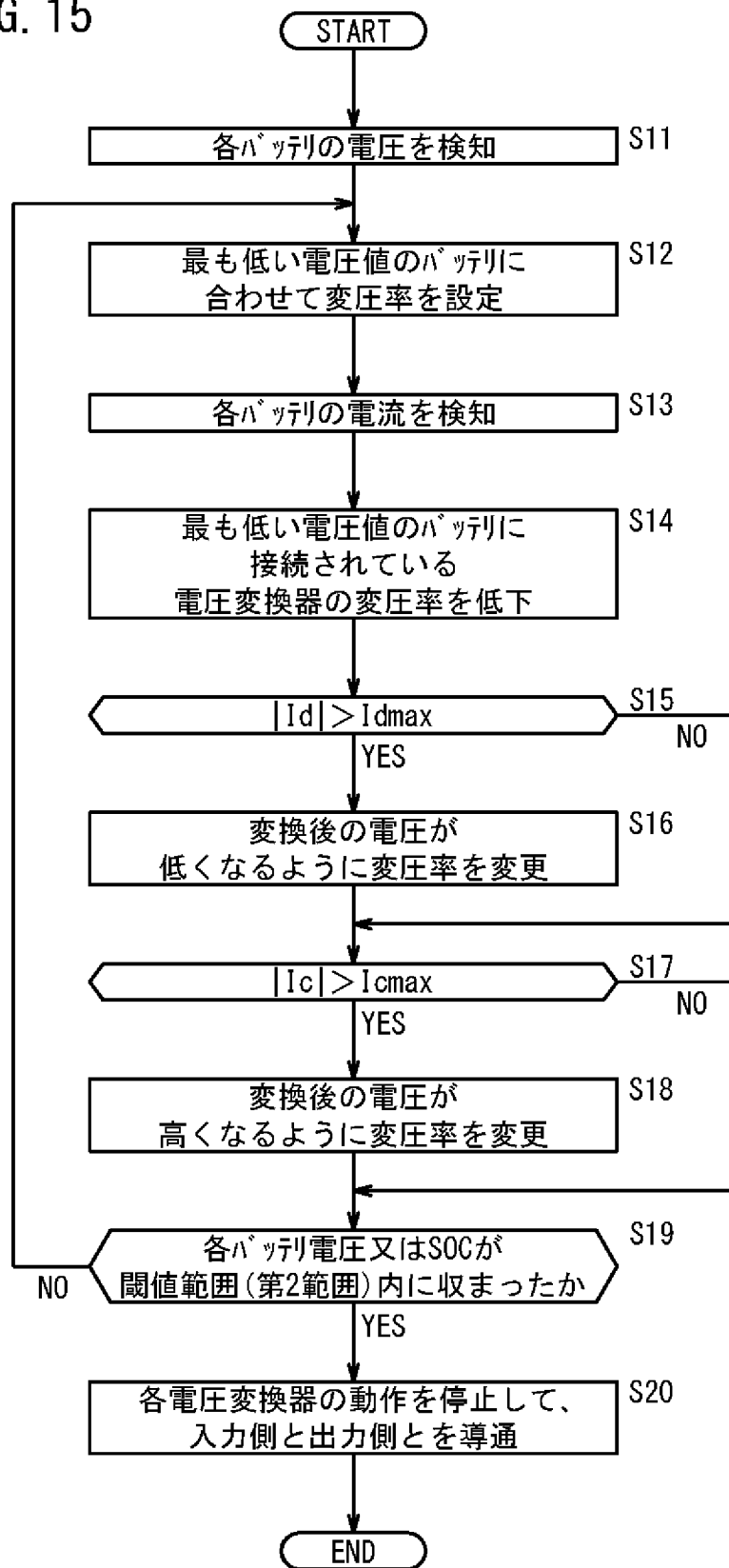
[図14]

