(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
2021年5月27日(27.05.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/100799 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 7/02 (2016.01) *H02J 7/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/043159

(22) 国際出願日： 2020年11月19日(19.11.2020)

(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 2019-209519 2019年11月20日(20.11.2019) 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).

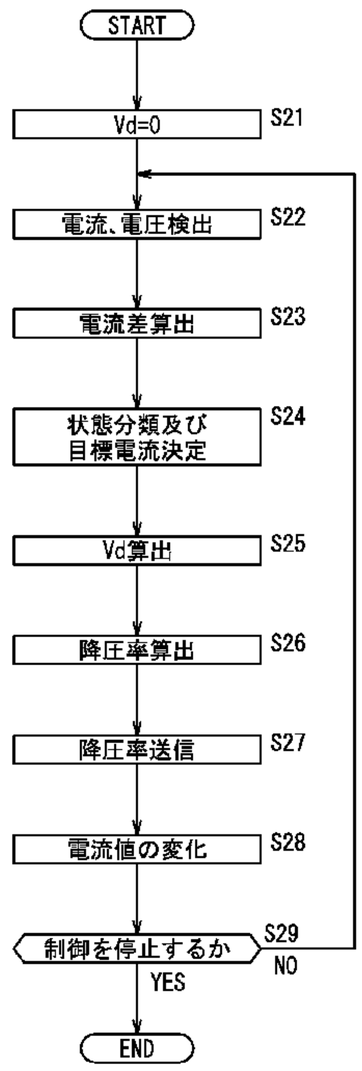
(74) 代理人: 千葉剛宏，外 (**CHIBA Yoshihiro** et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木２丁目１番１号 新宿マインズタワー １６階 Tokyo (JP).

(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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,

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

(54) 発明の名称： 電源システム及びその制御方法

FIG. 8



S22 Detect current, voltage
S23 Calculate difference in current
S24 Determine state type and target current
S25 Calculate Vd
S26 Calculate step-down rate
S27 Transmit step-down rate
S28 Change in current value
S29 Stop control?

(57) Abstract: In a power supply system (10) and a method for controlling the same, at least one battery from among a plurality of batteries (12a – 12d) is designated as a charging-side battery, and the remaining batteries are designated as discharging-side batteries. Next, the difference in current between the current flowing from the discharging-side batteries and the current flowing into the charging-side battery is determined on the basis of currents (I1–I4) measured by a plurality of current measuring instruments (26a–26d). Next, the transformation rate (Tr) of a voltage transformer connected to the

［続葉有］

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

discharging-side batteries is determined on the basis of the determined difference in current.

(57) 要約:電源システム(１０)及びその制御方法では、複数のバッテリ(１２ａ～１２ｄ)のうち、少なくとも１つのバッテリを充電側のバッテリに決定し、残余のバッテリを放電側のバッテリに決定する。次に、複数の電流計測器(２６ａ～２６ｄ)が計測した電流(Ｉ１～Ｉ４)に基づき、放電側のバッテリから流れる電流と充電側のバッテリに流れ込む電流との電流差を決定する。次に、決定した電流差に基づき、放電側のバッテリに接続される電圧変換器の変圧率(Ｔｒ)を決定する。

明　細　書

発明の名称 ： 電源システム及びその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、充放電可能な複数の蓄電部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及びその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 充放電可能な複数のバッテリ（蓄電部）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、特開２０１６－２５７９１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の異なる複数の蓄電部を互いに並列接続する場合、複数の蓄電部の間では、電圧又はＳＯＣが互いに均等になるように、各蓄電部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、複数の蓄電部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、各蓄電部を直接、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蓄電部を並列接続すると、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、複数の蓄電部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蓄電部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、蓄電部の劣化を回避しつつ、互いに並列接続される複数の蓄電部の電圧又はＳＯＣを均等化することができる電源システム及びその制御方法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蓄電部と、入力側が複数の前記蓄電部に接続され、出力側が互いに並列接続され、前記入力側に接続されている

複数の前記蓄電部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出力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入力側に接続され、複数の前記蓄電部から前記入力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、及び、その制御方法に関する。

[0007] この場合、前記電源システムは、複数の前記蓄電部のうち、少なくとも１つの前記蓄電部を充電側の基準蓄電部に決定し、残余の前記蓄電部を放電側の残余蓄電部に決定する蓄電部決定部と、複数の前記電流計測器が計測した前記電流に基づいて、前記残余蓄電部から流れる前記電流と前記基準蓄電部から流れる前記電流との電流差を決定する電流差決定部と、決定した前記電流差に基づいて、前記残余蓄電部に接続される前記電圧変換器の変圧率を決定する変圧率決定部とをさらに備える。

[0008] また、前記電源システムの制御方法では、蓄電部決定部を用いて、複数の前記蓄電部のうち、少なくとも１つの前記蓄電部を充電側の基準蓄電部に決定し、残余の前記蓄電部を放電側の残余蓄電部に決定するステップと、電流差決定部を用いて、複数の前記電流計測器が計測した前記電流に基づいて、前記残余蓄電部から流れる前記電流と前記基準蓄電部から流れる前記電流との電流差を決定するステップと、変圧率決定部を用いて、決定した前記電流差に基づいて、前記残余蓄電部に接続される前記電圧変換器の変圧率を決定するステップとを有する。

[0009] 本発明によれば、残余蓄電部から流れる電流と基準蓄電部から流れる電流との電流差をフィードバックし、該電流差が小さくなるように、残余蓄電部に接続される電圧変換器の変圧率を決定する。これにより、複数の蓄電部が電圧変換器を介して互いに並列接続される場合に、蓄電部の劣化を回避しつつ、互いに並列接続される複数の蓄電部の電圧又はＳＯＣを均等化することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [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２Ａは、降圧型又は昇降圧型の電圧変換器の回路図であり、図２Ｂは

、降圧型の電圧変換器の回路図であり、図２Ｃは、昇降圧型の電圧変換器の回路図である。

[図3]昇降圧動作を示すタイミングチャートである。

[図4]図１の電源システムを模式的に図示した回路図である。

[図5]図５Ａは、本実施形態の制御手法を用いない場合の各電流のタイミングチャートであり、図５Ｂは、本実施形態の制御手法を用いた場合の各電流のタイミングチャートである。

[図6]各バッテリの充放電状態の分類の一覧を示す図である。

[図7]本実施形態に係る制御方法のシーケンス図である。

[図8]図７の制御方法の一部を図示したフローチャートである。

[図9]図９Ａは、各バッテリ電圧を基準電圧に合わせる処理の説明図であり、図９Ｂは、実際の制御処理の説明図である。

[図10]ディスチャージ処理を図示したタイミングチャートである。

[図11]均等化ユニットを模式的に図示したブロック図である。

[図12]本実施形態に係る制御方法を図示したブロック線図である。

[図13]目標電流と第２電流との関係を図示したタイミングチャートである。

[図14]各バッテリ電圧、各電流及び各降圧率の時間変化を示すタイミングチャートである。

[図15]降圧率の設定可能範囲を示す説明図である。

[図16]図１６Ａ～図１６Ｄは、電流差を用いた制御を行わない場合の問題点を示す説明図である。

[図17]電動車両の車速、各電流及び各ＳＯＣの時間変化を示すタイミングチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明に係る電源システム及びその制御方法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。

[0012] ［１．本実施形態の概略構成］

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１２ａ～１２ｄ（蓄電部）と、均等化ユニット１４と、制御装置１６と、モータジェネレータＥＣＵ（ＭＧ－ＥＣＵ）１８と、パワードライブユニット（ＰＤＵ）２０とを有する。なお、図１では、４個のバッテリ１２ａ～１２ｄ（以下、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄともいう。）が配置される場合を図示している。電源システム１０では、少なくとも２個のバッテリが配置されていればよい。また、電源システム１０は、例えば、二輪車、四輪車等の電動車両２２の電源システムに適用される。

[0013] 複数のバッテリ１２ａ～１２ｄは、電源システム１０に対して着脱可能で、且つ、充放電可能な蓄電部である。複数のバッテリ１２ａ～１２ｄは、該バッテリ１２ａ～１２ｄを監視するバッテリマネジメントシステム（ＢＭＵ）を含む不図示のバッテリパックにそれぞれ収容され、電源システム１０に対してバッテリパックを着脱することで、電源システム１０に対して着脱可能である。なお、本実施形態では、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄのうち、少なくとも１つのバッテリが電源システム１０に対して着脱可能であればよい。また、各バッテリパック、均等化ユニット１４、制御装置１６、ＭＧ－ＥＣＵ１８及びＰＤＵ２０は、Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＣＡＮ）を構成する不図示の通信線等を介して、信号又は情報の送受信が可能である。

[0014] 均等化ユニット１４は、複数の電圧変換器２４ａ～２４ｄと、複数の電流計測器２６ａ～２６ｄと、複数の入力側電圧計測器（電圧計測器）２８ａ～２８ｄと、出力側電圧計測器３０と、複数の温度センサ３２とを有する。

[0015] 複数の電圧変換器２４ａ～２４ｄは、例えば、１次側である入力側３４と２次側である出力側３６とをそれぞれ有するＤＣ／ＤＣコンバータであって、入力側３４に接続されるバッテリ１２ａ～１２ｄの電圧（バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４）を任意の変圧率Ｔｒ（昇圧率Ｔｒｕ又は降圧率Ｔｒｄ（以下、降圧率Ｒともいう。））で変換することにより、変換した電圧（出力電圧Ｖ０）を出力側３６に出力する。図１では、均等化ユニット１４内に、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対応して、４個の電圧変換器２４ａ～２４ｄ（

以下、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄともいう。）が配置される場合を図示している。以下の説明では、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄが任意の降圧率Ｒ１～Ｒ４で第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４を降圧し、降圧したバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４を出力電圧Ｖ０として出力側３６に出力する場合について説明する。

[0016] 第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのうち、いずれか１つのバッテリ１２ａ～１２ｄに接続されている。すなわち、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの正極端子と第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４の正極端子３８ｐとが接続され、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの負極端子と第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４の負極端子３８ｍとが接続されている。また、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの出力側３６は、互いに並列接続されることで、ＰＤＵ２０に並列に接続される。この場合、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの出力側３６の正極端子４０ｐがＰＤＵ２０の正極端子に接続され、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの出力側３６の負極端子４０ｍがＰＤＵ２０の負極端子に接続されている。

[0017] 複数の入力側電圧計測器２８ａ～２８ｄ（以下、第１～第４電圧計測器２８ａ～２８ｄともいう。）は、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４で、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの正極端子と負極端子との間に接続された電圧センサである。また、複数の電流計測器２６ａ～２６ｄ（以下、第１～第４電流計測器２６ａ～２６ｄともいう。）は、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４で、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの正極端子と第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの正極端子３８ｐとの間に接続された電流センサである。出力側電圧計測器３０は、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの出力側３６で、ＰＤＵ２０の正極端子と負極端子との間に接続された電圧センサである。

[0018] 複数の温度センサ３２は、それぞれ、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを構成するスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌ（図２Ａ～図２Ｃ参照）の温

度を検出する。なお、図１では、２つの温度センサ３２を設けた場合を図示している。

[0019] ＰＤＵ２０は、三相ブリッジ型のインバータを含み構成される。ＰＤＵ２０の入力側には、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄが並列に接続されている。ＰＤＵ２０の出力側には、電源システム１０の負荷である三相交流のモータ４４が電気的に接続されている。力行時には、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄから第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを介してＰＤＵ２０に直流電力が供給される。ＰＤＵ２０は、直流電力を三相の交流電力に変換してモータ４４に供給する。これにより、モータ４４を駆動させ、電動車両２２を走行させることができる。一方、回生時には、ＰＤＵ２０は、モータ４４が発電した交流電力を直流電力に変換する。これにより、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを介して第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに直流電力を充電することができる。

[0020] ＭＧ－ＥＣＵ１８（蓄電部決定部）は、ＰＤＵ２０及びモータ４４を制御するためのＥＣＵ（電子制御装置）であり、制御装置１６及びＰＤＵ２０との間で信号又は情報の送受信が可能である。すなわち、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、ＰＤＵ２０を構成するスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌを動作させるための制御信号（トルクの指令値を示す信号）を供給する。一方、ＰＤＵ２０は、ＰＤＵ２０の状態等を送信する。モータ４４は、該モータ４４の状態等を送信する。ＭＧ－ＥＣＵ１８は、ＰＤＵ２０及びモータ４４から送信された情報等に基づいて、モータ４４の要求出力を算出し、算出した要求出力を、制御装置１６に送信する。

[0021] 制御装置１６は、均等化ユニット１４を制御するためのＥＣＵであり、制御部４６（蓄電部決定部、電流差決定部、変圧率決定部）、指令部４８及びテーブル５０を有する。制御部４６は、第１～第４電圧計測器２８ａ～２８ｄが計測した第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４、第１～第４電流計測器２６ａ～２６ｄが計測した第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４、出力側電圧計測器３０が計測した出力電圧Ｖ０（負荷電圧）、及び、複

数の温度センサ３２が計測した第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの温度を取得する。また、制御部４６は、ＭＧ－ＥＣＵ１８からの要求出力や、テーブル５０に格納された入力側３４を流れる電流の目標値（目標電流Ｉｔａｒ）に基づいて、変圧率Ｔｒ等の算出（決定）を行う。指令部４８は、制御部４６が決定した変圧率Ｔｒに基づく指令信号（第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌに供給するゲート信号）を、均等化ユニット１４に出力する。なお、制御装置１６及びＭＧ－ＥＣＵ１８の処理の詳細は、後述する。

[0022] ［２．第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの具体例］

図２Ａ～図２Ｃは、図１の第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの具体例を示す回路図である。第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄは、例えば、降圧型若しくは昇降圧型（図２Ａ参照）、降圧型（図２Ｂ参照）、又は、昇降圧型（図２Ｃ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２Ａ～図２Ｃ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２Ａにおいて、入力側３４の正極端子３８ｐと負極端子３８ｍとの間には、コンデンサ５２が接続されている。コンデンサ５２には、直列接続された２つのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌとコイル５４とを組とする２組の回路が並列接続されている。それぞれの組において、一方のスイッチング素子４２Ｈは、コンデンサ５２の正極端子３８ｐ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４２Ｌは、コンデンサ５２の負極端子３８ｍ側と出力側３６の負極端子４０ｍ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４２Ｈ、４２Ｌの中点には、コイル５４の一端が接続されている。コイル５４の他端は、出力側３６の正極端子４０ｐに接続されている。また、出力側３６の正極端子４０ｐと負極端子４０ｍとの間には、コンデンサ５６が接続されている。なお、スイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌは、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎ

ｓｉｓｔｏｒ）５８と、寄生ダイオードであるツェナダイオード６０とが並列に接続されて構成される。

[0024] 図２Ｂにおいて、入力側３４の正極端子３８ｐと負極端子３８ｍとの間には、コンデンサ５２が接続されている。コンデンサ５２には、直列接続された２つのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌが並列接続されている。一方のスイッチング素子４２Ｈは、コンデンサ５２の正極端子３８ｐ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４２Ｌは、コンデンサ５２の負極端子３８ｍ側と出力側３６の負極端子４０ｍ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４２Ｈ、４２Ｌの中点と出力側３６の正極端子４０ｐとの間には、コイル５４及び抵抗器６２の直列回路が接続されている。また、出力側３６の正極端子４０ｐと負極端子４０ｍとの間には、コンデンサ５６が接続されている。

[0025] 図２Ｃにおいて、入力側３４の正極端子３８ｐと負極端子３８ｍとの間には、コンデンサ５２が接続されている。コンデンサ５２の正極端子３８ｐ側には、コイル６４及び抵抗器６６の直列回路を介して、直列接続された２つのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌの中点に接続されている。２つのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌには、コンデンサ６８が並列に接続されている。また、このコンデンサ６８の出力側３６には、図２Ｂと同じ構成の回路が並列に接続されている。

[0026] いずれの回路構成においても、各スイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌ（ＭＯＳＦＥＴ５８）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、変圧率Ｔｒ（図２Ａでは昇圧率Ｔｒｕ又は降圧率Ｒ、図２Ｂでは降圧率Ｒ、図２Ｃでは昇圧率Ｔｒｕ又は降圧率Ｒ）を変化させることができる。

[0027] 図３は、一例として、図２Ｂの降圧型の回路における各スイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌのゲート端子に供給されるゲート信号のタイミングチャートを示す。ここで、ゲート信号の周期をＴ、ハイサイドのスイッチング素子４２Ｈに供給されるゲート信号（図３の「Ｈｉ側デューティ」）のハイレベル

の時間をＵ、ローサイドのスイッチング素子４２Ｌに供給されるゲート信号（図３の「Ｌｏ側デューティ」）のハイレベルの時間をＤ、時間Ｕと時間Ｄとの間隔であるデッドタイムをＴｄとすると、周期Ｔは、下記の（１）式で表わされる。

$$T = U + D + Td \times 2 \quad (1)$$

[0028] また、降圧率Ｒは、入力側３４の電圧（バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４）をＶｉｎ、出力側３６の電圧（出力電圧Ｖ０）をＶｏｕｔとすると、下記の（２）式で表わされる。

$$R = Vout / Vin \quad (2)$$

[0029] さらに、時間Ｕ、Ｄは、下記の（３）式及び（４）式でそれぞれ表わされる。

$$U = T \times R \quad (3)$$

$$D = T \times (1 - R) \quad (4)$$

[0030] 従って、制御部４６で降圧率Ｒを指定し、指令部４８から均等化ユニット１４に降圧率Ｒに応じたゲート信号を供給して第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを駆動させることにより、所望の出力電圧Ｖ０を得ることができる。

