

(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
2011年5月5日(05.05.2011)

PCT



(10) 国際公開番号

WO 2011/052294 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/064999

(22) 国際出願日: 2010年9月2日(02.09.2010)

(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 2009-250263 2009年10月30日(30.10.2009) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社マキタ(Makita Corporation) [JP/JP]; 〒4468502 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 後藤 昌彦(GOTO Masahiko) [JP/JP]; 〒4468502 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株式会社マキタ内 Aichi (JP). 福本 匠章(FUKUMOTO Masaaki) [JP/JP]; 〒4468502 愛知県安城市住吉町3丁目1

1番8号 株式会社マキタ内 Aichi (JP). 楠原 和征(SAKAKIBARA Kazuyuki) [JP/JP]; 〒4468502 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株式会社マキタ内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所(KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅二丁目45番14号 日石名駅ビル7階 Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

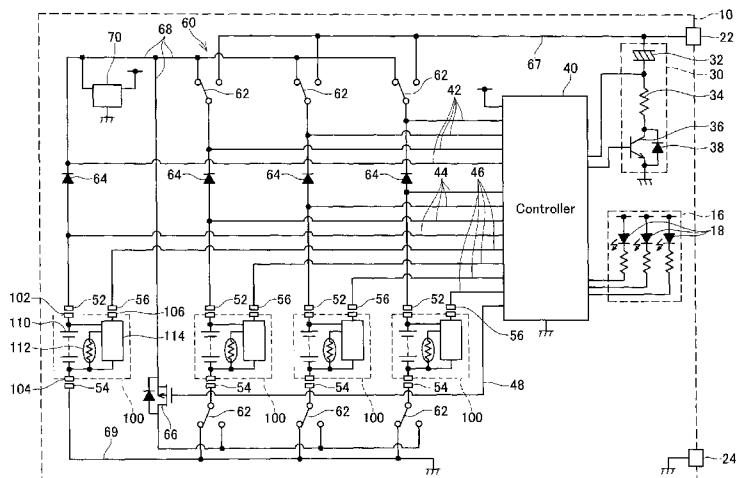
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: POWER SUPPLY DEVICE

(54) 発明の名称: 電力供給装置

[図2]



(57) Abstract: Disclosed is a power supply device that is equipped with a battery mounting unit in which at least three batteries can be mounted and a connection circuit that electrically connects the at least three batteries mounted in the battery mounting unit. The connection circuit is characterized by connecting at least two batteries in parallel and by connecting, in series, the at least one other battery to the at least two batteries that have been connected in parallel. With the power supply device, a large amount of power can be supplied to electrical equipment by connecting the batteries in series, and even more of the power accumulated in the plurality of batteries can be supplied to electrical equipment even if the amount of power remaining in each battery is not substantially the same.

(57) 要約: 電力供給装置は、少なくとも三つのバッテリが取付可能なバッテリ取付部と、バッテリ取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリを電気的に接続する接続回路を備える。接続回路は、少なくとも二つのバッテリを並列に接続するとともに、並列に接続したその少なくとも二つのバッテリに、他の少なくとも一つのバッテリを直列に接続することを特徴とする。この電力供給装置によると、バッテリを直列に接続して電気機器に大電力を供給するとともに、各々のバッテリに残存する電力量が実質的に同一でなくても、複数のバッテリに蓄えられた電力のより多くを電気機器に供給することができる。



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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：電力供給装置

技術分野

[0001] 本発明は、電気機器に電力を供給する装置に関し、特に、複数のバッテリから電気機器に電力を供給する装置に関する。

背景技術

[0002] バッテリを電源とする電気機器が多く利用されている。この種の電気機器では、複数のバッテリを用いることによって、出力の向上や動作時間の延長を図ることができる。即ち、直列に接続された複数のバッテリを用いれば、電気機器の出力を高めることができ、並列に接続された複数のバッテリを用いれば、電気機器の動作時間を長くすることができる。

[0003] 特開2000-308268号公報には、二つのバッテリパックを電源に用いる電動工具が開示されている。この電動工具は、取り付けられた二つのバッテリパックを、直列に接続することもできるし、並列に接続することもできる。従って、電動工具が重作業に使用される場合は、二つのバッテリパックを直列に接続して、電動工具の出力を高めることができ、電動工具が軽作業に使用される場合には、二つのバッテリパックを並列に接続して、電動工具の動作時間を長くすることができる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般的に、複数のバッテリを直列に接続することで、電気機器に大きな電力を供給することが可能となる。しかしながら、複数のバッテリを直列に接続する場合、各々のバッテリが実質的に同一の状態になければ、複数のバッテリに蓄えられた電力を十分に供給することはできない。例えば、各々のバッテリに残存する電力量が均一でないとする。直列に接続された複数のバッテリでは、各々のバッテリに同一の電流が流れ、各々のバッテリが実質的に同一の電力を放電する。従って、残存する電力量が少ないバッテリは、他の

バッテリよりも早期に電力が尽きてしまう。そして、一部のバッテリのみでも電力が尽きてしまうと、他のバッテリにエネルギーが残存していても、直列に接続された複数のバッテリからは、電力を供給することができなくなってしまう。

- [0005] しかしながら、新たに購入しない限り、残存する電力量が実質的に同一である複数のバッテリを用意することは難しい。なお、バッテリが再充電可能なものの（二次電池）であれば、各々のバッテリを予め満充電しておくことで、残存する電力量を複数のバッテリの間で実質的に同一にできることもある。しかしながら、二次電池の充電容量（満充電時の残存電力量）は、その二次電池の使用履歴（使用サイクル、使用期間、経験温度など）に応じて減少する。従って、各々のバッテリを予め満充電しておいても、各々のバッテリが異なる使用履歴を有していれば、残存する電力量には差が生じてしまう。
- [0006] 上記の問題を鑑み、本明細書では、各々のバッテリに残存する電力量が実質的に同一でなくとも、バッテリを直列に接続して電気機器に大電力を供給しつつ、複数のバッテリに蓄えられた電力のより多くを電気機器に供給することができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

- [0007] 本明細書は、複数のバッテリから電気機器に電力を供給する電力供給装置が開示される。この電力供給装置は、少なくとも三つのバッテリが取付可能なバッテリ取付部と、バッテリ取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリを電気的に接続する接続回路を備える。接続回路は、少なくとも二つのバッテリを並列に接続するとともに、並列に接続したその少なくとも二つのバッテリに、他の少なくとも一つのバッテリを直列に接続することを特徴とする。
- [0008] 本明細書でいうバッテリには、バッテリセルに限られず、複数のバッテリセルを内蔵するバッテリパックや組電池も含まれる。また、バッテリは、再充電が可能な二次電池に限られず、再充電が不可能な一次電池であってよい。