FIG. 14



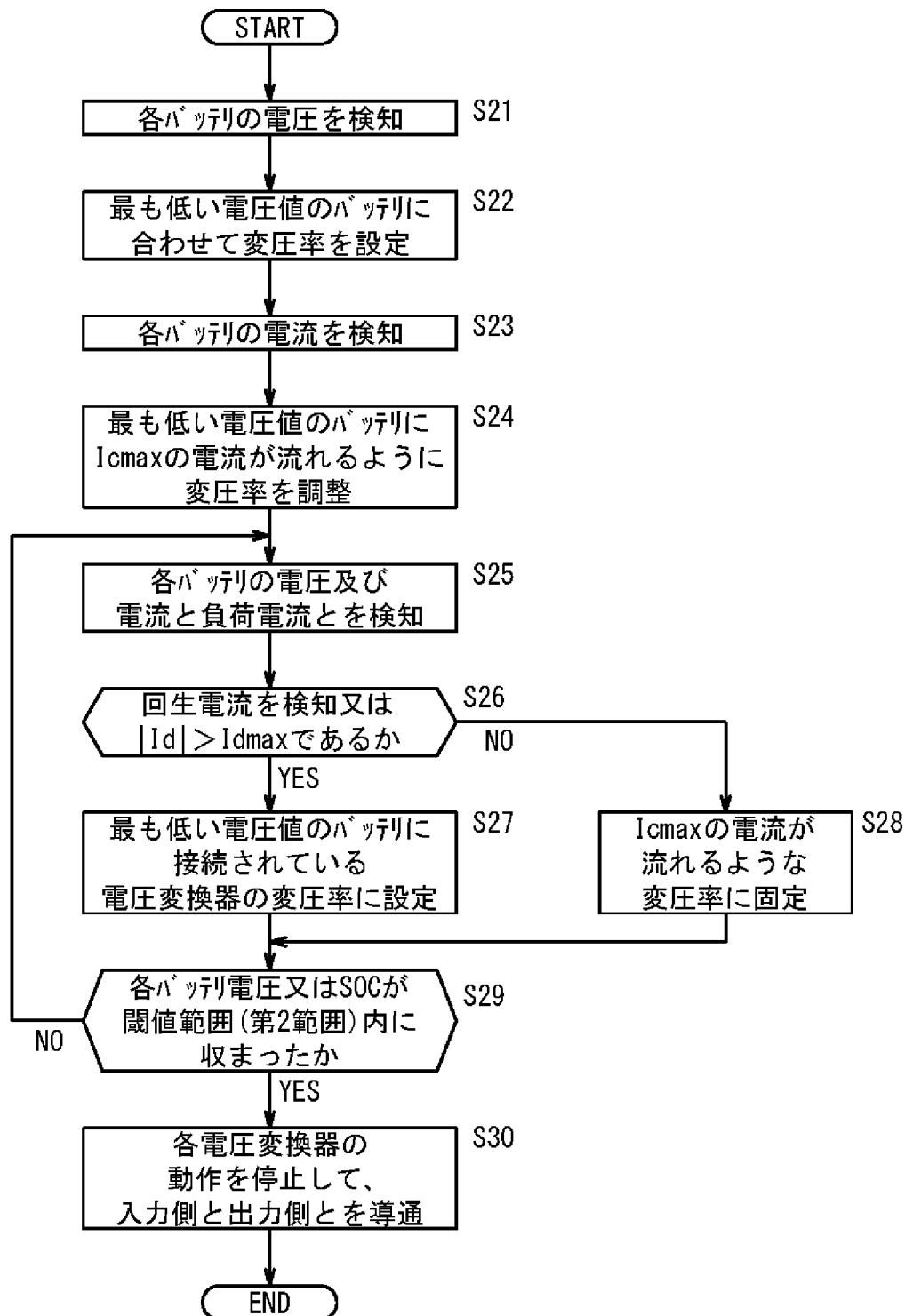
[図15]

FIG. 15



[図16]

FIG. 16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/036003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02J7/00 (2006.01) i, B60L53/00 (2019.01) i, H01M10/48 (2006.01) i,
H02J7/04 (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)