[0031] ［３．本実施形態の特徴的な機能］

＜３．１　本実施形態の充放電の手法の概要＞

次に、本実施形態に係る電源システム１０及びその制御方法の特徴的な機能（以下、本実施形態の特徴的な機能ともいう。）について、図４～図１７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の異なる第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄ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第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄ間に第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を流して充放電を行う場合に、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄから入力側３４に流れる第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を制御装置１６にフィードバックし、制御装置１６の制御部４６が、充電側のバッテリ（基準蓄電部）から流れる電流と、放電側のバッテリ（残余蓄電部）から

流れる電流との電流差を決定した後、決定した電流差が小さくなるような降圧率Ｒを決定し、決定した降圧率Ｒで第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを制御することにより、各バッテリ１２ａ～１２ｄの劣化を回避しつつ、各バッテリ１２ａ～１２ｄの電圧又はＳＯＣの均等化を図るというものである。

[0032] 図４は、図１の電源システム１０を模式化した回路図である。図４の回路図では、均等化ユニット１４等の図示を省略し、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄと、該第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの内部抵抗（抵抗値ｒ）を示す抵抗器７０ａ～７０ｄ（以下、第１～第４抵抗器７０ａ～７０ｄともいう。）との直列回路が並列に接続され、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの正極側に負荷７２（モータ４４）が接続される場合を図示している。

[0033] ここで、負荷７２に流れる電流をＩｔ（以下、負荷電流ともいう。）とする。また、第１バッテリ１２ａ及び第１抵抗器７０ａの直列回路の正極側と第２バッテリ１２ｂ及び第２抵抗器７０ｂの直列回路の正極側との電圧差をＶｄ１、第１バッテリ１２ａ及び第１抵抗器７０ａの直列回路の正極側と第３バッテリ１２ｃ及び第３抵抗器７０ｃの直列回路の正極側との電圧差をＶｄ２、第１バッテリ１２ａ及び第１抵抗器７０ａの直列回路の正極側と第４バッテリ１２ｄ及び第４抵抗器７０ｄの直列回路の正極側との電圧差をＶｄ３とする。

[0034] 先ず、図４中、左下側の回路図のように、第１バッテリ１２ａ及び第１抵抗器７０ａの直列回路と、第２バッテリ１２ｂ及び第２抵抗器７０ｂの直列回路とを並列接続して構成される閉回路において、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２は、キルヒホッフの法則に基づき、下記の（５）式及び（６）式で表わされる。

$$I1 = It/2 + Vd1/(4 \times r) \quad (5)$$

$$I2 = It/2 - Vd1/(4 \times r) \quad (6)$$

[0035] また、第１バッテリ１２ａ及び第１抵抗器７０ａの直列回路と、第２バッテリ１２ｂ及び第２抵抗器７０ｂの直列回路と、第３バッテリ１２ｃ及び第

３抵抗器７０ｃの直列回路とを並列接続して構成される閉回路において、第１～第３電流Ｉ１～Ｉ３は、キルヒホッフの法則に基づき、下記の（７）式～（９）式で表わされる。

$$I1 = It/3 + (Vd1 + Vd2)/(6 \times r) \quad (7)$$

$$I2 = It/3 + (-2 \times Vd1 + Vd2)/(6 \times r) \quad (8)$$

$$I3 = It/3 + (Vd1 - 2 \times Vd2)/(6 \times r) \quad (9)$$

[0036] さらに、図４中、上側の回路図において、負荷７２が接続されていない閉回路の場合、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４は、キルヒホッフの法則に基づき、下記の（１０）式～（１３）式で表わされる。

$$I1 = It/4 + (Vd1 + Vd2 + Vd3)/(8 \times r) \quad (10)$$

$$I2 = It/4 + (-3 \times Vd1 + Vd2 + Vd3)/(8 \times r) \quad (11)$$

$$I3 = It/4 + (Vd1 - 3 \times Vd2 + Vd3)/(8 \times r) \quad (12)$$

$$I4 = It/4 + (Vd1 + Vd2 - 3 \times Vd3)/(8 \times r) \quad (13)$$

[0037] このように、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４には、電圧差Ｖｄ１～Ｖｄ３が含まれている。そのため、理論上、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を第１～第４電流計測器２６ａ～２６ｄで計測し、計測した第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を制御装置１６にフィードバックすれば、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４に基づき、所望の電圧差Ｖｄ１～Ｖｄ３に調整することが可能となる。

[0038] 図５Ａ及び図５Ｂは、第１電流Ｉ１、第２電流Ｉ２及び負荷電流Ｉｔの時間変化の一例を示すタイミングチャートである。図５Ａは、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２のフィードバックを行わない場合を示している。図５Ｂは、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２のフィードバックを行う場合を示している。

[0039] 図５Ａにおいて、時点ｔ０から時点ｔ１までの時間帯では、負荷７２（図４参照）が存在しない状態であり、Ｉｔ＝０となる。この場合、電圧差Ｖｄ

１によって、第１電流Ｉ１と第２電流Ｉ２とには、２×Ａの電流差が発生する。この時間帯では、第１電流Ｉ１は、負電流、すなわち、充電電流となり、一方で、第２電流Ｉ２は、正電流、すなわち、放電電流となる。つまり、負荷７２が存在しないため、第２バッテリ１２ｂから流れる第２電流Ｉ２は、第１電流Ｉ１として第１バッテリ１２ａに流れ込み、該第１バッテリ１２ａを充電する。

[0040] また、図５Ａにおいて、時点ｔ１から時点ｔ２までの時間帯では、負荷７２が存在する力行状態であり、電圧差Ｖｄ１によって、第１電流Ｉ１と第２電流Ｉ２とには、２×Ｂの電流差が発生する。この時間帯では、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２は、共に放電電流となる。すなわち、第１バッテリ１２ａ及び第２バッテリ１２ｂから流れる第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２が負荷電流Ｉｔとして負荷７２に流れる。

[0041] さらに、図５Ａにおいて、時点ｔ２から時点ｔ３までの時間帯では、負荷７２が存在する回生状態であり、負荷７２から第１バッテリ１２ａ及び第２バッテリ１２ｂへの充電が行われる。この場合、電圧差Ｖｄ１によって、第１電流Ｉ１と第２電流Ｉ２とには、２×Ｃの電流差が発生する。この時間帯では、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２は、共に充電電流となる。すなわち、負荷電流Ｉｔが第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２に分流し、第１バッテリ１２ａ及び第２バッテリ１２ｂに流れ込む。

[0042] さらにまた、図５Ａにおいて、時点ｔ３以降の時間帯は、ｔ０～ｔ１の時間帯と同様に、Ｉｔ＝０となり、電圧差Ｖｄ１によって、第１電流Ｉ１と第２電流Ｉ２とに２×Ａの電流差が発生する。

[0043] しかしながら、図５Ａの例では、Ａ≠Ｂ≠Ｃであり、且つ、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２を制御装置１６（図１参照）にフィードバックしていないため、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの動作によって、電流差がどのように変化するのか分からない。この結果、第１電流Ｉ１又は第２電流Ｉ２が大電流となり、第１バッテリ１２ａ又は第２バッテリ１２ｂが劣化する原因となる場合がある。

[0044] これに対して、図５Ｂの場合、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２を制御装置１６にフィードバックし、フィードバックした第１電流Ｉ１と第２電流Ｉ２との電流差が小さくなるように、電圧差Ｖｄ１を制御する。これにより、負荷７２が存在するｔ１～ｔ３の時間帯では、電流差が徐々に小さくなって０、すなわち、第１電流Ｉ１及び第２電流Ｉ２が負荷電流Ｉｔと同じ電流値となるように変化する。この結果、第１電流Ｉ１又は第２電流Ｉ２が大電流となって第１バッテリ１２ａ又は第２バッテリ１２ｂが劣化することを回避することが可能となる。なお、負荷７２が存在しないｔ０～ｔ１の時間帯と、ｔ３以降の時間帯とでは、一定の電流差が発生する。

[0045] 図６は、本実施形態における第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄ（図１及び図４参照）に対する充放電の手法を図示した説明図である。ここでは、電源システム１０を構成するバッテリ１２ａ～１２ｄの個数Ｎが、Ｎ＝４（第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄ）、Ｎ＝３（第１～第３バッテリ１２ａ～１２ｃ）、Ｎ＝２（第１及び第２バッテリ１２ａ、１２ｂ）における充放電の手法について説明する。

[0046] なお、図６中、ＭＰＰ１～ＭＰＰ４は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄを示す。また、図６中、「３Ｈ１Ｌ」等の記号は、放電側のバッテリ（残余蓄電部）の個数（「Ｈ」の前に表記された数）と、充電側のバッテリ（基準蓄電部）の個数（「Ｌ」の前に表記された数）とを示している。さらに、図６中、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄを示す図記号（電池で表記）の下方に、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の目標値（目標電流Ｉｔａｒ）を表記している。ここでは、放電側のバッテリの目標電流Ｉｔａｒを「Ｉｄ」等の記号で示す。

[0047] 目標電流Ｉｔａｒは、放電側のバッテリから流れる電流の目標値を示しており、充電側のバッテリの目標電流は、０［Ａ］に設定されている。そのため、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄから流れる実際の電流値（実電流）は、目標電流とは異なる場合がある。例えば、「１Ｈ３Ｌ」の状態で充放電を行う場合、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の目標電流は、３．０×Ｉｄ［Ａ］

、０．０［Ａ］、０．０［Ａ］、０．０［Ａ］に設定される。これに対して、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の実電流は、＋２．２５×Ｉｄ［Ａ］、－０．７５×Ｉｄ［Ａ］、－０．７５×Ｉｄ［Ａ］、－０．７５×Ｉｄ［Ａ］となる。なお、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４に付けられた正負の符号は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄから第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄに流れる方向を正（＋）とし、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄから第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに流れ込む方向を負（－）としている。

[0048] 目標電流Ｉｔａｒは、テーブル５０（図１参照）に予め設定されている。制御部４６は、後述する充電側のバッテリ（基準蓄電部）の個数、放電側のバッテリ（残余蓄電部）の個数、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄから流れる電流の総和等に応じて、各目標電流Ｉｔａｒを変更する。この場合、図６の一覧表の上側から下側に向かって、充電側のバッテリの個数と放電側のバッテリの個数とを順に変化させることにより、より具体的には、放電側のバッテリの個数を順に減らすことにより、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対する充放電を行う。

[0049] 具体的に、Ｎ＝４の場合、「３Ｈ１Ｌ」→「２Ｈ２Ｌ」→「１Ｈ３Ｌ」→「０Ｈ４Ｌ」の順に、充電側のバッテリ及び放電側のバッテリの個数を切り換えて充放電を行う。また、Ｎ＝３の場合、「２Ｈ１Ｌ」→「１Ｈ２Ｌ」→「０Ｈ３Ｌ」の順に、充電側のバッテリ及び放電側のバッテリの個数を切り換えて充放電を行う。Ｎ＝２の場合、「１Ｈ１Ｌ」→「０Ｈ２Ｌ」の順に、充電側のバッテリ及び放電側のバッテリの個数を切り換えて充放電を行う。

[0050] そして、本実施形態の充放電では、充電側のバッテリに接続されている電圧変換器を相対的に高い降圧率（例えば、Ｒ＝０．９４）に設定した状態で、充電側のバッテリと放電側のバッテリとの電圧差を維持しつつ、放電側のバッテリから充電側のバッテリに電流を流すことにより、該充電側のバッテリを充電する。この場合、放電側のバッテリに接続されている電圧変換器の降圧率Ｒは、充電側のバッテリに接続されている電圧変換器の降圧率Ｒよりも相対的に低く設定されている。

[0051] しかしながら、放電側のバッテリから充電側のバッテリに電流が流れることにより、放電側のバッテリのバッテリ電圧が低下すると、放電側のバッテリに接続されている電圧変換器の降圧率Ｒは、時間経過に伴って徐々に上昇する。そのため、放電側のバッテリに接続されている電圧変換器の降圧率Ｒが、デッドタイムＴｄを考慮して設定可能な最大の降圧率（例えば、上限値としてのＲ＝０．９６）に到達すると、該電圧変換器を制御することが困難となる。

[0052] そこで、本実施形態では、図６に示すように、放電側のバッテリに接続されている電圧変換器の降圧率Ｒが最大の降圧率に到達する前に、図６中の上側から下側の状態へと順次切り換えることで、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄの制御が困難になることを回避しつつ、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対する充放電を円滑に行うようにしている。具体的な充放電の制御方法については、後述する。

[0053] ＜３．２　本実施形態の具体的な制御方法＞

図７は、本実施形態に係る電源システム１０を電動車両２２に適用した場合、より具体的には、モータ４４を電動車両２２の車輪の駆動源に用いる場合の第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対する充放電制御のシーケンス図である。図８は、図７の充放電制御において、均等化ユニット１４及び制御装置１６の動作を示すフローチャートである。この説明では、図９Ａ及び図９Ｂに示すように、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１が最も低く、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの順にバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４が高い場合の充放電制御について説明する。

[0054] 先ず、図７を参照して、充放電制御の全体的な流れを説明する。電動車両２２の図示しないイグニッションスイッチ（ＩＧ）がオンになると、ステップＳ１において、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、各ＢＭＵの起動指令を行う。これにより、ステップＳ２において、各ＢＭＵは、ＭＧ－ＥＣＵ１８からの起動指令に基づき起動する。

[0055] なお、ステップＳ１、Ｓ２において、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、各ＢＭＵに対

して、４個のバッテリ１２ａ～１２ｄを第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに設定する附番処理も併せて実行する。これにより、４個のバッテリ１２ａ～１２ｄは、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのいずれかに割り当てられる。なお、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、附番処理の結果を制御装置１６の制御部４６に通知する。

[0056] ところで、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄにはコンデンサ５２、５６、６８が存在する（図２Ａ～図２Ｃ参照）。そのため、図１０に示すように、電動車両２２が停車し、時点ｔ４でイグニッションスイッチがオフになっても、コンデンサ５２、５６、６８に蓄積された電荷、より詳しくは、均等化ユニット１４とＰＤＵ２０との間に貯まっている電荷によって、一定の電圧が発生する。そこで、例えば、イグニッションスイッチがオンする時点ｔ５から時点ｔ６の時間帯において、制御装置１６の制御部４６は、ステップＳ３で、指令部４８に対して、スイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌを駆動させることで、コンデンサ５２、５６、６８の電荷を放電するディスチャージ処理を実行するよう指示する。これにより、ステップＳ４において、指令部４８は、制御部４６からの指示に基づき、均等化ユニット１４にゲート信号を供給することで、スイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌをオンにする。この結果、時点ｔ５から時点ｔ６の時間帯において、コンデンサ５２、５６、６８の電荷が放電し、出力電圧Ｖ０を０［Ｖ］近傍まで低下させることができる。

[0057] なお、図７では、ステップＳ２後にステップＳ３、Ｓ４のディスチャージ処理を実行する。本実施形態では、イグニッションスイッチのオン（図１０の時点ｔ５）後であって、後述するステップＳ９の処理（時点ｔ７）前に、ディスチャージ処理を実行すればよい。

[0058] ステップＳ５において、バッテリパック内の不図示の電圧センサが第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの電圧（バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４）を検出する。これにより、ステップＳ６において、均等化ユニット１４は、各バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４を把握することができる。なお、図９Ａでは、各電圧センサ

が検出したバッテリ電圧をＶ１ｃａｎ～Ｖ４ｃａｎとして図示している。また、電圧センサの検出結果は、各バッテリパックから制御装置１６に送信される。制御装置１６は、該検出結果をＭＧ－ＥＣＵ１８に転送する。

[0059] ステップＳ７において、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、附番処理の結果と、各バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４の検出結果とに基づき、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対して、どのような充放電制御を行うのかを判断する。この場合、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、附番処理の結果に基づきＮ＝４であると判断し、図６中のＮ＝４での充放電制御の実行を決定する。また、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの中でバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４が最も低い第１バッテリ１２ａを充電側のバッテリ（基準蓄電部）と判断すると共に、残余の第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄを放電側のバッテリ（残余蓄電部）と判断する。そして、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対する充放電制御の開始を制御装置１６に指示する。

[0060] ステップＳ８において、制御装置１６の制御部４６は、ＭＧ－ＥＣＵ１８からの指示に基づき、充放電制御のための制御処理を実行し、指令部４８に対してゲート信号の出力を指示する。これにより、指令部４８は、制御部４６からの指示に基づき、均等化ユニット１４に対するゲート信号の供給を開始する。この結果、ステップＳ９において、均等化ユニット１４では、供給されたゲート信号に基づきスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌが駆動することで、充放電制御（均等化制御）が時点ｔ７から開始される。すなわち、図１０のｔ５～ｔ７の時間帯では、充放電制御に対する初期処理としての図７のステップＳ１～Ｓ８の処理が実行される。

[0061] ステップＳ１０において、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、バッテリパック内の不図示のコンデンサを充電するためのプリチャージ処理の実行を各バッテリパックに指示する。これにより、ステップＳ１１において、各バッテリパックは、ＭＧ－ＥＣＵ１８からの指示に基づき、コンデンサを充電する。なお、ステップＳ１０、Ｓ１１では、各電圧変換器２４ａ～２４ｄのコンデンサ５２、５６、６８の充電も併せて行ってもよい。また、本実施形態では、ステッ