- [0009] この装置では、バッテリ取付部に少なくとも三つのバッテリが取り付けられると、少なくとも二つのバッテリが並列に接続され、並列に接続された少なくとも二つのバッテリに、他の少なくとも一つのバッテリが直列に接続される。言い換えれば、少なくとも二つのバッテリが直列に接続され、他の少なくとも一つのバッテリが、直列に接続された二つのバッテリのいずれかに並列に接続される。この接続形態によると、少なくとも二つのバッテリが直列に接続されることで、電気機器に大電力を供給することが可能となり、一部のバッテリが並列に接続されることで、一部のバッテリでは放電する電力を減少させることができる。
- [0010] 例えば、各々のバッテリに残存する電力量が均一でなかったとする。この場合、上記した装置では、残存する電力量が少ないバッテリを他のバッテリと並列に接続し、残存する電力量が多いバッテリを並列に接続したバッテリ群に直列に接続することができる。この場合、残存する電力量が少ないバッテリでは放電される電力が小さくなり、残存する電力量が多いバッテリでは放電される電力が大きくなる。その結果、各々のバッテリに残存する電力量の差が縮小していく。一部のバッテリのみの電力が早期に尽きるといった事態が避けられ、全てのバッテリに蓄えられた電力をより多く電気機器に供給することができる。
- [0011] 前記した接続回路は、バッテリ取付部に取り付けられたバッテリの位置を変更することなく、並列に接続するバッテリの組み合わせを変更可能であることが好ましい。それにより、バッテリ取付部からバッテリを取り外すことなく、バッテリの接続形態を適切に変更することができる。
- [0012] 上記した装置では、バッテリの接続形態を、各々のバッテリに残存する電力量に応じて変更することが好ましい。なお、バッテリに残存する電力量に応じて、バッテリの出力電圧やバッテリの通電電流は変化する。そのことから、バッテリの出力電圧やバッテリの通電電流に応じて、バッテリの接続形態を変更することも好ましい。あるいは、バッテリに残存する電力量は、バッテリの使用履歴に応じて減少していく。そのことから、各々のバッテリの

残存する電力量が不明であっても、各々のバッテリの使用履歴（使用サイクル、使用期間、経験温度など）に応じて、バッテリの接続形態を変更することも好ましい。さらに、バッテリの使用履歴に応じてバッテリの内部抵抗は上昇することから、バッテリの内部抵抗に応じてバッテリの接続形態を変更することも好ましい。また、バッテリはその内部抵抗が高いほど、放電時の発熱量が多くなる。従って、バッテリの温度に応じて、バッテリの接続形態を変更することも好ましい。さらには、バッテリの内部抵抗に限らず、バッテリの劣化状態を示す他の指標に応じて、バッテリの接続形態を変更することも好ましい。

[0013] 上記のように、バッテリの接続形態は、上記した残存する電力量、出力電圧、通電電流、使用履歴、内部抵抗、温度、劣化状態といった各々のバッテリの状態を示す指標に応じて、変更することが好ましい。そのことから、上記した電力供給装置は、バッテリ取付部に取付けられた各々のバッテリの状態を示す指標を少なくとも一つ検出する検出部と、検出部が検出した指標に基づいて、バッテリ取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリを、少なくとも一つのバッテリグループが少なくとも二つのバッテリを含むように、少なくとも二つのバッテリグループにグループ分けするグルーピング処理を実行する処理部を備えることが好ましい。この場合、前記した接続回路は、同一のバッテリグループに区分されたバッテリ同士を並列に接続するとともに、異なるバッテリグループに区分されたバッテリ同士を直列に接続することが好ましい。この電力供給装置によると、各々のバッテリの状態を示す指標に応じて、バッテリの接続形態を自動的に変更することができる。

[0014] 前記した検出部は、少なくとも各々のバッテリに残存する電力量を検出することが好ましい。この場合、処理部は、バッテリグループ毎の合計電力量の間に生じる差が小さくなるように、前記グルーピング処理を実行することが好ましい。具体的には、一例ではあるが、少なくとも2種類のグループ分けについてバッテリグループ毎の合計電力量の間に生じる差を計算し、その差が小さい方のグループ分けを選択することが好ましい。それにより、各々

のバッテリに残存する電力量が均一でない場合でも、一部のバッテリのみの電力が早期に尽くるといった事態を避け、全てのバッテリに蓄えられた電力をより多く電気機器に供給することができる。ただし、グルーピング処理はこの形態に限定されず、残存電力量に基づいてバッテリパックを順位付けし、その順位付けに基づいてグループ分けを行ってもよい。一例を挙げると、例えば三つのバッテリパックの場合であれば、残存電力量が最大のバッテリパックを一つのグループに振り分け、少ない二つのバッテリパックを一つのグループに振り分ければ、バッテリグループ毎の合計電力量の間に生じる差を計算することなく、当該差が最も小さくなるようにグループ分けを行うことができる。

- [0015] バッテリの接続形態が変更される間、前記した接続回路を電気的に切断する遮断器をさらに備えることが好ましい。ここで、遮断器は、有接点のリレーであってもよく、無接点の半導体スイッチであってもよい。このような遮断器が設けられていると、バッテリの接続形態が変更される際に、バッテリ同士が誤って短絡することを防止することができる。
- [0016] 前記した遮断器は、接続回路が形成するバッテリの接続形態にかかわらず、直列に接続される二つのバッテリの間に位置することが好ましい。それにより、バッテリの接続形態がいかに変更される場合でも、バッテリ同士が誤って短絡することを防止することができる。
- [0017] 本明細書で開示される技術によれば、各々のバッテリに残存する電力量が実質的に同一でなくても、バッテリを直列に接続して電気機器に大電力を供給しつつ、複数のバッテリに蓄えられた電力のより多くを電気機器に供給することができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]図1は、実施例の電力供給システムを模式的に示す。
- [0019] [図2]図2は、電力供給システムの電気的構造を示す回路図である。
- [0020] [図3]図3 (a) ~図3 (f) は、電力供給システムで実現可能なバッテリパックの接続形態をそれぞれ示す。