Int.Cl. H02J7/00, B60L53/00, H01M10/48, H02J7/04

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
X	JP 6293010 B2 (HONDA MOTOR CO., LTD.) 14 March	1-2, 5-8
Y	2018, paragraphs [0024]-[0081], fig. 1-6 (Family: none)	3-4
Y	JP 2016-208570 A (TOSHIBA CORP.) 08 December 2016, paragraph [0039], fig. 5 (Family: none)	3-4

☐ 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
08 November 2019 (08.11.2019)

Date of mailing of the international search report
19 November 2019 (19.11.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/036003

<Regarding the subject of the search>

Claim 1 sets forth the invention-specifying feature in which "for each of the plurality of voltage converters, the voltage conversion ratio is set such that the current measured by the current meter connected to the primary side falls within a first range between the maximum discharge current (I_{dmax}) of the battery connected to the primary side and the maximum charge current (I_{cmax}) of the battery".

However, the definition of the "first range" is not clear.

Thus, since claim 1 and claims 2-8 that are dependent thereon are not clear, a meaningful search could not be carried out for claims 1-8.

The invention-specifying feature is considered to correspond to the wording "current restriction is performed such that a discharge current I_d and charge currents I_{c1} - I_{c3} fall within a first range, i.e., the absolute value of the discharge current I_d is equal to or smaller than the maximum discharge current I_{dmax} ($|I_d| \leq I_{dmax}$) and the absolute values of the charge currents I_{c1} - I_{c3} are equal to or smaller than the maximum charge current I_{cmax} ($|I_{c1}| \leq I_{cmax}$, $|I_{c2}| \leq I_{cmax}$, $|I_{c3}| \leq I_{cmax}$)" of paragraph [0041].

Therefore, a search was carried out for claim 1 on the assumption that the "first range" is such that "the absolute value of a discharge current is equal to or smaller than the maximum discharge current I_{dmax} , and the absolute value of a charge current is equal to or smaller than the maximum charge current I_{cmax} ".

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, B60L53/00(2019.01)i, H01M10/48(2006.01)i, H02J7/04(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, B60L53/00, H01M10/48, H02J7/04

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X Y	JP 6293010 B2（本田技研工業株式会社）2018.03.14, 段落[0024]-[0081], 第1-6図（ファミリーなし）	1-2, 5-8 3-4
Y	JP 2016-208570 A（株式会社東芝）2016.12.08, 段落[0039], 第5図（ファミリーなし）	3-4

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

08.11.2019

国際調査報告の発送日

19.11.2019

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）

阿部 陽

5 T

7891

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

<調査の対象について>

請求項1には、「複数の前記電圧変換器の各々について、前記変圧率は、前記1次側に接続される電流計測器で計測される電流が、前記1次側に接続されるバッテリーの放電電流最大値 (I_{dmax}) と前記バッテリーの充電電流最大値 (I_{cmax}) との間の第1範囲内に収まるように設定される」という発明特定事項が記載されている。

しかしながら、上記の「第1範囲」が、どのような範囲を示しているものであるか不明である。したがって、請求項1及び従属する請求項2-8に係る発明は明確でないから、請求項1-8について有意義な調査を行うことができない。

ここで、上記発明特定事項に対応する記載が、段落[0041]の「放電電流 I_d 及び充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ が第1範囲内に収まるように、すなわち、放電電流 I_d の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} 以下となり ($|I_d| \leq I_{dmax}$)、且つ、充電電流 $I_{c1} \sim I_{c3}$ の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} 以下となるように ($|I_{c1}| \leq I_{cmax}$ 、 $|I_{c2}| \leq I_{cmax}$ 、 $|I_{c3}| \leq I_{cmax}$)、電流制限を行う」であると思料される。

そのため、請求項1については、「放電電流の絶対値が放電電流最大値 I_{dmax} 以下となり、且つ、充電電流の絶対値が充電電流最大値 I_{cmax} 以下となる」ものを「第1範囲」として調査対象とした。