プＳ１０、Ｓ１１の処理を初期処理に含めてもよい。

[0062] ステップＳ１２において、ＭＧ－ＥＣＵ１８は、バッテリパック内の不図示のスイッチング素子のオンを各バッテリパックに指示する。これにより、ステップＳ１３において、各バッテリパックは、ＭＧ－ＥＣＵ１８からの指示に基づき、図１０の時点ｔ８において、スイッチング素子をオンにする。これにより、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄと第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄとが電気的に接続される。この結果、時点ｔ８以降、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄから第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄに電流を流すことが可能となり、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄに対する充放電が実行される。

[0063] その後、電動車両２２のイグニッションスイッチがオフになると、ステップＳ１４において、各バッテリパックのスイッチング素子がオフとなる。この結果、ステップＳ１５において、充放電制御（均等化制御）も停止する。なお、図７中、ステップＳ１、Ｓ７、Ｓ１１、Ｓ１３の処理は、制御装置１６が担ってもよい。

[0064] 図８は、図７の均等化制御の具体的手法を示すフローチャートである。すなわち、図８のフローチャートは、ステップＳ９からステップＳ１５までの時間帯における制御装置１６及び均等化ユニット１４の動作の流れを図示している。

[0065] 先ず、ステップＳ２１において、ＭＧ－ＥＣＵ１８又は制御部４６は、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのうち、最も低いバッテリ電圧のバッテリを充電側のバッテリ（基準蓄電部）に決定する。図９Ａのように、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１（Ｖ１ｃａｎ）が最も低いため、制御部４６は、第１バッテリ１２ａを充電側のバッテリに決定する。なお、図７のステップＳ９からステップＳ１２までは、各バッテリパックのスイッチング素子がオフであるため、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄと第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄとが電気的に接続されていない。この場合、ＭＧ－ＥＣＵ１８又は制御部４６は、各バッテリパック内の不図示の電圧センサが検出

した第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４（Ｖ１ｃａｎ～Ｖ４ｃａｎ）に基づき、第１バッテリ１２ａを充電側のバッテリに決定すればよい。

[0066] 次に、制御部４６は、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１に基づく基準電圧Ｖｒｅｆを設定する。具体的には、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１と、第１バッテリ１２ａに接続される第１電圧変換器２４ａの降圧率Ｒ１とを用いて、下記の（１４）式より基準電圧Ｖｒｅｆを算出する。

Ｖｒｅｆ＝Ｒ１×（最も低いバッテリ電圧（Ｖ１））　（１４）

[0067] 前述のように、デッドタイムＴｄを考慮すると、降圧率Ｒの上限値は０．９６となるため、制御部４６は、例えば、Ｒ１＝０．９４に設定する。次に、制御部４６は、充放電処理で用いる第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４の値（初期値）を基準電圧Ｖｒｅｆに設定し、各バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４の値を揃える。これにより、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの電圧差は、一旦０［Ｖ］になる。

[0068] 次に、ステップＳ１０～Ｓ１３の処理の結果、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄと第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄとが電気的に接続され、第１～第４電圧計測器２８ａ～２８ｄによる第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４の計測と、第１～第４電流計測器２６ａ～２６ｄによる第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の計測とが可能となった場合、ステップＳ２２において、制御部４６は、第１～第４電圧計測器２８ａ～２８ｄから第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４を取得すると共に、第１～第４電流計測器２６ａ～２６ｄから第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を取得する。

[0069] 次のステップＳ２３において、制御部４６は、取得した第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４を用いて、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の電流差を算出する。図１１は、均等化ユニット１４を模式的に図示したブロック図であり、図１２は、制御装置１６及び均等化ユニット１４での充放電制御を図示したブロック線図である。なお、図１２において、「制御対象」とは、均等化ユニット１４

を含む電源システム１０である。また、図１２中、「ｋｐ＋ｋｄｓ」及び「１／ｓ」の各ブロックにおける「ｓ」は、ラプラス変換における複素数の変数である。

[0070] 図１１及び図１２において、制御部４６は、第１バッテリ１２ａを充電側のバッテリ（基準蓄電部）とし、第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄを放電側のバッテリ（残余蓄電部）としている。そのため、制御部４６は、第１電流Ｉ１から第２～第４電流Ｉ２～Ｉ４を減算する。

[0071] 次のステップＳ２４において、制御部４６は、取得した各バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４に基づき、現在の充放電の状態が図６中のどの状態に該当するのかを判定する。この場合、制御部４６は、図６の「３Ｈ１Ｌ」の状態であると判定する。

[0072] 次に、制御部４６は、下記の（１５）式～（１７）式のように、ステップＳ２３で減算した電流差に目標電流Ｉｔａｒ２～Ｉｔａｒ４を加算することで、第１電流Ｉ１と第２～第４電流Ｉ２～Ｉ４との電流差を算出する。なお、（１５）式～（１７）式の電流差ΔＩ２～ΔＩ４は、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄを実際に制御するための目標電流（目標操作電流）である。すなわち、制御部４６は、それぞれの電流差に対して、目標電流Ｉｔａｒ２～Ｉｔａｒ４を各々加算することにより、各目標操作電流ΔＩ２～ΔＩ４を設定することができる。

$$\Delta I2 = I1 - I2 + Itar2 \quad (15)$$

$$\Delta I3 = I1 - I3 + Itar3 \quad (16)$$

$$\Delta I4 = I1 - I4 + Itar4 \quad (17)$$

[0073] 次のステップＳ２５において、制御部４６は、下記の（１８）式～（２０）式のように、ステップＳ２４で算出した目標操作電流（電流差）ΔＩ２～ΔＩ４を用いて、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１と第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ２～Ｖ４との電圧差Ｖｄ１～Ｖｄ３を算出する。なお、（１８）式～（２０）式中、「∫」は、積分記号である。また、ｋｐ、ｋｄは、フィードバック制御での固定係数である。さらに、Δ

Ｉ２ｐ～ΔＩ４ｐは、前回の目標操作電流である。

$$Vd1=\int\{kp\times\Delta I2+kd\times(\Delta I2-\Delta I2p)\} \quad (18)$$

$$Vd2=\int\{kp\times\Delta I3+kd\times(\Delta I3-\Delta I3p)\} \quad (19)$$

$$Vd3=\int\{kp\times\Delta I4+kd\times(\Delta I4-\Delta I4p)\} \quad (20)$$

[0074] 次のステップＳ２６において、制御部４６は、算出された電圧差Ｖｄ１～Ｖｄ３を用いて降圧率Ｒ２～Ｒ４を算出する。指令部４８は、ステップＳ２７において、降圧率Ｒ１～Ｒ４に基づくゲート信号を均等化ユニット１４に出力する。これにより、第１～第４電圧変換器２４ａ～２４ｄのスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌは、供給されたゲート信号に基づいて駆動する。この結果、ステップＳ２８において、図９Ｂに示すような電圧差Ｖｄ１～Ｖｄ３によって第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の電流値が変化する。

[0075] 次のステップＳ２９において、制御部４６は、均等化制御を停止するかどうかを判定する。ステップＳ１５に至っていない場合、制御部４６は、均等化制御の継続を決定し（ステップＳ２９：ＮＯ）、ステップＳ２２に戻り、ステップＳ２２～Ｓ２９の処理を再度実行する。従って、ステップＳ２２～Ｓ２９の処理を繰り返し実行する毎に、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの状態は、図６の「３Ｈ１Ｌ」から「２Ｈ２Ｌ」、「１Ｈ３Ｌ」、「０Ｈ４Ｌ」の状態に順に切り換わる。その後、ステップＳ１５に至った場合、制御部４６は、均等化制御を停止する（ステップＳ２９：ＹＥＳ）。

[0076] 図１３は、図８の制御処理の効果を示すタイミングチャートである。時点ｔ９において目標電流Ｉｔａｒが設定され、該目標電流Ｉｔａｒに基づく電圧差Ｖｄ１によってスイッチング素子４２Ｈ、４２Ｌが駆動することで、第２電流Ｉ２は、時点ｔ９以降、時間経過に伴って、目標電流Ｉｔａｒに向かって速やかに上昇する。この場合、固定係数ｋｐ、ｋｄを適切に設定することで、第２電流Ｉ２が目標電流Ｉｔａｒに収束する時間を早めることができる。なお、図１３において、任意の時点ｔ１０における目標電流Ｉｔａｒと第２電流Ｉ２との差が目標操作電流（電流差）ΔＩ２となる。また、時点ｔ９と時点ｔ１０との間において、目標電流Ｉｔａｒと第２電流Ｉ２とで囲ま

れる部分の面積は、電圧差Ｖｄ１を示している。

[0077] ＜３．３　充放電制御における降圧率Ｒの必要性＞

次に、本実施形態において、降圧率Ｒを考慮する必要性について、図１４～図１６Ｄを参照しながら説明する。図１４は、本実施形態における充放電制御での第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４、各バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４及び降圧率Ｒ１～Ｒ４の時間変化を示すタイミングチャートである。ここでは、図６に示すように、Ｎ＝４であり、時点ｔ１１、ｔ１２、ｔ１３、ｔ１４において、「３Ｈ１Ｌ」→「２Ｈ２Ｌ」→「１Ｈ３Ｌ」→「０Ｈ４Ｌ」の順に、放電側のバッテリと充電側のバッテリとが切り換わる場合について説明する。

[0078] この場合、当初の充電側のバッテリは、第４バッテリ１２ｄであり、第４バッテリ１２ｄに接続される第４電圧変換器２４ｄの降圧率Ｒ４は、Ｒ４＝０．９１に固定されている。そのため、当初は、第１～第３バッテリ１２ａ～１２ｃが放電側のバッテリとなる。

[0079] 先ず、ｔ１１～ｔ１２の時間帯では、第１～第３電流Ｉ１～Ｉ３が放電電流（正の電流）であると共に、第４電流Ｉ４が充電電流（負の電流）である。この結果、時間経過に伴って、第１～第３電圧変換器２４ａ～２４ｃの降圧率Ｒ１～Ｒ３が上昇する。そして、時点ｔ１２において、第２及び第３電圧変換器２４ｂ、２４ｃの降圧率Ｒ２、Ｒ３が０．９６近傍（設定可能な降圧率の上限値）に到達すると、「３Ｈ１Ｌ」から「２Ｈ２Ｌ」に切り換わる。

[0080] これにより、ｔ１２～ｔ１３の時間帯では、第１及び第３バッテリ１２ａ、１２ｃが放電側のバッテリ、第２及び第４バッテリ１２ｂ、１２ｄが充電側のバッテリに切り換わる。すなわち、第１及び第３電流Ｉ１、Ｉ３が放電電流になると共に、第２及び第４電流Ｉ２、Ｉ４が充電電流となる。この結果、時間経過に伴って、第１及び第３電圧変換器２４ａ、２４ｃの降圧率Ｒ１、Ｒ３が上昇する。一方、第２バッテリ１２ｂが充電側のバッテリに切り換わるので、第２電圧変換器２４ｂの降圧率Ｒ２は、第４電圧変換器２４ｄの降圧率Ｒ４（０．９１）にまで低下する。そして、時点ｔ１３において、

第３電圧変換器２４ｃの降圧率Ｒ３が０．９６近傍に到達すると、「２Ｈ２Ｌ」から「１Ｈ３Ｌ」に切り換わる。

[0081] これにより、ｔ１３～ｔ１４の時間帯では、第１バッテリ１２ａが放電側のバッテリ、第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄが充電側のバッテリに切り換わる。すなわち、第１電流Ｉ１が放電電流になると共に、第２～第４電流Ｉ２～Ｉ４が充電電流になる。この結果、時間経過に伴って、第１電圧変換器２４ａの降圧率Ｒ１が上昇する。一方、第３バッテリ１２ｃが充電側のバッテリに切り換わるので、第３電圧変換器２４ｃの降圧率Ｒ３は、第２及び第４電圧変換器２４ｂ、２４ｄの降圧率Ｒ２、Ｒ４（０．９１）にまで低下する。そして、時点ｔ１４において、第１電圧変換器２４ａの降圧率Ｒ１が０．９６近傍に到達すると、「１Ｈ３Ｌ」から「０Ｈ４Ｌ」に切り換わる。この結果、充放電制御が完了する。

[0082] このような充放電制御に降圧率Ｒ（Ｒ１～Ｒ４）の考慮が必要であることは、下記の理由による。図１５に示すように、例えば、第１～第４バッテリ１２ａ～１２ｄの満充電状態でのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４をＶｉ［Ｖ］とし、デッドタイムＴｄに相当する降圧率Ｒ１～Ｒ４の分を０．３１とする。また、バッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４の調整可能範囲（降圧率Ｒ１～Ｒ４の設定可能範囲）を、デッドタイムＴｄを考慮して、０．７５×Ｖｉ［Ｖ］～０．９６×Ｖｉ［Ｖ］（Ｒ１～Ｒ４＝０．７５～０．９６）とする。さらに、基準電圧Ｖｒｅｆを０．９４×Ｖｉ［Ｖ］（Ｒ＝０．９４）とする。

[0083] 本実施形態では、図１６Ａのように、基準となる充電側のバッテリと放電側のバッテリとの電圧差を維持しつつ、放電側のバッテリから充電側のバッテリに電流を流すことにより、該充電側のバッテリを充電する。一例として、図１６Ａでは、「１Ｈ３Ｌ」の状態において、第１バッテリ１２ａを放電側のバッテリとし、第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄを充電側のバッテリとする。そのため、第１電圧変換器２４ａの当初の降圧率Ｒ１は０．８１に設定され、第２～第４電圧変換器２４ｂ～２４ｄの降圧率Ｒ２～Ｒ４は０．９４に設定（固定）されている。また、第１バッテリ１２ａと第２～第４バ

ッテリ１２ｂ～１２ｄとの電圧差は、Ｖｄ［Ｖ］に設定されている。

[0084] この電圧差を維持しつつ、放電側の第１バッテリ１２ａから充電側の第２～第４バッテリ１２ｂ～１２ｄに電流を流すと、図１６Ｂに示すように、第１バッテリ１２ａのバッテリ電圧Ｖ１又はＳＯＣは低下すると共に、降圧率Ｒ１が上昇する。そして、図１６Ｃに示すように、第１電圧変換器２４ａの降圧率Ｒ１が０．９６に到達しても、電圧差を維持しようとすると、該降圧率Ｒ１が０．９６から上昇せず飽和するので、充放電制御が困難となる。この結果、図１６Ｄに示すように、電圧差が却って低下し、第１～第４電流Ｉ１～Ｉ４の目標電流の絶対値も低下する。

[0085] そのため、本実施形態では、図１４に示すように、放電側のバッテリに接続される電圧変換器の降圧率Ｒが、デッドタイムＴｄを考慮した上限値（Ｒ＝０．９６）に到達する前に、放電側のバッテリの個数と充電側のバッテリの個数との組み合わせを変更することで、充放電制御が困難になる状況を回避している。

[0086] ＜３．４　電動車両２２への適用例＞

図１７は、本実施形態に係る電源システム１０を電動車両２２に搭載した場合における車速、電流及びＳＯＣの時間変化を示したタイミングチャートである。この場合、時点ｔ１５前の時間帯に起動した電動車両２２は、時点ｔ１５から時点ｔ１６の時間帯で停車した後、時点ｔ１６から加速走行を行う。その後、電動車両２２は、時点ｔ１７からクルーズ走行を行い、時点ｔ１８から減速走行に変化し、時点ｔ１９で停車する。

[0087] この場合、上述の充放電制御を実施することで、電動車両２２の停車時（ｔ１５～ｔ１６の時間帯、時点ｔ１９以降の時間帯）、及び、クルーズ走行時（ｔ１７～ｔ１８のうち、一部の時間帯）において、放電側のバッテリと充電側のバッテリとの間で充放電が行われる。図１７では、放電側のバッテリから流れる電流及びＳＯＣを破線で、充電側のバッテリに流れ込む電流及びＳＯＣを実線でそれぞれ図示する。

[0088] ［４．本実施形態の効果］

以上説明したように、本実施形態は、充放電可能な複数のバッテリ１２ａ～１２ｄ（蓄電部）と、入力側３４が複数のバッテリ１２ａ～１２ｄに接続され、出力側３６が互いに並列接続され、入力側３４に接続されている複数のバッテリ１２ａ～１２ｄの電圧Ｖ１～Ｖ４を任意の変圧率Ｔｒで変換し、変換した電圧Ｖ０を出力側３６に出力する複数の電圧変換器２４ａ～２４ｄと、複数の電圧変換器２４ａ～２４ｄの入力側３４に接続され、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄから入力側３４に流れる電流Ｉ１～Ｉ４を計測する複数の電流計測器２６ａ～２６ｄとを備える電源システム１０、及び、その制御方法である。

[0089] この場合、電源システム１０は、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄのうち、少なくとも１つのバッテリを充電側のバッテリ（基準蓄電部）に決定し、残余のバッテリを放電側のバッテリ（残余蓄電部）に決定する蓄電部決定部（ＭＧ－ＥＣＵ１８、制御部４６）と、複数の電流計測器２６ａ～２６ｄが計測した電流Ｉ１～Ｉ４に基づいて、放電側のバッテリから流れる電流と充電側のバッテリから流れる電流との電流差を決定する電流差決定部（制御部４６）と、決定した電流差に基づいて、放電側のバッテリに接続される電圧変換器の変圧率Ｔｒを決定する変圧率決定部（制御部４６）とを有する。