- [0021] [図4A]図4 Aは、図4 Bと共に、電力供給システムの動作を示すフローチャートである。ここで、図4 AのXは図4 BのXに繋がり、図4 AのYは図4 BのYから繋がる。
- [0022] [図4B]図4 Bは、図4 Aと共に、電力供給システムの動作を示すフローチャートである。
- [0023] [図5]図5 (a) は、接続回路が四つのバッテリパックに対して形成する接続形態の一例を示し、図5 (b) は、図5 (a) の接続形態を模式的に示している。
- [0024] [図6]図6 (a) は、接続回路が四つのバッテリパックに対して形成する接続形態の他の一例を示し、図6 (b) は、図6 (a) の接続形態を模式的に示している。
- [0025] [図7]図7は、各々のバッテリパックの通電電流の経時変化を示すグラフである。
- [0026] [図8]図8 (a) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して最初に形成する接続形態の一例を示し、図8 (b) は、図8 (a) の接続形態を模式的に示している。図8 (c) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して形成する変更後の接続形態の一例を示し、図8 (d) は、図8 (c) の接続形態を模式的に示している。
- [0027] [図9]図9 (a) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して最初に形成する接続形態の他の一例を示し、図9 (b) は、図9 (a) の接続形態を模式的に示している。図9 (c) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して形成する変更後の接続形態の他の一例を示し、図9 (d) は、図9 (c) の接続形態を模式的に示している。
- [0028] [図10]図10 (a) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して最初に形成する接続形態の他の一例を示し、図10 (b) は、図10 (a) の接続形態を模式的に示している。図10 (c) は、接続回路が三つのバッテリパックに対して形成する変更後の接続形態の他の一例を示し、図10 (d) は、図10 (c) の接続形態を模式的に示している。

[0029] [図11A]図11Aは、図11Bと共に、実施例2の電力供給システムの動作を示すフローチャートである。ここで、図11AのXは図11BのXに繋がり、図11AのYは図11BのYから繋がる。

[0030] [図11B]図11Bは、図11Aと共に、実施例2の電力供給システムの動作を示すフローチャートである。

[0031] [図12]図12は、六つのバッテリパックに対応する接続回路の構成例を示す。

発明を実施するための形態

[0032] (実施例1)

実施例の電力供給システムについて、図面を参照しながら説明する。図1に示すように、電力供給システムは、電力供給装置10と複数のバッテリパック100を備えている。電力供給装置10は、複数のバッテリパック100が取り付けられ、複数のバッテリパック100から電動工具200に電力を供給する装置である。ここで、電力供給装置10は、電動工具200に限らず、他の電気機器に電力を供給することもできる。また、本実施例の電力供給装置10は電動工具200から独立しているが、電力供給装置10は電力を供給する電気機器へ一体に組込んでもよい。

[0033] 電力供給装置10は、四つのバッテリ取付部12を有している。四つのバッテリ取付部12は、電力供給装置10のハウジングに設けられている。各々のバッテリ取付部12には、バッテリパック100が着脱可能となっている。各々のバッテリパック100は、電動工具用のバッテリパックであり、単独で各種の電動工具にも使用することができる。一例ではあるが、各々のバッテリパック100の出力電圧は実質的に18ボルトである。

[0034] 電力供給装置10は、四つのバッテリ取付部12に取り付けられたバッテリパック100から、電動工具200に電力を供給する。ここで、電力供給装置10は、取り付けられたバッテリパック100の少なくとも一部を直列に接続することによって、バッテリパック100の出力電圧の略二倍の電圧で、電動工具200に電力を供給することができる。即ち、バッテリパック

100の出力電圧が18ボルトであれば、36ボルトの電圧で電動工具200に電力を供給することができる。なお、電力供給装置10は、四つのバッテリパック100を必ずしも必要とせず、少なくとも二つのバッテリパック100が取り付けられれば、略36ボルトの電圧で電動工具200に電力を供給することができる。電力供給装置10によれば、複数のバッテリパック100を用いることにより、一つのバッテリパック100では駆動できない高出力の電動工具200を駆動することができる。

[0035] 電力供給装置10は、バッテリパック100からの電力を出力する出力部14を備えている。出力部14は、電力供給装置10のハウジングに設けられている。電動工具200のコード202が接続可能となっている。電力供給装置10が出力する電力は、コード202を介して電動工具200に供給される。さらに、電力供給装置10は、表示部16を備えている。表示部16は、電力供給装置10のハウジングに設けられている。表示部16は、複数の発光ダイオード18を有しており、複数の発光ダイオード18を選択的に点灯又は点滅させることによって、バッテリパック100に残存する電力量といった各種の情報を表示する。なお、表示部16は、複数の発光ダイオード18に代えて、液晶パネル等の他の表示装置を用いたものでもよい。

[0036] 図2は、電力供給装置10の電気的な構成を示す回路図である。図2は、電力供給装置10に取り付けられた四つのバッテリパック100が併せて示している。最初に、バッテリパック100の電気的な構成について説明する。図2に示すように、バッテリパック100は、複数の電池セル110と、一対のバッテリ出力端子102、104と、感温素子112と、バッテリコントローラ114と、バッテリ通信端子106を備えている。各々の電池セル110は、二次電池セルであり、詳しくはリチウムイオン電池セルである。一対のバッテリ出力端子102、104は、バッテリ正極端子102とバッテリ負極端子104を備えている。

[0037] 一対のバッテリ出力端子102、104は、複数の電池セル110に接続されており、複数の電池セル110からの電力を出力する。感温素子112

は、複数の電池セル 110 の近傍に配置されており、複数の電池セル 110 の温度を測定する。バッテリコントローラ 114 は、複数の電池セル 110 及び感温素子 112 に接続されている。バッテリコントローラ 114 は、演算回路や記憶回路を有しており、複数の電池セル 110 の電圧及び温度を監視している。それにより、バッテリコントローラ 114 は、バッテリパック 100 の使用履歴情報（充電回数及び経験温度を含む）を作成して記憶している。また、バッテリコントローラ 114 は、バッテリパック 100 の型式、定格電圧、定格容量といった製品情報を記憶している。バッテリコントローラ 114 は、バッテリ通信端子 106 に接続されており、バッテリ通信端子 106 を介して、充電器や本実施例の電力供給装置 10 といった外部機器との間で情報通信を行うことができる。

[0038] 次に、電力供給装置 10 の電気的な構成について説明する。図 2 に示すように、電力供給装置 10 は、一対の出力端子 22、24 と、四対のバッテリ接続端子 52、54 と、一対の出力端子 22、24 と四対のバッテリ接続端子 52、54 を電気的に接続する接続回路 60 を備えている。一対の出力端子 22、24 は、正極出力端子 22 と負極出力端子 24 を有している。一対の出力端子 22、24 は、図 1 に示す出力部 14 に設けられており、コード 202 を介して電動工具 200 へ電気的に接続される。