[0090] また、電源システム１０の制御方法では、ＭＧ－ＥＣＵ１８又は制御部４６を用いて、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄのうち、少なくとも１つのバッテリを充電側のバッテリに決定し、残余のバッテリを放電側のバッテリに決定するステップ（ステップＳ７）と、制御部４６を用いて、複数の電流計測器２６ａ～２６ｄが計測した電流Ｉ１～Ｉ４に基づいて、放電側のバッテリから流れる電流と充電側のバッテリから流れる電流との電流差を決定するステップ（ステップＳ２３、Ｓ２４）と、制御部４６によって、決定した電流差に基づいて、放電側のバッテリに接続される電圧変換器の変圧率Ｔｒを決定するステップ（ステップＳ２６）とを有する。

[0091] これにより、放電側のバッテリから流れる電流と充電側のバッテリから流れる電流との電流差をフィードバックし、該電流差が小さくなるように、放

電側のバッテリに接続される電圧変換器の変圧率Ｔｒを決定する。この結果、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄが電圧変換器２４ａ～２４ｄを介して互いに並列接続される場合に、バッテリ１２ａ～１２ｄ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１２ａ～１２ｄのバッテリ電圧Ｖ１～Ｖ４又はＳＯＣを均等化することができる。

[0092] この場合、ＭＧ－ＥＣＵ１８又は制御部４６は、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄのうち、最も低い電圧のバッテリを充電側のバッテリに決定し、残余のバッテリを放電側のバッテリに決定する。これにより、放電側のバッテリと充電側のバッテリとを効率よく決定することができる。

[0093] 制御部４６は、充電側のバッテリから流れる電流を放電側のバッテリから流れる電流で減算し、減算後の電流と目標電流Ｉｔａｒとを加算することにより電流差を算出する。このようなフィードバック制御によって、各バッテリ１２ａ～１２ｄから流れる電流が過大になることを回避しつつ、充放電制御を行うことができる。

[0094] また、目標電流Ｉｔａｒは、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄの個数、充電側のバッテリの個数、又は、複数のバッテリ１２ａ～１２ｄから流れる電流の総和に応じて設定された電流値である。これにより、バッテリ１２ａ～１２ｄの個数に応じて目標電流を適切に設定することができる。

[0095] さらに、制御部４６は、電流差に基づいて、充電側のバッテリのバッテリ電圧と放電側のバッテリのバッテリ電圧との電圧差を算出し、算出した電圧差を用いて、放電側のバッテリに接続される電圧変換器の変圧率Ｔｒを決定する。このように、電流差が反映された電圧差を用いて変圧率Ｔｒが決定されるので、各バッテリ１２ａ～１２ｄから流れる電流が過大になることを回避して、バッテリ１２ａ～１２ｄの劣化の発生を効率よく抑えることができる。

[0096] 上記の説明では、主として、降圧率Ｒを用いて電圧変換器２４ａ～２４ｄを制御する場合について説明した。本実施形態では、昇圧率Ｔｒｕを用いた場合でも、電圧変換器２４ａ～２４ｄを好適に制御することができることは

勿論である。

[0097] 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蓄電部（１２ａ～１２ｄ）と、

入力側（３４）が複数の前記蓄電部に接続され、出力側（３６）が互いに並列接続され、前記入力側に接続されている複数の前記蓄電部の電圧（Ｖ１～Ｖ４）を任意の変圧率（Ｔｒ）で変換し、変換した前記電圧（Ｖ０）を前記出力側に出力する複数の電圧変換器（２４ａ～２４ｄ）と、

複数の前記電圧変換器の入力側に接続され、複数の前記蓄電部から前記入力側に流れる電流（Ｉ１～Ｉ４）を計測する複数の電流計測器（２６ａ～２６ｄ）と、

を備える電源システム（１０）において、

複数の前記蓄電部のうち、少なくとも１つの前記蓄電部を充電側の基準蓄電部に決定し、残余の前記蓄電部を放電側の残余蓄電部に決定する蓄電部決定部（１８、４６）と、

複数の前記電流計測器が計測した前記電流に基づいて、前記残余蓄電部から流れる前記電流と前記基準蓄電部から流れる前記電流との電流差を決定する電流差決定部（４６）と、

決定した前記電流差に基づいて、前記残余蓄電部に接続される前記電圧変換器の変圧率を決定する変圧率決定部（４６）と、

をさらに備える、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、

前記蓄電部決定部は、複数の前記蓄電部のうち、最も低い電圧の前記蓄電部を前記基準蓄電部に決定し、残余の前記蓄電部を前記残余蓄電部に決定する、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、

前記電流差決定部は、前記基準蓄電部から流れる電流を前記残余蓄電部から流れる電流で減算し、減算後の前記電流と目標電流（Ｉｔａｒ）とを加算することにより前記電流差を算出する、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、

前記目標電流は、複数の前記蓄電部の個数、前記基準蓄電部の個数、又は、複数の前記蓄電部から流れる前記電流の総和に応じて設定された電流値である、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、

前記変圧率決定部は、前記電流差に基づいて、前記基準蓄電部の電圧と前記残余蓄電部の電圧との電圧差を算出し、算出した前記電圧差を用いて、前記残余蓄電部に接続される前記電圧変換器の変圧率を決定する、電源システム。

[請求項6] 充放電可能な複数の蓄電部（１２ａ～１２ｄ）と、

入力側（３４）が複数の前記蓄電部に接続され、出力側（３６）が互いに並列接続され、前記入力側に接続されている複数の前記蓄電部の電圧（Ｖ１～Ｖ４）を任意の変圧率（Ｔｒ）で変換し、変換した前記電圧（Ｖ０）を前記出力側に出力する複数の電圧変換器（２４ａ～２４ｄ）と、

複数の前記電圧変換器の入力側に接続され、複数の前記蓄電部から前記入力側に流れる電流（Ｉ１～Ｉ４）を計測する複数の電流計測器（２６ａ～２６ｄ）と、

を備える電源システム（１０）の制御方法において、

蓄電部決定部（１８、４６）を用いて、複数の前記蓄電部のうち、少なくとも１つの前記蓄電部を充電側の基準蓄電部に決定し、残余の前記蓄電部を放電側の残余蓄電部に決定するステップ（Ｓ７）と、

電流差決定部（４６）を用いて、複数の前記電流計測器が計測した前記電流に基づいて、前記残余蓄電部から流れる前記電流と前記基準蓄電部から流れる前記電流との電流差を決定するステップ（Ｓ２３、Ｓ２４）と、

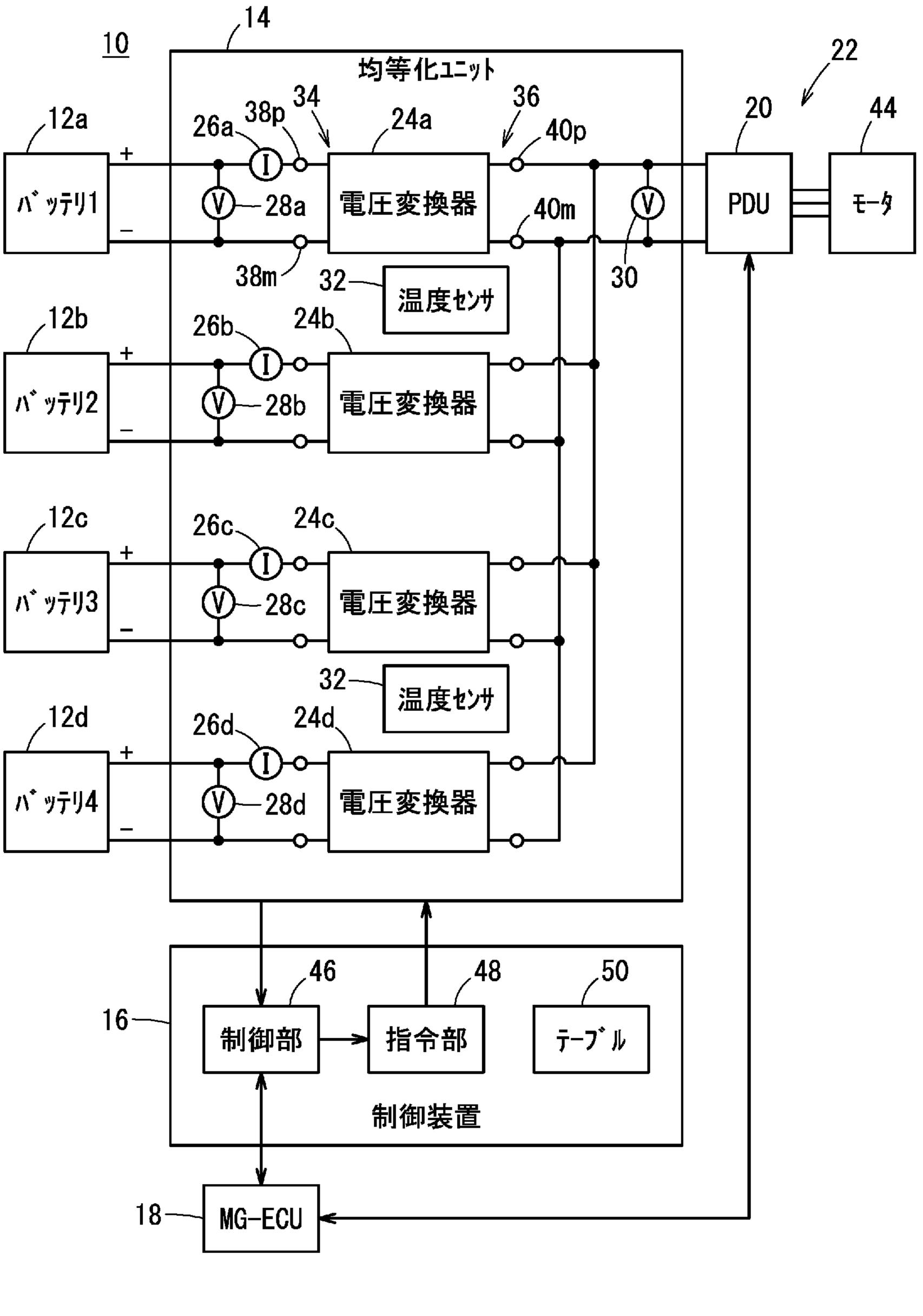
変圧率決定部（４６）を用いて、決定した前記電流差に基づいて、前記残余蓄電部に接続される前記電圧変換器の変圧率を決定するステ

ップ（Ｓ２６）と、

を有する、電源システムの制御方法。

[図1]

FIG. 1


10
14
均等化ユニット
22
12a
バッテリ1
+
−
26a
38p
34
24a
36
40p
20
44
PDU
モータ
V
28a
電圧変換器
40m
30
38m
32
温度センサ
12b
バッテリ2
26b
24b
28b
12c
バッテリ3
26c
24c
28c
12d
バッテリ4
26d
24d
28d
16
制御部
46
指令部
48
テーブル
50
制御装置
18
MG-ECU

[図2]