[0039] 四対のバッテリ接続端子 52、54 は、四つのバッテリ取付部 12 にそれぞれ設けられている。即ち、各々のバッテリ取付部 12 には、一対のバッテリ接続端子 52、54 が設けられている。各対のバッテリ接続端子 52、54 は、正極接続端子 52 と負極接続端子 54 を備えている。一対のバッテリ接続端子 52、54 は、バッテリ取付部 12 にバッテリパック 100 が取付けられると、そのバッテリパック 100 の一対のバッテリ出力端子 102、104 に電気的に接続される。それにより、バッテリパック 100 からの直流電力が、一対のバッテリ接続端子 52、54 を介して電力供給装置 10 に供給される。各々のバッテリ接続端子 52、54 から入力された直流電力は、接続回路 60 を介して、一対の出力端子 22、24 から出力される。

[0040] 加えて、各々のバッテリ取付部12には、一つの通信端子56がさらに設けられている。通信端子56は、バッテリ取付部12に取付けられたバッテリパック100のバッテリ通信端子106に電気的に接続される。即ち、バッテリ取付部12にバッテリパック100が取付けられると、バッテリコントローラ114が電力供給装置10へ通信可能に接続される。

[0041] 接続回路60は、高電位接続線67と、中電位接続線68と、低電位接続線69と、六つのリレー62と、四つのダイオード64と、遮断スイッチ66を有している。高電位接続線67は、正極出力端子22に接続されており、低電位接続線69は、負極出力端子24に接続されている。中電位接続線68は、高電位接続線67及び低電位接続線69から独立して設けられている。接続回路60は、リレー62を切り換えることにより、各々の正極接続端子52を、高電位接続線67と中電位接続線68の一方に電気的に接続し、各々の負極接続端子54を、中電位接続線68と低電位接続線69の一方に電気的に接続する。ただし、図2の最も左側に位置する一対のバッテリ接続端子52、54については、リレー62の数を削減するために、正極接続端子52が中電位接続線68へ直接的に接続されており、負極接続端子54が低電位接続線69へ直接的に接続されている。それにより、八つのリレー62を必要とすることなく、六つのリレー62を選択的に切り換えることでき、取り付けられた四つのバッテリパック100の接続形態を変更することができる。

[0042] 各々のダイオード64は、正極接続端子52に接続されており、バッテリパック100に電流が逆流することを防止する。遮断スイッチ66は、中電位接続線68に設けられている。遮断スイッチ66は、必要に応じて接続回路60を電気的に切斷する素子であり、本実施例では電界効果トランジスタ(FET)が用いられている。ここで、各々のリレー62についても、電界効果トランジスタ等の半導体スイッチを用いて構成することができ、それによって接続形態の変更を瞬間的に行うことが可能となる。各々のリレー62は、有接点のリレーであってもよく、無接点の半導体スイッチであってもよ

い。

[0043] 図3に、接続回路60が形成可能な複数のバッテリパック100の接続形態を示す。図3(a)に示すように、二つのバッテリパック100が取付けられた場合、接続回路60は、二つのバッテリパック100を直列に接続する。一方、図3(b)～(f)に示すように、少なくとも三つのバッテリパック100が取付けられた場合、接続回路60は、少なくとも二つのバッテリパック100を並列に接続するとともに、並列に接続したその少なくとも二つのバッテリパック100に、他の少なくとも一つのバッテリパック100を直列に接続する。いずれの接続形態においても、直列に接続された二つのバッテリパック100が存在することから、電力供給装置10は、バッテリパック100単体の出力電圧の二倍の電圧（本実施例では36ボルト）で、電動工具200に電力を供給することができる。

[0044] 図3(a)～(f)に示す接続形態は全て、実質的に同一の電圧（36ボルト）で電動工具200に電力を供給することになる。しかしながら、各々のバッテリパック100に流れる電流は、接続形態に応じて様々に変化する。例えば図3(a)の接続形態の場合、上段に位置する一つのバッテリパック100と下段に位置する一つのバッテリパック100には実質的に同一の電流が流れ、各々のバッテリパック100が実質的に同一の電力を放電する（即ち、単位時間あたりに放電する電力量が略等しい）。ここで、例えば上段に位置するバッテリパック100の残存電力量が100パーセント（容量に対する比率）であり、下段に位置するバッテリパック100の残存電力量が50パーセントであるとする。この場合、下段に位置するバッテリパック100は早期に電力が尽きてしまい、その時点で、上段に位置するバッテリパック100に50パーセントの電力量が残っていても、直列に接続された二つのバッテリパック100は電力を供給できなくなる。即ち、用意した二つのバッテリパック100に合計150パーセントの電力量（満充電したバッテリパック100の1.5個分）が残存していても、結果的には100パーセントの電力量（満充電したバッテリパックの一つ分）しか供給すること

ができない。このように、二つのバッテリパック100のみで電力を供給する場合、二つのバッテリパック100の残存電力量が実質的に同一でなければ、バッテリパック100に蓄えられた電力を十分に供給することができない。

[0045] それに対して、例えば図3（b）の接続形態の場合、上段に位置するバッテリパック100には大きな電流が流れ、下段に位置する二つのバッテリパック100には小さな電流が流れる。従って、上段に位置するバッテリパック100と下段に位置する二つのバッテリパック100の間で、各々のバッテリパック100が放電する電力（単位時間あたりに放電する電力量）が相違する。簡単に言えば、上段に位置するバッテリパック100に対して、下段に位置する各々のバッテリパック100が放電する電力は実質的に半分となる。ここで、例えば上段に位置するバッテリパック100の残存電力量が100パーセント、下段に位置する各々のバッテリパック100の残存電力量が50パーセントであるとする。この場合、上段に位置するバッテリパック100に対して、下段に位置する各々のバッテリパック100は、実質的に半分の電力を放電する。その結果、三つのバッテリパック100は、実質的に同じタイミングで電力が尽きることになり、蓄えたすべての電力を放電し終えることができる。即ち、用意した三つのバッテリパック100に残存した合計200パーセントの電力量（満充電したバッテリパックの二つ分）の全てを電動工具200に供給することができる。先の段落で説明した図3（a）の接続形態の場合と比較して、残存電力量が50パーセントのバッテリパック100を一つ追加しただけで、満充電したバッテリパックの一つ分に相当する電力をより多く供給することができる。