FIG. 2A

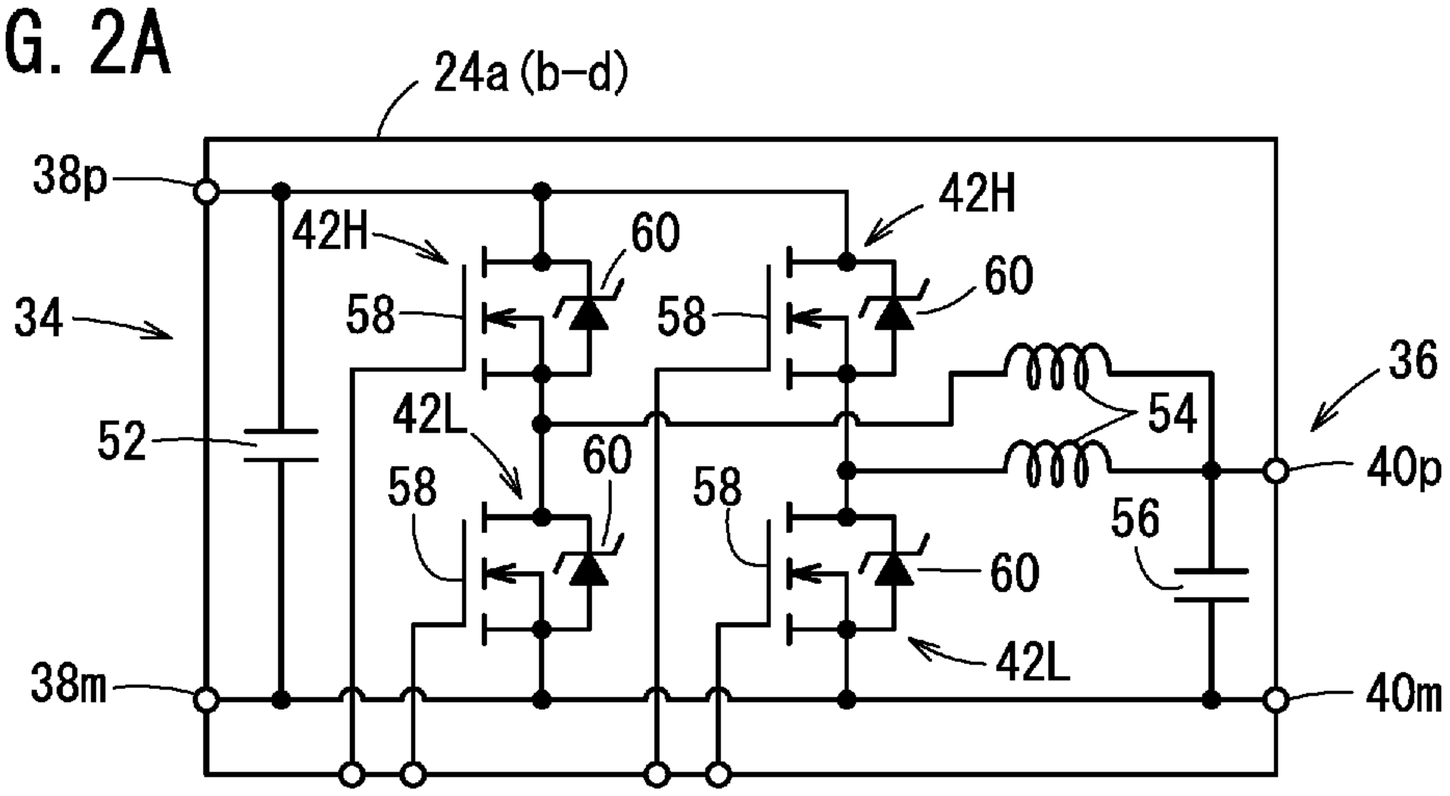


FIG. 2B

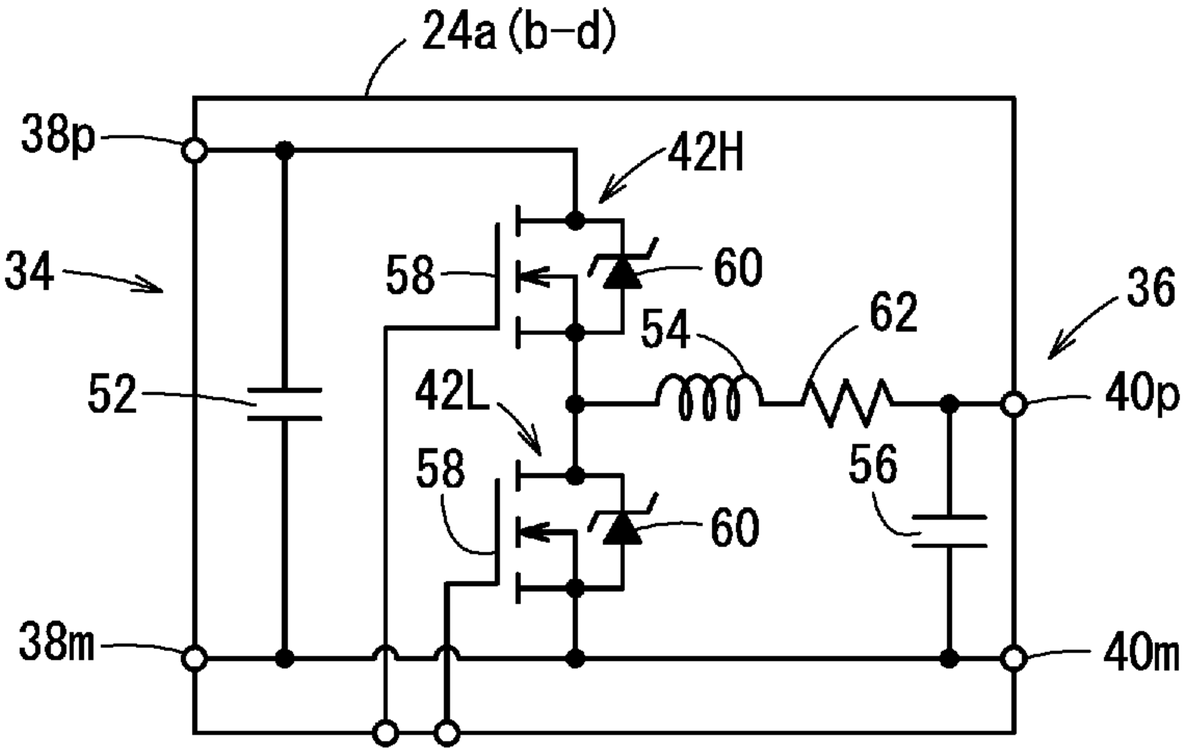
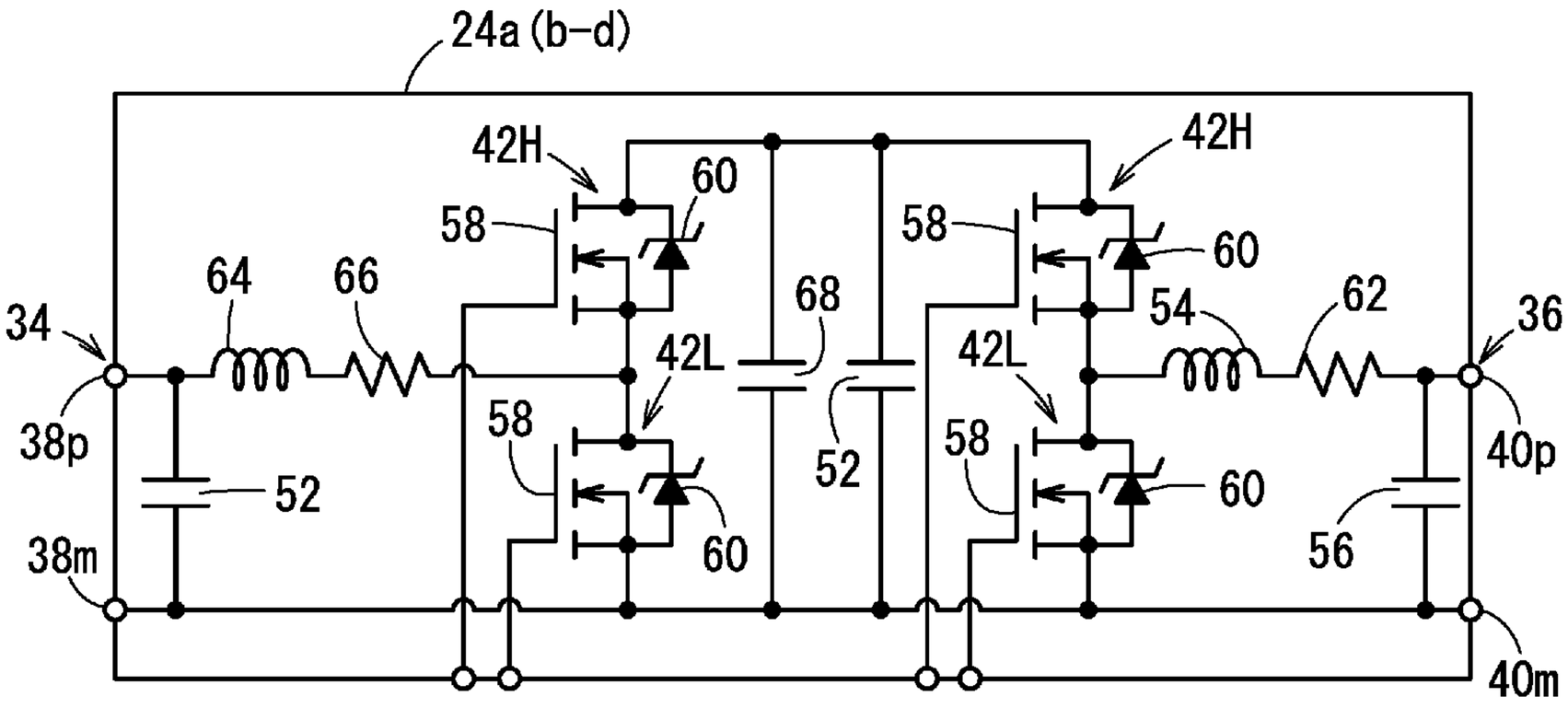


FIG. 2C



[図3]

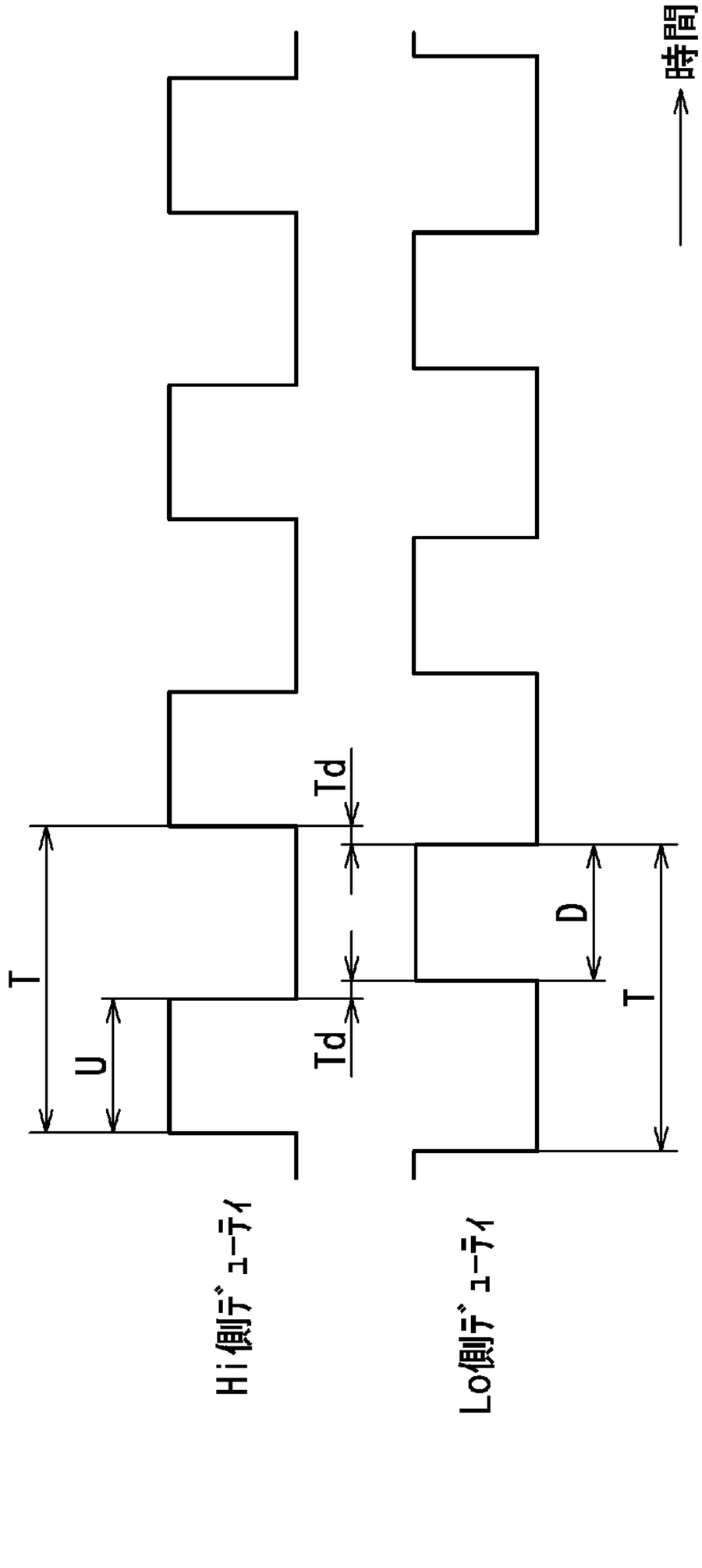
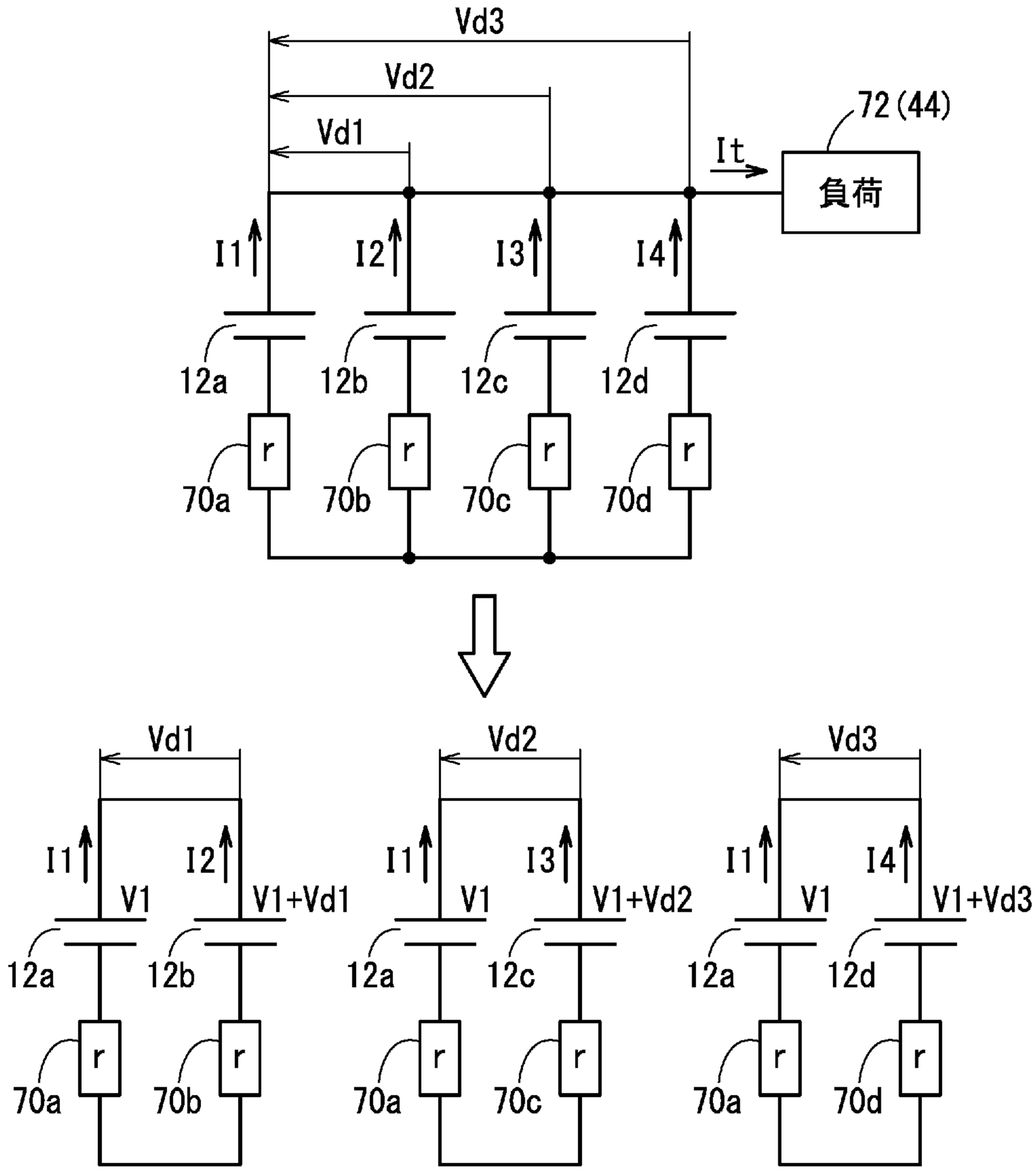


FIG. 3

[図4]

FIG. 4


Vd3
Vd2
Vd1
72 (44)
It
負荷
I1
I2
I3
I4
12a
12b
12c
12d
r
70a
70b
70c
70d
Vd1
Vd2
Vd3
V1
V1+Vd1
V1+Vd2
V1+Vd3

[図5]

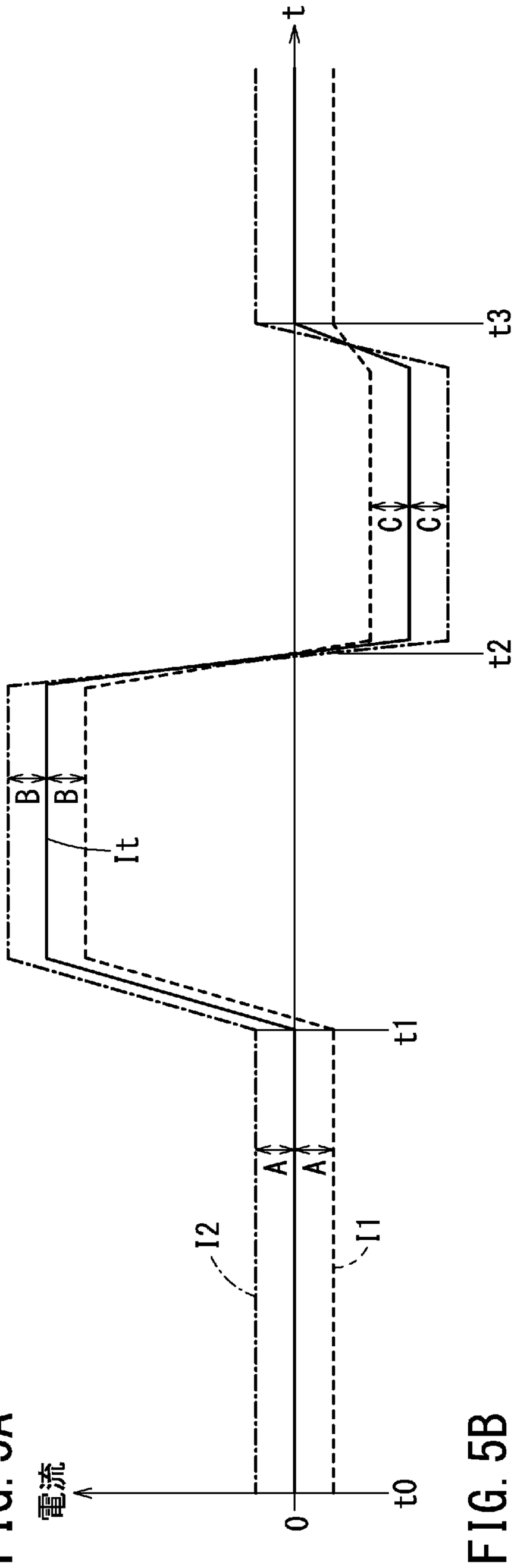


FIG. 5A

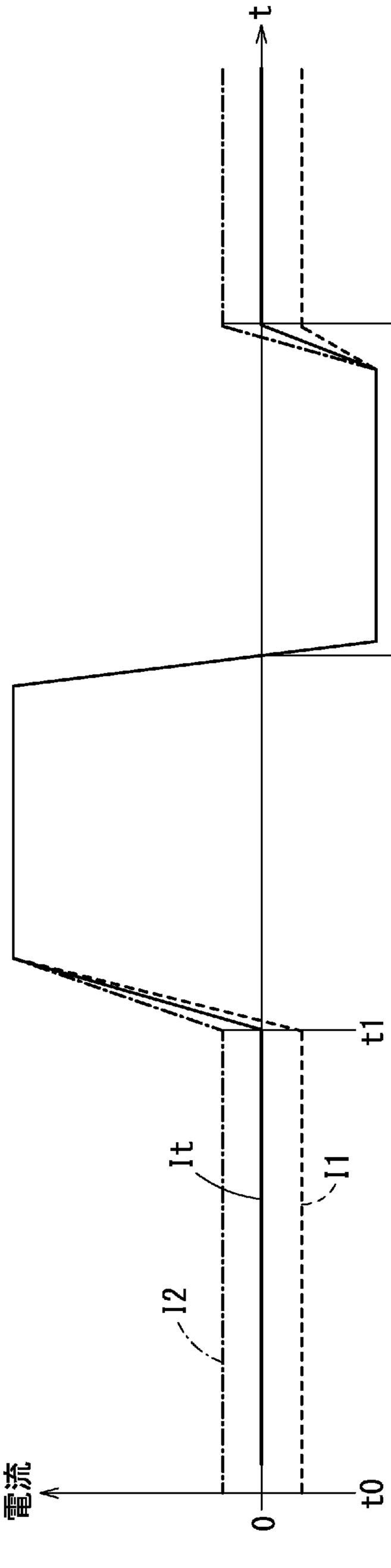


FIG. 5B

[図6]

FIG. 6

バッテリの個数N / 放電側のバッテリの数			
N=4			
3個	3H1L MPP1 Id[A] MPP2 Id[A] MPP3 Id[A] MPP4 0.0[A]	2H1L MPP1 1.125Id[A] MPP2 1.125Id[A] MPP3 0.0[A]	1H2L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]
2個	2H2L MPP1 1.5Id[A] MPP2 1.5Id[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]	1H3L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]	0H4L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]
1個	1H3L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]	0H4L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]	
0個	0H4L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A] MPP4 0.0[A]		
N=3		2H1L MPP1 1.125Id[A] MPP2 1.125Id[A] MPP3 0.0[A]	1H2L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]
2個	2H1L MPP1 1.125Id[A] MPP2 1.125Id[A] MPP3 0.0[A]	1H2L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]	0H3L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]
1個	1H2L MPP1 3.0Id[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]	0H3L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]	
0個	0H3L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A] MPP3 0.0[A]		
N=2		1H1L MPP1 1.5Id[A] MPP2 0.0[A]	0H2L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A]
1個	1H1L MPP1 1.5Id[A] MPP2 0.0[A]	0H2L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A]	
0個	0H2L MPP1 0.0[A] MPP2 0.0[A]		

[図7]