[0046] 上記のように、本実施例の電力供給装置10では、少なくとも三つのバッテリパック100を、並列接続と直列接続を組み合せて接続することができる。それにより、電動工具200に高電圧で電力を供給することができるとともに、それらのバッテリパック100の残存電力量が均一でない場合でも、バッテリパック100に蓄えられた電力をより多く供給することができる

。接続形態の変更はリレー 6 2 によって行われるので、ユーザはバッテリ取付部 1 2 に取付けたバッテリパック 1 0 0 の位置を変更する必要がない。さらに、本実施例の電力供給装置 1 0 では、後述するように、取付けられたバッテリパック 1 0 0 の残存電力量を検出し、適切な接続形態を自動的に形成することができる。

- [0047] 加えて、図 3 (a) ~ (f) に示すように、接続回路 6 0 は、いずれの接続形態を形成する場合でも、互いに直列に接続されるバッテリパック 1 0 0 の間に、遮断スイッチ 6 6 を介在させることができる。それにより、接続形態の変更時には、遮断スイッチ 6 6 をオフ（開放）させることで、バッテリパック 1 0 0 の短絡を確実に防止することができる。
- [0048] 続いて、電力供給装置 1 0 の他の構成について説明する。図 2 に示すように、電力供給装置 1 0 は、工具スイッチ検知部 3 0 と、バックアップ電源部 7 0 と、メインコントローラ 4 0 を備えている。
- [0049] メインコントローラ 4 0 は、マイクロコンピュータを用いて構成されており、演算回路や記憶回路を有している。接続回路 6 0 の各リレー 6 2 に接続されており、六つのリレー 6 2 を選択的に切り換えることができる。また、メインコントローラ 4 0 は、電圧検出ライン 4 2 、 4 4 を介して接続回路 6 0 に接続されており、電圧検出ライン 4 2 、 4 4 の電圧に基づいて、各バッテリパック 1 0 0 の出力電圧、通電電流、残存電力量、内部抵抗を検出することができる。例えば、メインコントローラ 4 0 は、電圧検出ライン 4 4 の電圧に基づいて、各バッテリパック 1 0 0 の出力電圧を検出することができる。そして、メインコントローラ 4 0 は、検出した出力電圧に基づいて、各バッテリパック 1 0 0 の残存電力量を算出することができる。また、メインコントローラ 4 0 は、電圧検出ライン 4 2 と電圧検出ライン 4 4 の電圧差に基づいて、バッテリパック 1 0 0 の通電電流を検出することができる。ここで、電圧検出ライン 4 2 と電圧検出ライン 4 4 の間には、バッテリパック 1 0 0 の通電電流に応じてダイオード 6 4 による電圧差が生じる。さらに、メインコントローラ 4 0 は、検出したバッテリパック 1 0 0 の出力電圧及び通

電電流に基づいて、バッテリパック 100 の内部抵抗を算出することができる。

- [0050] メインコントローラ 40 は、表示部 16 の各発光ダイオード 18 に接続されており、三つの発光ダイオード 18 を選択的に点灯又は点滅させることができる。メインコントローラ 40 は、接続回路 60 の遮断スイッチ 66 に接続されており、遮断スイッチ 66 をオンオフすることができる。メインコントローラ 40 は、各々の通信端子 56 に接続されており、バッテリパック 100 のバッテリコントローラ 114 と通信可能に接続される。それにより、メインコントローラ 40 は、バッテリコントローラ 114 に記憶された使用履歴情報や製品情報を読み取ることができる。
- [0051] バックアップ電源部 70 は、バッテリパック 100 から電力供給を受け、メインコントローラ 40 に電力を供給する。バックアップ電源部 70 は、コンデンサや二次電池といった蓄電部を有しており、バッテリパック 100 が取り付けられていない状態でも、メインコントローラ 40 に電力を供給することができる。なお、初期状態で各々のリレー 62 を図 2 に示すように切り換えておけば、いずれかのバッテリ取付部 12 に少なくとも一つのバッテリパック 100 が取り付けられた時点で、バックアップ電源部 70 への電力供給が開始される。この場合、バックアップ電源部 70 は、蓄電部を必ずしも必要としない。

- [0052] 工具スイッチ検知部 30 は、コンデンサ 32、抵抗 34、トランジスタ 36、ダイオード 38 を用いて構成されている。コンデンサ 32 と抵抗 34 とトランジスタ 36 は、直列に接続されている。ダイオード 38 は、トランジスタ 36 に逆極性となる向きで並列に接続されている。工具スイッチ検知部 30 は、一対の出力端子 22、24 及びメインコントローラ 40 に接続されている。メインコントローラ 40 は、コンデンサ 32 の電圧を検知とともに、トランジスタ 36 の動作を制御することができる。メインコントローラ 40 は、工具スイッチ検知部 30 により、電動工具 200 のスイッチがオンされたことを検知することができる。

- [0053] ここで、工具スイッチ検知部30について詳しく説明する。メインコントローラ40は、コンデンサ32の電圧を検知し、コンデンサ32が充電されていなければ、トランジスタ36をオンすることによって、コンデンサ32を充電する。このとき、メインコントローラ40は、接続回路60の遮断スイッチ66に指令を与え、遮断スイッチ66もオンさせる。コンデンサ32への充電電力は、バッテリパック100から供給される。そして、メインコントローラ40は、コンデンサ32の充電完了を検知すると、接続回路60の遮断スイッチ66及び工具スイッチ検知部30のトランジスタ36をオフさせる。
- [0054] 電動工具200のスイッチがオンされると、コンデンサ32に充電された電力が、一对の出力端子22、24を介して電動工具200に供給される。このとき、接続回路60の遮断スイッチ66はオフされている。従って、コンデンサ32の電圧が低下、又は、抵抗34の両端電圧が正電圧から負電圧に変化する。メインコントローラ40は、これら電圧の変化を検出することで、電動工具200のスイッチがオンされたことを検知することができる。一方、メインコントローラ40は、全てのバッテリパック100に電流が流れていなことを検出すると、電動工具200のスイッチがオフされたと判断する。
- [0055] 次に、図4A、図4Bに示すフローチャートを参照し、電力供給装置10の動作について説明する。ステップS10では、バッテリパック100がバッテリ取付部12に取付けられるまで、電力供給装置10は待機する。ここで、バッテリパック100の取付は、メインコントローラ40によって検出される。メインコントローラ40は、電圧検出ライン44の電圧を監視することで、バッテリパック100が取り付けられたことを検出する。メインコントローラ40は、四つのバッテリパック100が取り付けられるか、一つ目のバッテリパック100が取り付けられた時点から所定時間が経過すると、ステップS12へ進む。ここでは、図5(a)に示すように、四つのバッテリパック100a～100dが取り付けられたものとして、以下の説明を

続ける。

- [0056] ステップS 12では、メインコントローラ40が、各々のバッテリパック100の残存電力量を検出する。バッテリパック100の残存電力量は、バッテリパック100の出力電圧に基づいて検出される。即ち、メインコントローラ40は、電圧検出ライン44によって、各々のバッテリパック100の出力電圧を検出し、検出した出力電圧に基づいて、各々のバッテリパック100の残存電力量を算出する。ここでは、一つのバッテリパック100aの残存電力量が約100パーセントであり、他の三つのバッテリパック100b～dの残存電力量が約40パーセントであったとして、以下の説明を続ける。なお、図面では、バッテリパック100の残存電力量をハッチングによって模式的に示す。
- [0057] ステップS 14では、メインコントローラ40が、ステップS 12で検出した各々のバッテリパック100の残存電力量に基づいて、放電可能なバッテリパック100が二つ以上あるのか否かを判定する。メインコントローラ40は、電力の残存するバッテリパック100が二つ以上あればステップS 16の処理に進み、そうでなければステップS 50の処理に進む。なお、一つのバッテリパック100のみが取り付けられた場合でも、電力の残存するバッテリパック100が二つ以上ないことから、メインコントローラ40はステップS 50の処理へ進むことになる。ステップS 50に進んだ場合、メインコントローラ40は、放電不能である旨を表示部16によって表示し、ユーザにバッテリパック100の交換を促す（処理終了）。
- [0058] ステップS 16に進んだ場合、メインコントローラ40は、ステップS 12で検出した各々のバッテリパック100の残存電力量に基づいて、バッテリパック100の順位付けを行う。即ち、最も大きい残存電力量X1を有するものを第1バッテリパック100とし、二番目に大きい残存電力量X2を有するものを第2バッテリパック100とし、三番目に大きい残存電力量X3を有するものを第3バッテリパック100とし、四番目に大きい残存電力量X4を有するものを第4バッテリパック100とする。図5（a）に示す

例では、100パーセントの残存電力量を有するバッテリパック100aが第1バッテリパックとされ、40パーセントの残存電力量を有するバッテリパック100b～dがそれぞれ第2～第4バッテリパックとされる。

- [0059] 次に、ステップS18、S20、S22では、メインコントローラ40が、取り付けられた四つのバッテリパック100を、二つのバッテリグループに区分するグルーピング処理を実行する。ここで、メインコントローラ40は、バッテリグループ毎に計算される合計電力量の間に生じる差が最小となるように、バッテリパック100のグループ分けを行う。そのために、先ず、ステップS18において、メインコントローラ40は、下記する式(1)が満たされるのか否かを判定する。なお、バッテリグループの合計電力量とは、そのバッテリグループに含まれる一又は複数のバッテリパック100の残存電力量の合計を意味する。

$$| X_1 - (X_2 + X_3 + X_4) | < | (X_1 + X_4) - (X_2 + X_3) | \quad \cdots (1)$$

- [0060] 上記した式(1)の左辺は、一つのバッテリグループを第1バッテリパック100aのみで構成し、他の一つのバッテリグループを第2～第4バッテリパック100b～100dで構成した場合（以下、第1のグループ分けという）について、バッテリグループ毎の合計電力量（ X_1 と、 $X_2 + X_3 + X_4$ ）の間に生じる差を計算する式である。一方、上記した式(1)の右辺は、一つのバッテリグループを第1及び第4バッテリパック100a、100dで構成し、他の一つのバッテリグループを第2及び第3バッテリパック100b、100cで構成した場合（以下、第2のグループ分けという）について、バッテリグループ毎の合計電力量（ $X_1 + X_4$ と、 $X_2 + X_3$ ）の間に生じる差を計算する式である。即ち、上記した式(1)は、第1のグループ分けの場合にバッテリグループ毎の合計電力量の間で生じる差と、第2のグループ分けの場合にバッテリグループ毎の合計電力量の間で生じる差の、大小を判定する式である。式(1)が満たされる場合、メインコントローラ40はステップS20へ進み、そうでなければ、メインコントローラ40

はステップS 2 2へ進む。

[0061] ステップS 2 0、S 2 2では、バッテリパック100a～100dのグループ分けが決定される。ステップS 2 0に進んだ場合、メインコントローラ40は、第1のグループ分けを採用する。即ち、第1バッテリパック100aを一つのバッテリグループに振り分け、第2～第4バッテリパック100b～100dを他の一つのバッテリグループに振り分ける。一方、ステップS 2 2に進んだ場合、メインコントローラ40は、第2のグループ分けを採用する。即ち、第1及び第4バッテリパック100a、100dを一つのバッテリグループに振り分け、第2及び第3バッテリパック100b、100cを他の一つのバッテリグループに振り分ける。それにより、第1及び第2のグループ分けのうち、バッテリグループ毎に計算される合計電力量の間に生じる差が小さくなる方のグループ分けが選択される。先に仮定したとおり、第1バッテリパック100aの残存電力量X 1が100パーセントであり、第2～第4バッテリパック100b～100dの残存電力量X 2～X 4が40パーセントであるとすると、この場合は第1のグループ分けが選択される。

[0062] ステップS 2 4～S 2 8では、グルーピング処理で決定されたグループ分けに基づいて、四つのバッテリパック100の接続形態が変更される。先ず、ステップS 2 4では、メインコントローラ40が、上記したグルーピング処理において、グループ分けに変更があったのか否かを判定する。即ち、グルーピング処理の前と比較して、同じグループ分けが再度選択されたのか、異なるグループ分けが選択されたのを判別する。メインコントローラ40は、グループ分けに変更があればステップS 2 6へ進み、そうでなければステップS 3 0へスキップする。即ち、グループ分けに変更がなければ、接続形態の変更も行われない。

[0063] ステップS 2 6では、メインコントローラ40が、接続形態の変更に先立って、遮断スイッチ66をターンオフする。それにより、接続回路60の中電位接続線68が電気的に切断され、例えばバッテリパック100を誤って