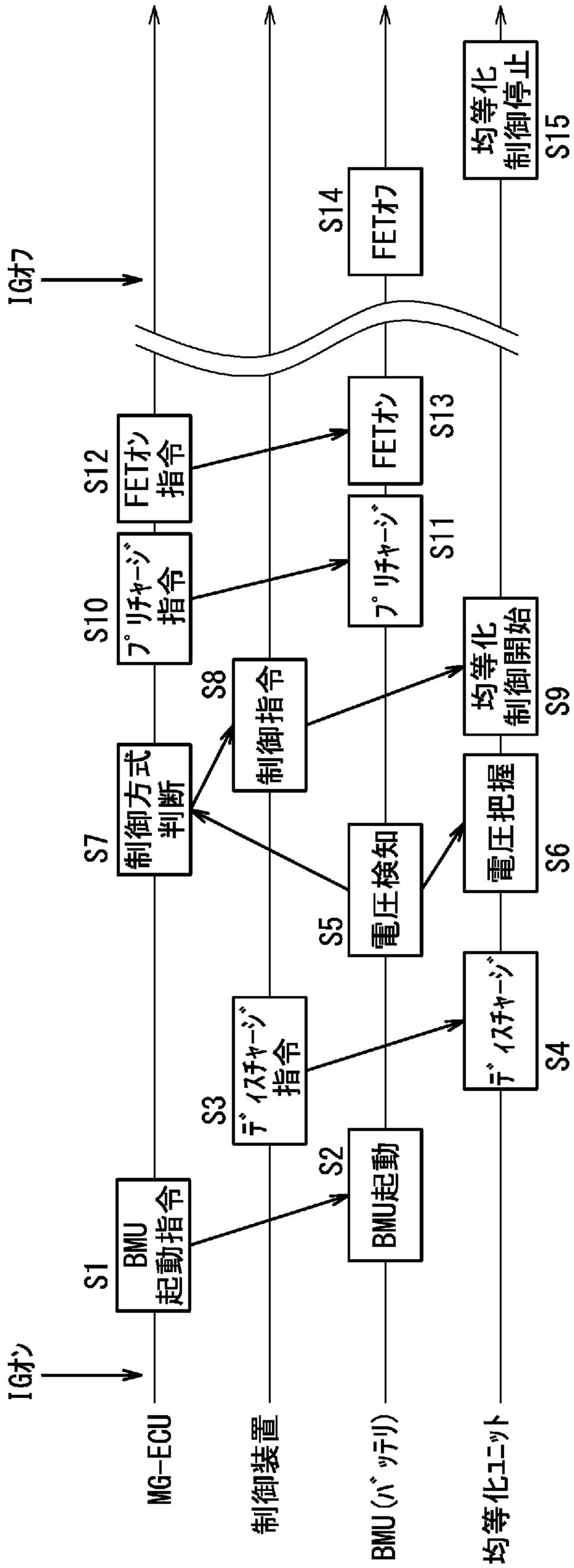
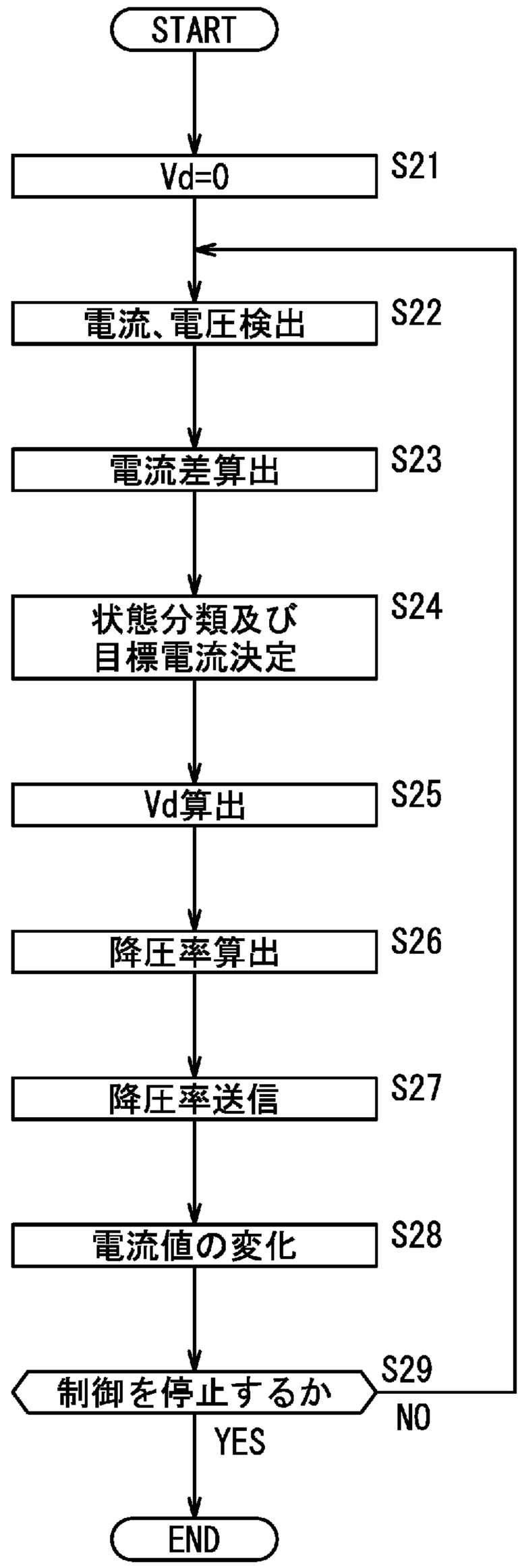

IGオン
S1
BMU
起動指令
S2
BMU起動
S3
ディスチャージ
指令
S4
ディスチャージ
S5
電圧検知
S6
電圧把握
S7
制御方式
判断
S8
制御指令
S9
均等化
制御開始
S10
プリチャージ
指令
S11
プリチャージ
S12
FETオン
指令
S13
FETオン
S14
FETオフ
S15
均等化
制御停止
IGオフ
MG-ECU
制御装置
BMU(バッテリ)
均等化ユニット

FIG. 7

[図8]

FIG. 8


START
Vd=0
S21
電流、電圧検出
S22
電流差算出
S23
状態分類及び
目標電流決定
S24
Vd算出
S25
降圧率算出
S26
降圧率送信
S27
電流値の変化
S28
制御を停止するか
S29
NO
YES
END

[図9]

FIG. 9A

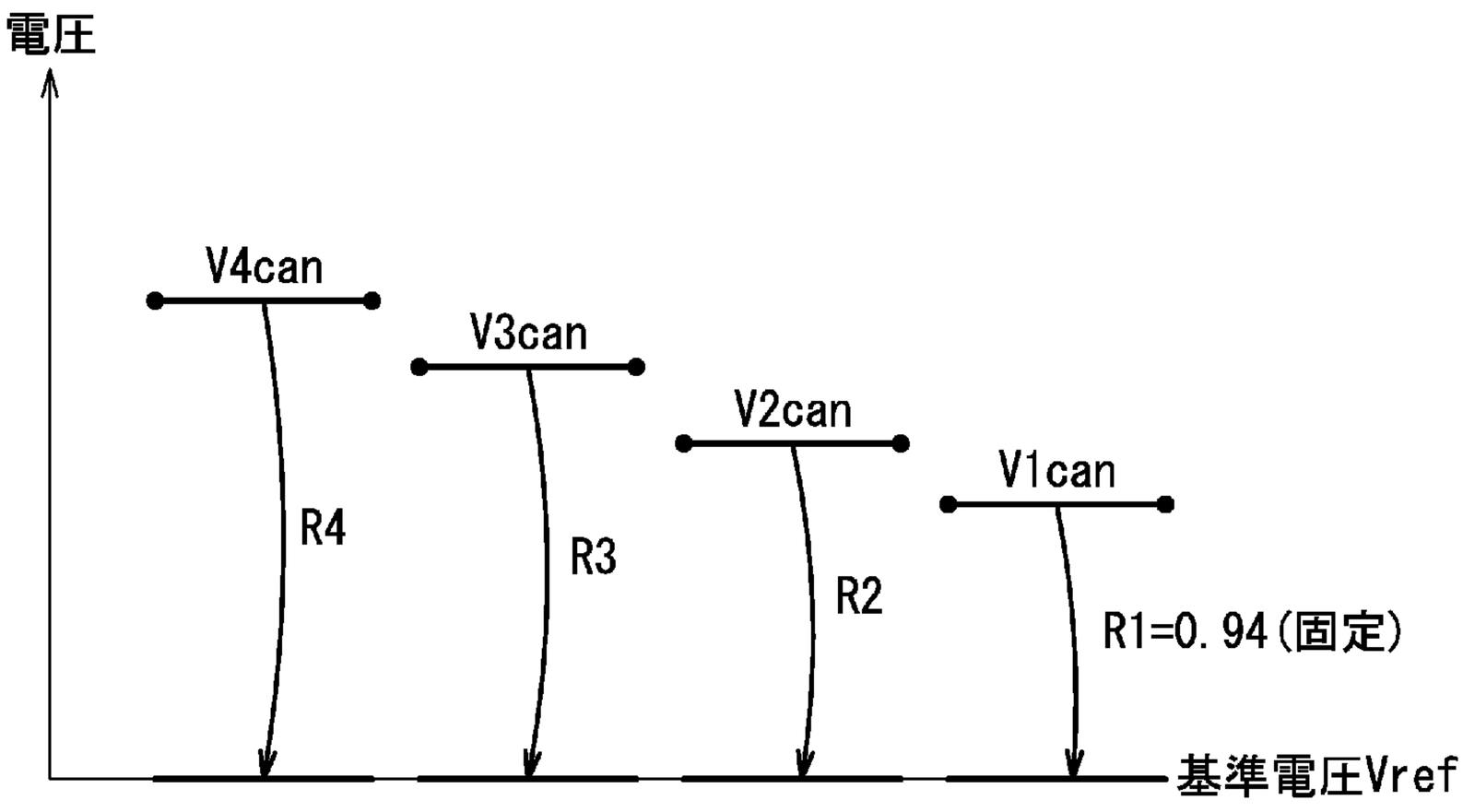
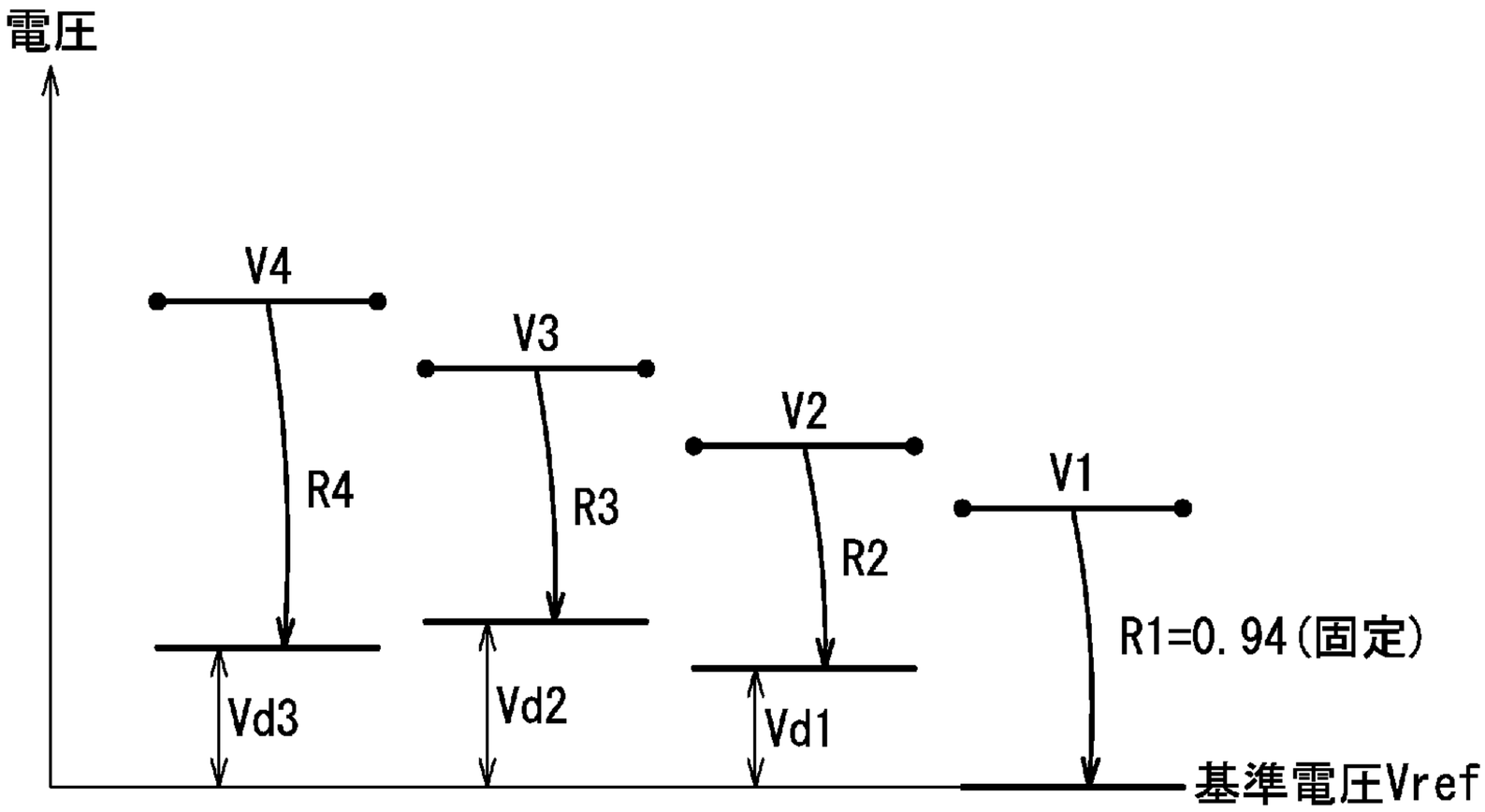
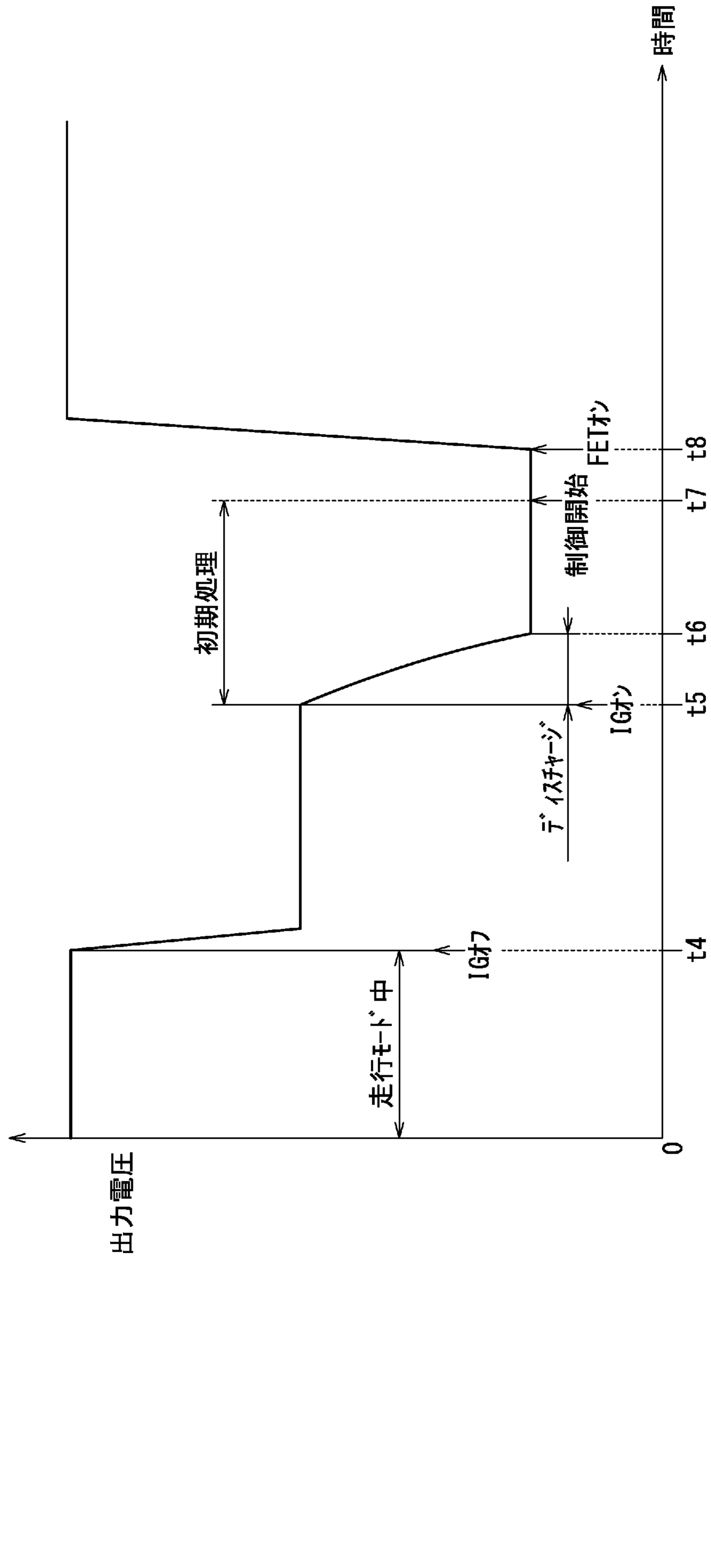


FIG. 9B



[図10]

FIG. 10


出力電圧
時間
0
初期処理
走行モード中
IGオフ
デバイスチャージ
IGオン
制御開始
FETオン
t4
t5
t6
t7
t8

[図11]