短絡させるような、意図しない接続経路の形成が防止される。次に、ステップS28では、メインコントローラ40が、決定されたグループ分けに基づいて、接続回路60の各々のリレー62を選択的に切り換える。詳しくは、同一のバッテリグループに区分されたバッテリパック100が並列に接続され、異なるバッテリグループに区分されたバッテリパック100が直列に接続されるように、各々のリレー62を選択的に切り換える。先に仮定したとおり、ここでは第1のグループ分けが選択されているとすると、各々のリレー62は図5(a)に示すように切り換えられる。その結果、図5(b)に示すように、接続回路60は、同一のバッテリグループに区分された第2～第4バッテリパック100b～100dを並列に接続し、並列に接続された第2～第4バッテリパック100b～100dに対して、第1バッテリパック100aを直列に接続する。

[0064] ステップS30では、メインコントローラ40が、全てのバッテリパック100に残存する合計電力量を計算する。次いで、ステップS32では、メインコントローラ40が、計算した合計電力量を表示部16によって表示する。本実施例の電力供給装置10は、バッテリパック100の接続形態を適宜変更することによって、全てのバッテリパック100に残存する合計電力量のほぼ全てを供給することができる。従って、表示部16によって表示される合計電力量と、電力供給装置10が実際に供給する電力量が、正確に一致する。

[0065] ステップS34では、電動工具200のスイッチがオンされるまで、電力供給装置10は待機する。ここで、電動工具200のスイッチオンは、工具スイッチ検知部30によって検出される。なお、この時点で接続回路60の遮断スイッチ66はオフされているので、電動工具200のスイッチがオンされても、バッテリパック100から電動工具200へ電力は供給されない。メインコントローラ40は、電動工具200のスイッチオンが検出されると、ステップS36の処理に進む。

[0066] ステップS36では、メインコントローラ40が、接続回路60の遮断ス

イッチ 66 をオンさせる。それにより、バッテリパック 100 から電動工具 200 への電力供給が開始される。ステップ S38 では、メインコントローラ 40 が、各々のバッテリパック 100 の出力電圧及び通電電流を検出する。各々のバッテリパック 100 の出力電圧及び通電電流は、電圧検出ライン 42、44 の電圧に基づいて検出される。

[0067] ステップ S40 では、メインコントローラ 40 が、電動工具 200 のスイッチがオフされているのか否かを判定する。ここで、電動工具 200 のスイッチオフは、ステップ S36 で検出された通電電流に基づいて行われる。即ち、メインコントローラ 40 は、全てのバッテリパック 100 の通電電流がゼロであれば、電動工具 200 のスイッチがオフされたと判断する。電動工具 200 のスイッチがオフされていれば、メインコントローラ 40 はステップ S42 へ進み、遮断スイッチ 66 をオフする。そして、ステップ S12 へ戻る。

[0068] 一方、電動工具 200 のスイッチがオフされていなければ、メインコントローラ 40 は、ステップ S40 からステップ S12 へ直接的に戻る。この場合、電動工具 200 への電力供給は継続される。ステップ S12 へ戻ると、上述したバッテリパック 100 のグルーピング処理と、グルーピング処理に基づく接続形態の変更が、再度実行される。即ち、電動工具 200 に電力を供給している間も、各々のバッテリパック 100 の残存電力量に応じて、バッテリパック 100 の接続形態が適宜変更される。

[0069] 電動工具 200 への電力供給に伴い、各々のバッテリパック 100 の残存電力量は減少していく。このとき、図 5 (a) (b) に例示する接続形態であると、第 1 バッテリパック 100a は、並列に接続された他のバッテリパック 100b～100d と比較して、略 3 倍の電力を放電する。従って、第 1 バッテリパック 100a の残存電力量 ($X_1 = 100$ パーセント) と、第 2～第 4 バッテリパック 100b～100d の残存電力量 ($X_2 \sim X_4 = 40$ パーセント) の差は、徐々に小さくなり、第 1 バッテリパック 100a が 90 パーセント分の電力量を消費した段階で、全てのバッテリパック 100

a～100dの残存電力量が等しくなる（計算上は、X1～X4=10パーセント）。この段階で、図5（a）（b）に示す接続形態がそのまま維持されると、第1バッテリパック100aの電力が先に尽きてしまい、他のバッテリパック100b～100dに電力を残存させたまま、電力供給ができなくなってしまう。

[0070] しかしながら、本実施例の電力供給装置10では、各々のバッテリパック100a～100dの残存電力量に応じて、バッテリパック100a～100dの接続形態が変更される。具体的には、全てのバッテリパック100a～100dの残存電力量が等しいとすると（X1～X4=10パーセント）、バッテリパック100a～100dの接続形態は、図6（a）（b）に示す接続形態へ変更される。図6（a）（b）に示す接続形態では、全てのバッテリパック100a～100dが同じ電力を放電する。従って、全てのバッテリパック100b～100dは、蓄えられた電力を略同時に放電し終えることができる。それにより、全てのバッテリパック100b～100dの電力が、余すことなく電動工具200に供給される。

[0071] 図7は、各々のバッテリパック100a～100dの通電電流を示している。時刻ゼロから時刻t1までは、図5（a）（b）に示す接続形態で電力供給が行われ、時刻t1から時刻t2までは、図6（a）（b）に示す接続形態で電力供給が行われている。グラフA、Bが示すように、時刻t1までは、第1バッテリパック100aの通電電流が大きく、第2～第4バッテリパック100b～100dの通電電流は小さい。時刻t1で接続形態が変更されると、グラフCが示すように、全てのバッテリパック100a～100dの通電電流は略等しくなる。そして、時刻t2において、バッテリパック100a～100dからの電力供給が終了する。なお、時刻t1で接続形態を変更しなければ、時刻t2よりも早期の時点で、バッテリパック100a～100dからの電力供給は終了してしまう。また、図7中のグラフDは、バッテリパック100a～100dを、最初（時刻ゼロ）から図6（a）（b）の形態で接続した場合を示している。この場合、残存電力量の少ない第

2～第4バッテリパック100の電力が早期に尽きてしまうことから、グラフDが示すように、時刻t1よりも早期の時点で電力供給が終了してしまう。

[0072] 図8～図10は、電力供給装置10に三つのバッテリパック100が取り付けられた場合を示している。ここで、図8～図10の各々は、(a)～(d)の四つの図を含んでいる。図8～図10の各々において、(a)は接続回路60が最初に形成する接続形態を示しており、(b)は(a)が示す接続形態を模式的に示しており、(c)は接続回路60が後に形成する接続形態を示しており、(d)は(c)が示す接続形態を模式的に示している。なお、図8～図10の間では、三つのバッテリパック100a～100cの取付位置が異なっている。接続回路60は、三つのバッテリパック100a～100cのみが接続された場合でも、各々のバッテリパック100a～100cの残存電力量に応じて、適切な接続形態を形成する。従って、図8～図10の(a)(b)に示すように、バッテリパック100a～100cの取付位置にかかわらず、接続回路60は実質的に同一の接続形態を実現することができる。その後、図8～図10の(c)(d)に示すように、残存電力量の変化に応じて接続形態を変更した場合でも、接続回路60は実質的に同一の接続形態を実現することになる。