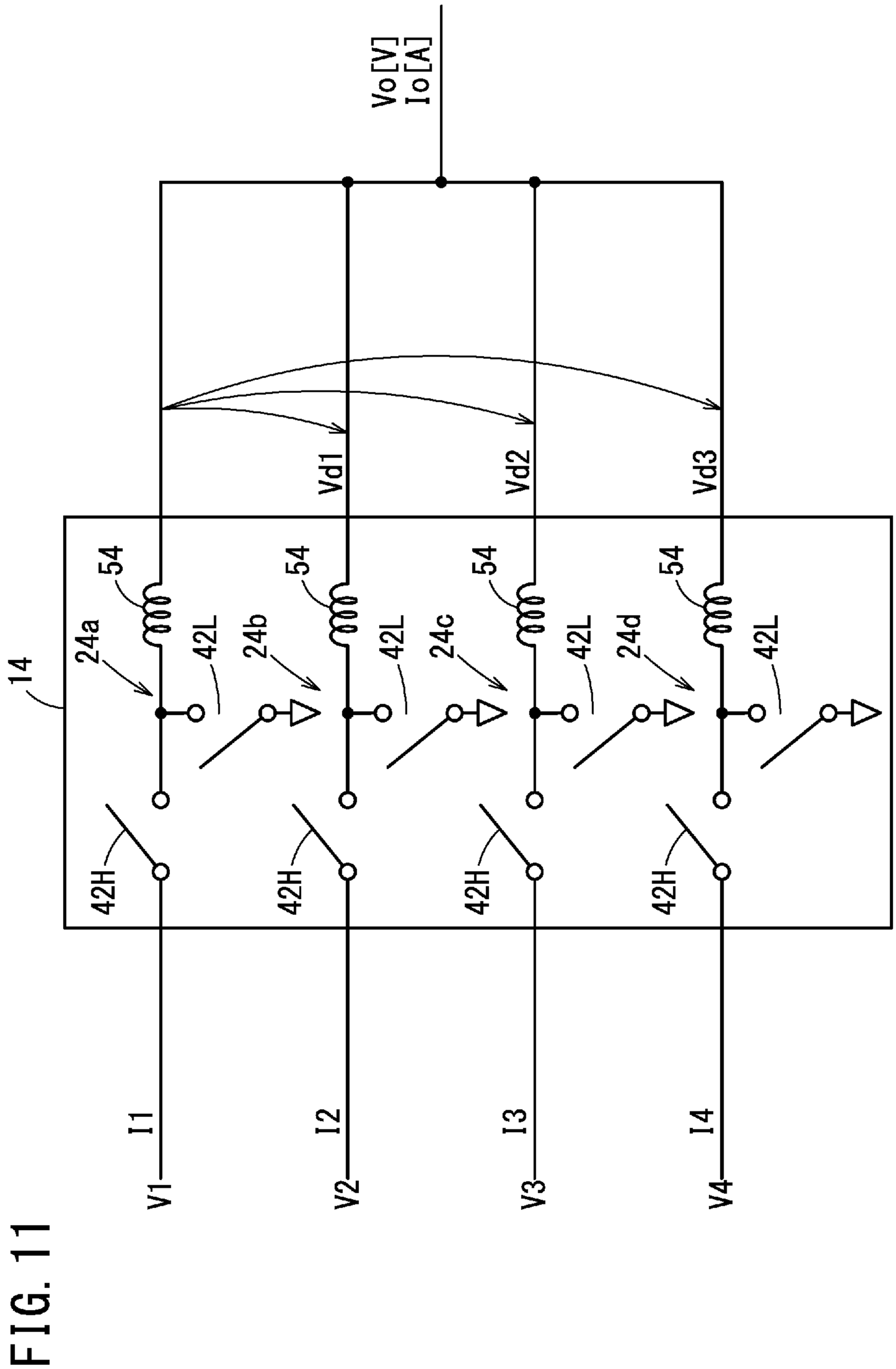

Vo[V]
Io[A]
Vd1
Vd2
Vd3
14
24a
24b
24c
24d
54
42L
42H
I1
I2
I3
I4
V1
V2
V3
V4

FIG. 11

[図12]

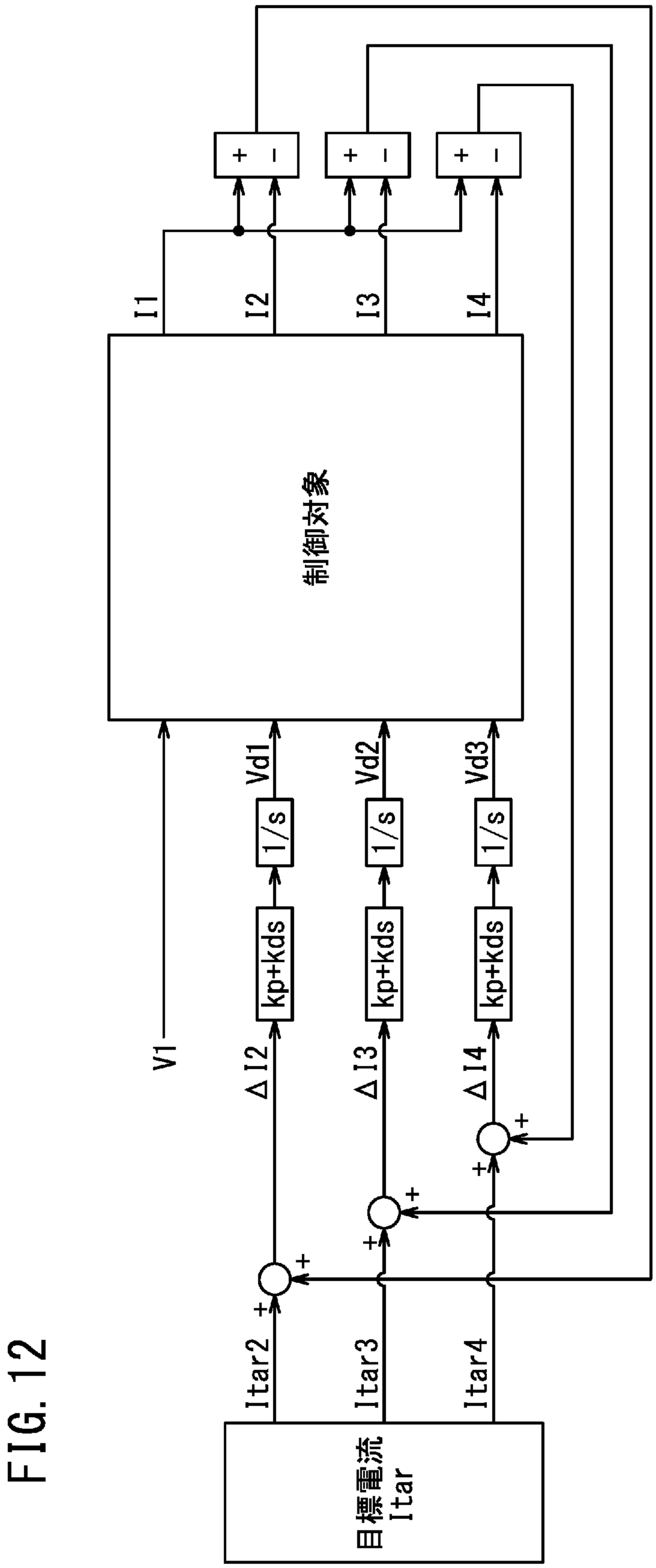
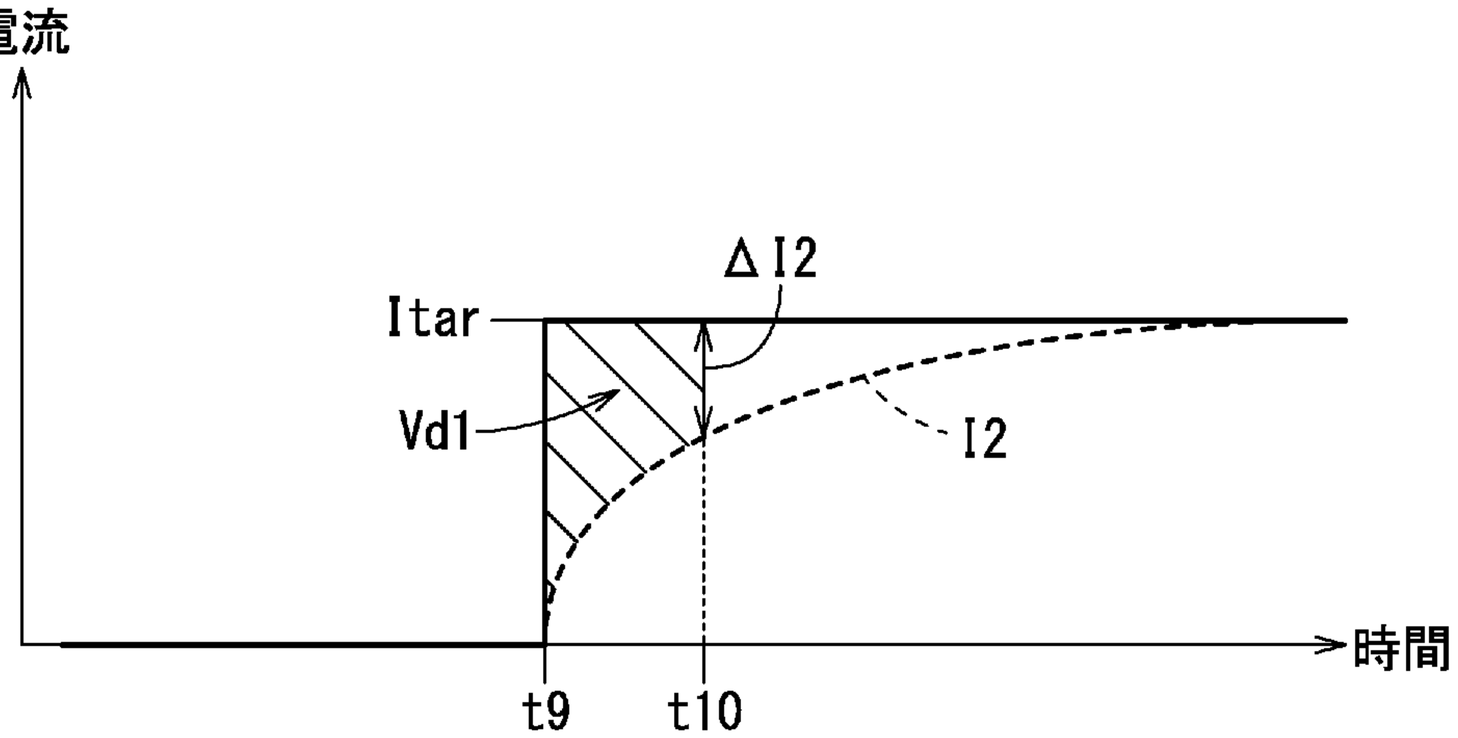

+ −
+ −
+ −
I1
I2
I3
I4
制御対象
Vd1
Vd2
Vd3
1/s
1/s
1/s
kp+kds
kp+kds
kp+kds
V1
Δ I2
Δ I3
Δ I4
+
+
+
+
+
+
Itar2
Itar3
Itar4
目標電流
Itar

FIG. 12

[図13]

FIG. 13



[図14]

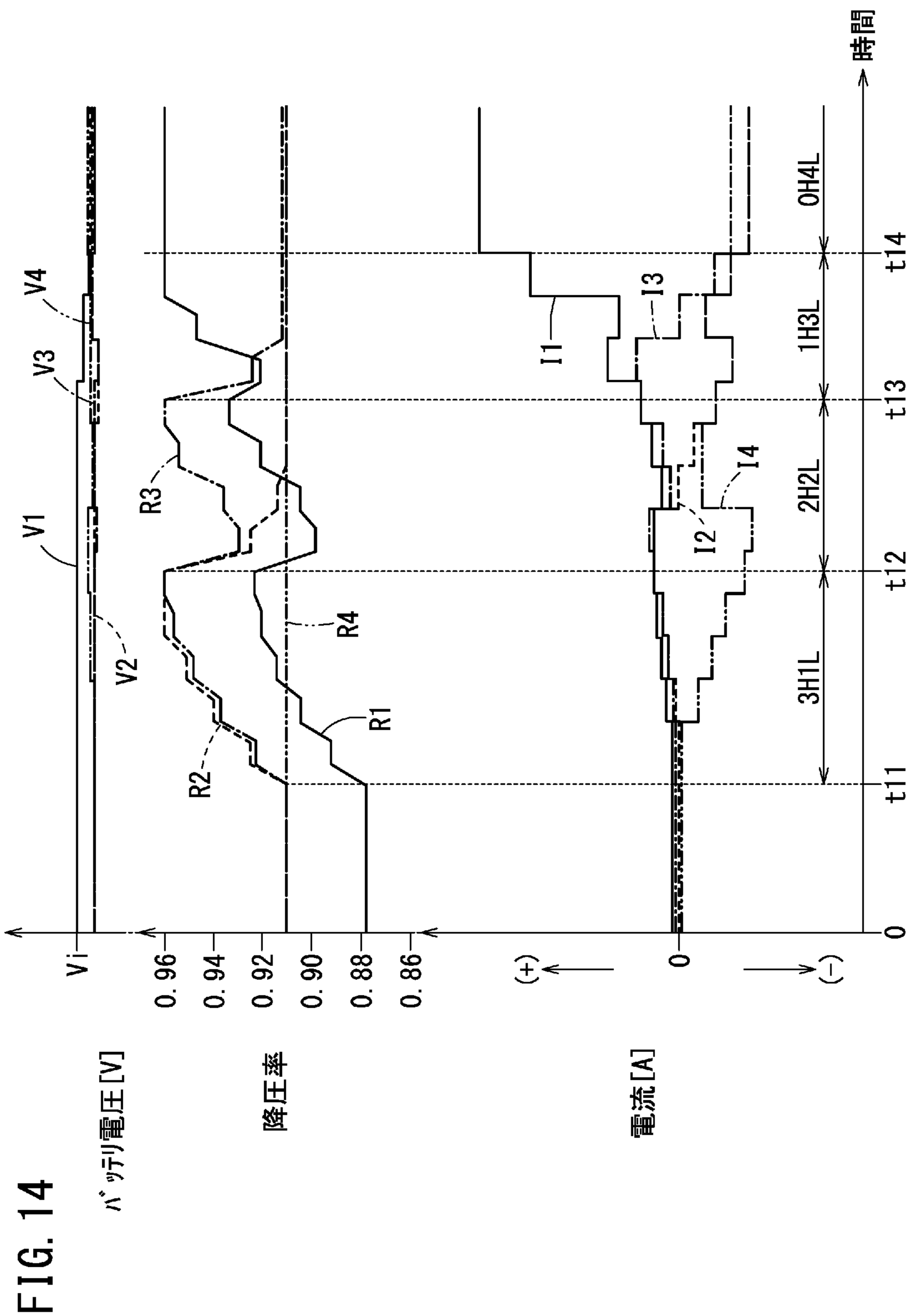

時間
0H4L
1H3L
2H2L
3H1L
t14
t13
t12
t11
0
I1
I3
I2
I4
V4
V3
V1
V2
R3
R4
R1
R2
Vi
0.96
0.94
0.92
0.90
0.88
0.86
(+)
(−)
電流[A]
降圧率
バッテリ電圧[V]

FIG. 14

[図15]

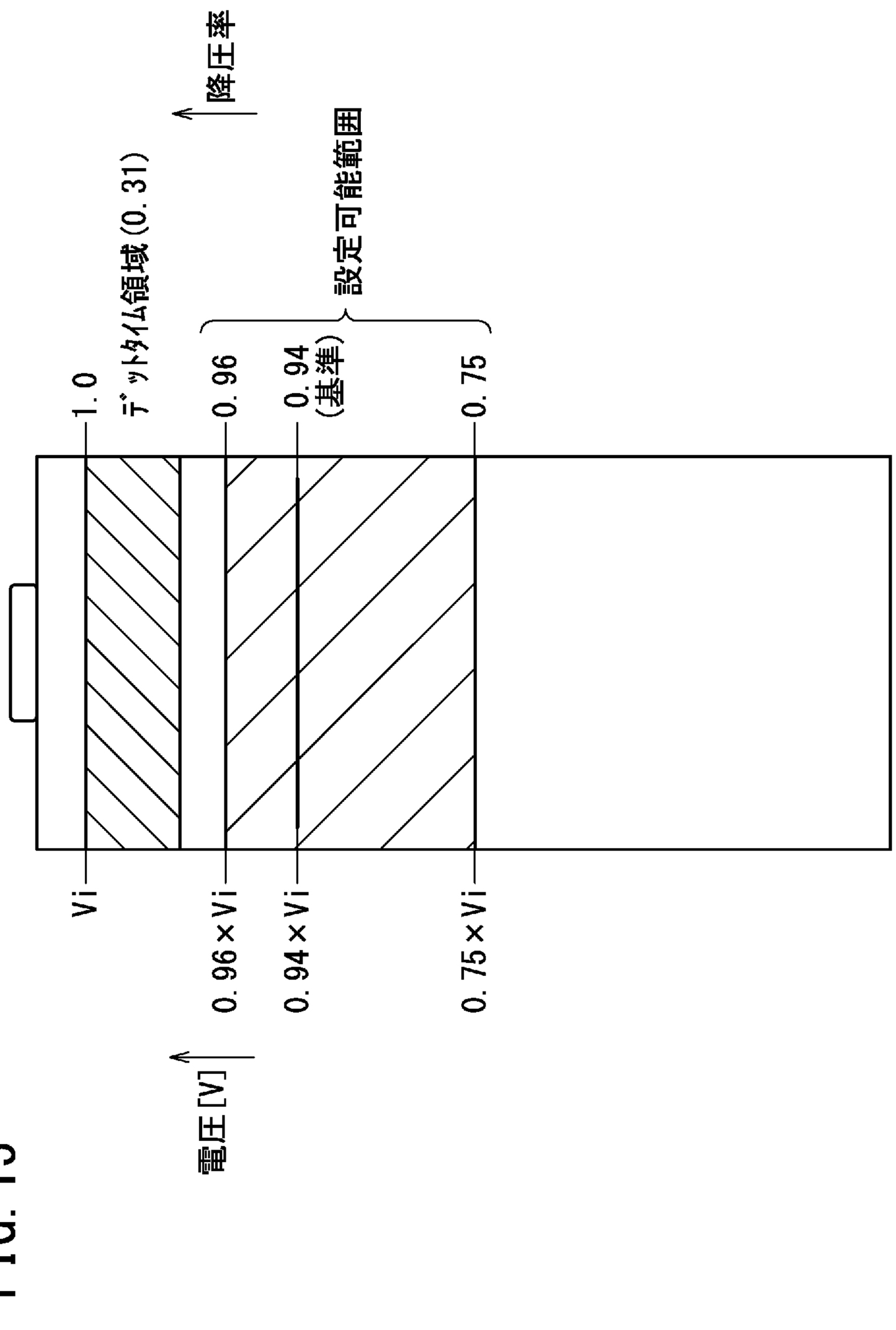

降圧率
1.0
デッドタイム領域(0.31)
0.96
0.94
(基準)
0.75
設定可能範囲
Vi
0.96×Vi
0.94×Vi
0.75×Vi
電圧[V]

FIG. 15

[図16]

FIG. 16A

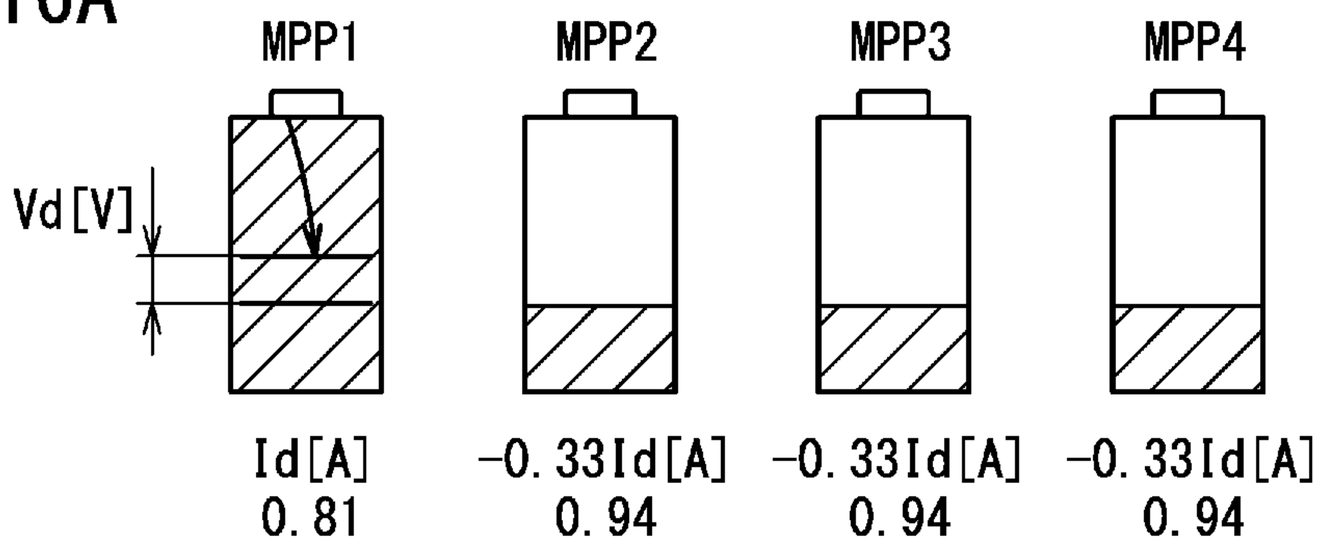


FIG. 16B

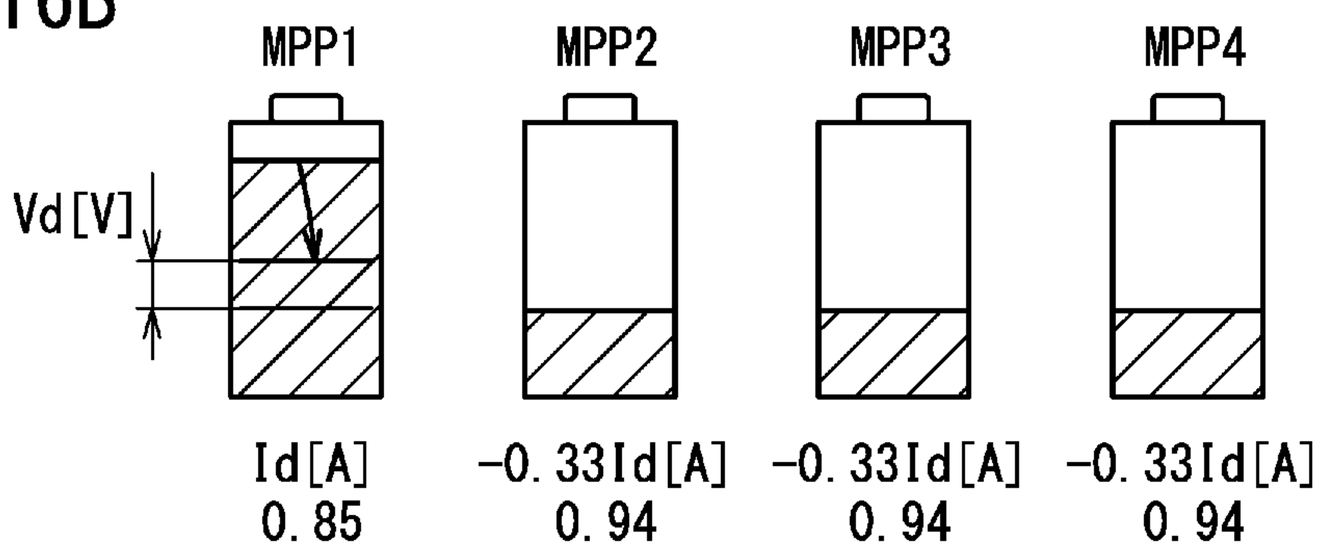


FIG. 16C

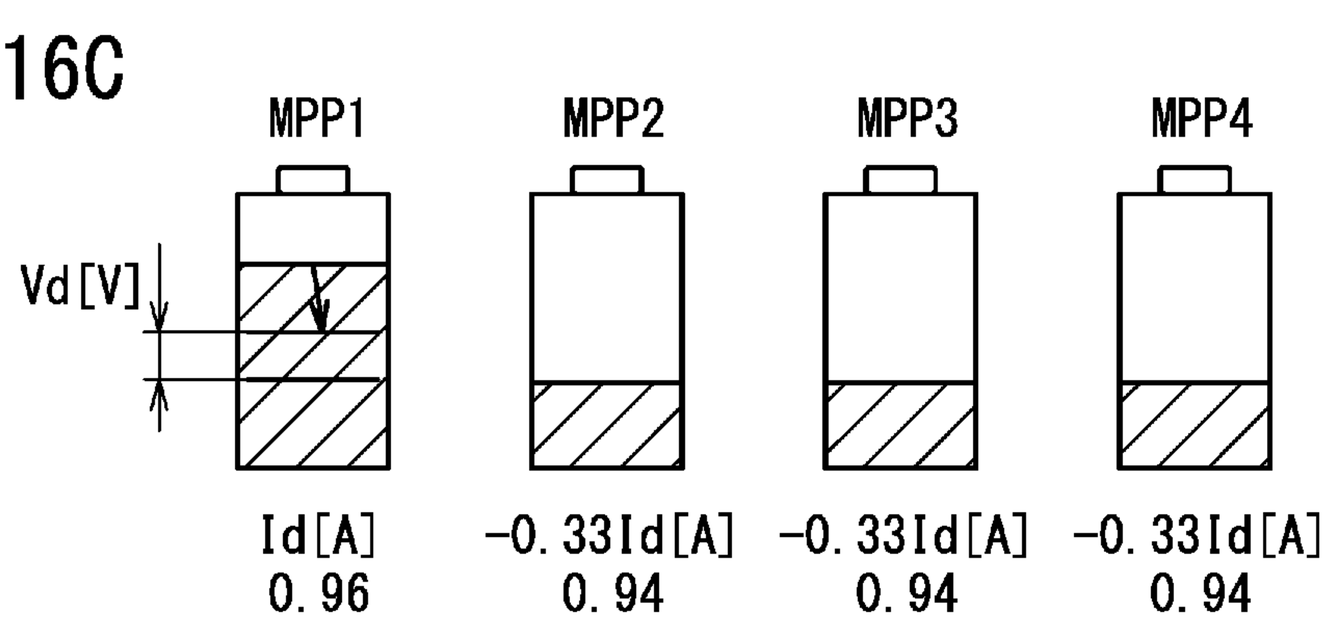
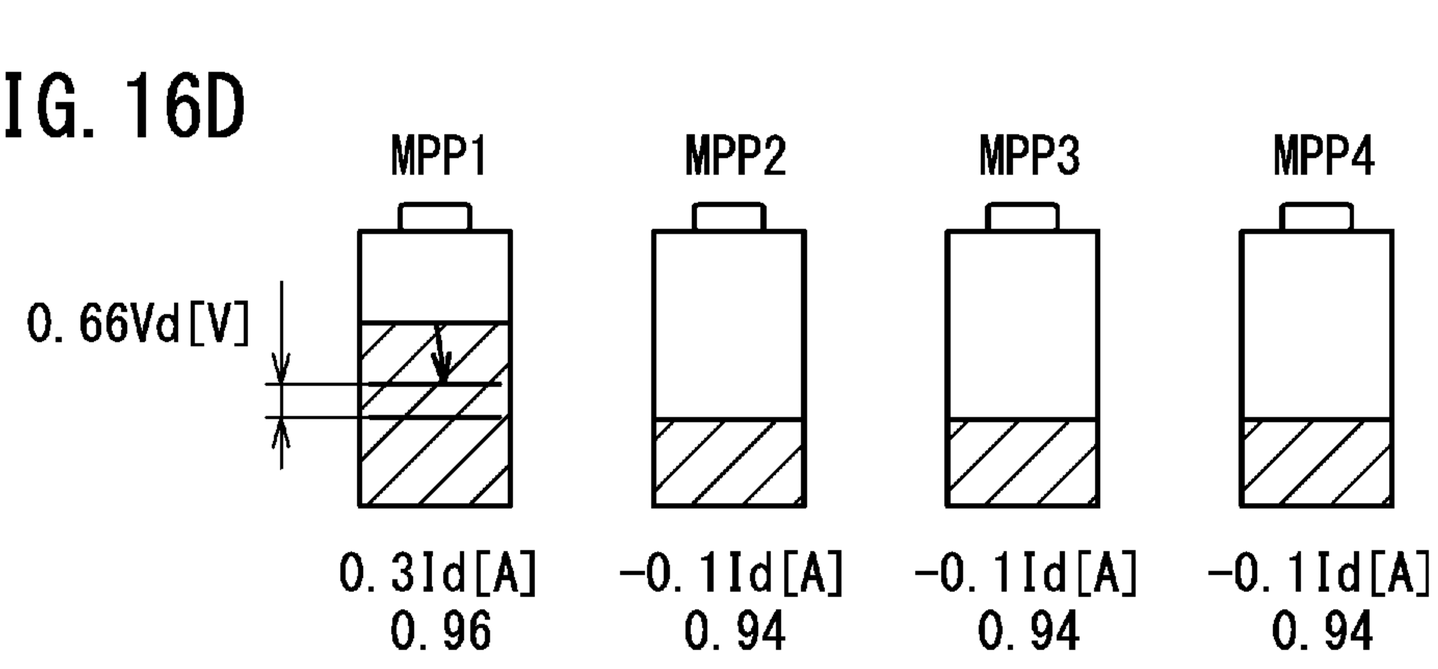


FIG. 16D



[図17]

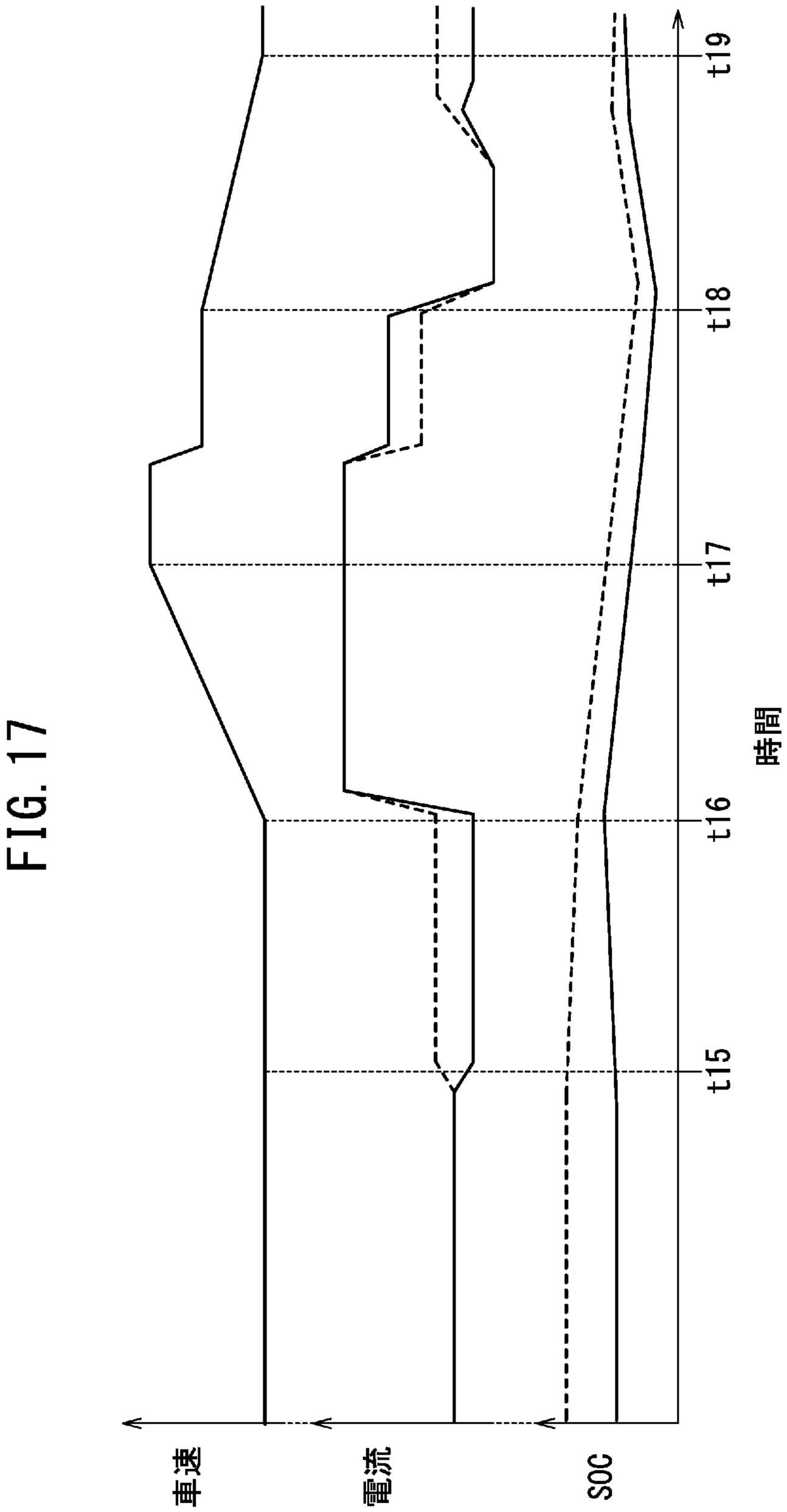


FIG. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/043159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H02J7/02(2016.01)i, H02J7/10(2006.01)i
FI: H02J7/02 J, H02J7/10 H, H02J7/10 P

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. H02J7/02, H02J7/10

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	JP 2019-193475 A (KYOCERA CORP.) 31 October 2019, paragraphs [0010]-[0124], fig. 1-20	1-6
A	JP 2016-063717 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 25 April 2016, paragraphs [0017]-[0045], fig. 1-10	1-6
A	JP 2008-220084 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 18 September 2008, paragraphs [0022]-[0133], fig. 1-10	1-6

☐ 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	Date of mailing of the international search report
14.12.2020	22.12.2020
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/043159

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-193475 A	31.10.2019	(Family: none)	
JP 2016-063717 A	25.04.2016	(Family: none)	
JP 2008-220084 A	18.09.2008	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/043159

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02J 7/02(2016.01)i; H02J 7/10(2006.01)i
FI: H02J7/02 J; H02J7/10 H; H02J7/10 P

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））

H02J7/02; H02J7/10

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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	JP 2019-193475 A (京セラ株式会社) 31.10.2019 (2019-10-31) 段落[0010]-[0124],図1-20	1-6
A	JP 2016-063717 A (住友電気工業株式会社) 25.04.2016 (2016-04-25) 段落[0017]-[0045],図1-10	1-6
A	JP 2008-220084 A (トヨタ自動車株式会社) 18.09.2008 (2008-09-18) 段落[0022]-[0133],図1-10	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリ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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
14.12.2020	22.12.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
大濱　伸也 5T 1210
電話番号 03-3581-1101 内線 3568

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/043159

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-193475 A	31.10.2019	（ファミリーなし）	
JP 2016-063717 A	25.04.2016	（ファミリーなし）	
JP 2008-220084 A	18.09.2008	（ファミリーなし）	