[0073] (実施例2)

次に、実施例2の電力供給システムについて説明する。実施例2の電力供給システムは、実施例1の電力供給装置10において、メインコントローラ40が実行する処理を変更したものである。機械的及び電気的な構成については、実施例1から特に変更を要さないので、以下の説明では実施例1と同一の参照番号を用いる。

[0074] 図11A、図11Bは、実施例2の電力供給装置10の動作を示すフローチャートである。バッテリパック100がバッテリ取付部12に取付けられると(ステップS110)、メインコントローラ40が各々のバッテリパック100の出力電圧を検出する(ステップS112)。ステップS114で

は、メインコントローラ40が、ステップS112で検出した各々のバッテリパック100の出力電圧に基づいて、放電可能なバッテリパック100が二つ以上あるのか否かを判定する。なお、メインコントローラ40は、検出した出力電圧が所定の放電終止電圧を下回る場合、バッテリパック100は放電不能であると判定する。メインコントローラ40は、放電可能なバッテリパック100が二つ以上あればステップS116の処理に進み、そうでなければステップS170の処理に進む。ステップS170に進んだ場合、メインコントローラ40は、放電不能である旨を表示部16によって表示し、ユーザにバッテリパック100の交換を促す（処理終了）。

[0075] ステップS116に進んだ場合、メインコントローラ40は、ステップS112で検出した各々のバッテリパック100の出力電圧に基づいて、バッテリパック100の順位付けを行う。即ち、最も高い出力電圧V1のものを第1バッテリパック100とし、二番目に高い出力電圧V2のものを第2バッテリパック100とし、三番目に高い出力電圧V3のものを第3バッテリパック100とし、四番目に高い出力電圧V4のものを第4バッテリパック100とする。なお、バッテリパック100の出力電圧は、バッテリパック100の残存電力量に依存する。従って、実施例2の出力電圧に基づくバッテリパック100の順位付と、実施例1の残存電力量に基づくバッテリパック100の順位付けは、多くの場合、同じ結果となる。

[0076] 次に、ステップS118、S120、S122では、メインコントローラ40が、取り付けられた四つのバッテリパック100を、二つのバッテリグループに区分するグルーピング処理を実行する。ここで、メインコントローラ40は、バッテリグループ毎に計算される出力電圧の合計の間に生じる差が最小となるように、バッテリパック100のグループ分けを行う。そのために、先ず、ステップS118において、メインコントローラ40は、下記する式（2）が満たされるのか否かを判定する。

$$| V_1 - (V_2 + V_3 + V_4) | < | (V_1 + V_4) - (V_2 + V_3) | \dots (2)$$

[0077] 上記した式（2）の左辺は、一つのバッテリグループを第1バッテリパック100aのみで構成し、他の一つのバッテリグループを第2～第4バッテリパック100b～100dで構成した場合（以下、第1のグループ分けという）について、バッテリグループ毎の出力電圧の合計（V1と、V2+V3+V4）の間に生じる差を計算する式である。一方、上記した式（2）の右辺は、一つのバッテリグループを第1及び第4バッテリパック100a、100dで構成し、他の一つのバッテリグループを第2及び第3バッテリパック100b、100cで構成した場合（以下、第2のグループ分けという）について、バッテリグループ毎の出力電圧の合計（V1+V4と、V2+V3）の間に生じる差を計算する式である。即ち、上記した式（2）は、第1のグループ分けの場合にバッテリグループ毎の出力電圧の合計の間で生じる差と、第2のグループ分けの場合にバッテリグループ毎の出力電圧の合計の間で生じる差の、大小を判定する式である。式（2）が満たされる場合、メインコントローラ40はステップS120へ進み、そうでなければ、メインコントローラ40はステップS122へ進む。

[0078] ステップS120、S122では、バッテリパック100のグループ分けが決定される。ステップS120に進んだ場合、メインコントローラ40は、第1のグループ分けを採用する。一方、ステップS122に進んだ場合、メインコントローラ40は、第2のグループ分けを採用する。それにより、第1及び第2のグループ分けのうち、バッテリグループ毎に計算される出力電圧の合計の間に生じる差が小さくなる方のグループ分けが選択される。ステップS124～S128では、グルーピング処理で決定されたグループ分けに基づいて、四つのバッテリパック100の接続形態が変更される。ステップS124～S128の処理は、実施例1で説明した図4AのステップS24～S28の処理と実質的に同一である。

[0079] ステップS130では、メインコントローラ40が、全てのバッテリパック100に残存する合計電力量を計算する。合計電力量は、検出された各々のバッテリパック100の出力電圧に基づいて計算される。次いで、ステッ

ステップ S 132 では、メインコントローラ 40 が、計算した合計電力量を表示部 16 によって表示する。ステップ S 134 では、電動工具 200 のスイッチがオンされるまで、電力供給装置 10 は待機する。電動工具 200 のスイッチがオンされてステップ S 136 に進むと、メインコントローラ 40 は接続回路 60 の遮断スイッチ 66 をオンさせる。それにより、バッテリパック 100 から電動工具 200 への電力供給が開始される。ステップ S 138 では、メインコントローラ 40 が、各々のバッテリパック 100 の出力電圧及び通電電流を検出する。ステップ S 130～S 138 の処理は、実施例 1 で説明した図 4A、図 4B のステップ S 30～S 38 の処理と実質的に同一である。

[0080] ステップ S 140 では、メインコントローラ 40 が、最高電圧を有する第 1 バッテリパック 100 の出力電圧 V1 と、最低電圧を有する第 4 バッテリパック 100 の出力電圧 V4 の差が、所定の判定値未満であるのか否かを判定する。ここで、当該出力電圧の差 V1 - V4 が判定値未満の場合、四つのバッテリパック 100 の出力電圧は実質的に同一であり、そのばらつきは無視できると判断できる。即ち、四つのバッテリパック 100 の間で、残存電力量にも大きなばらつきは存在しないと判断できる。この場合は、ステップ S 142 の処理へ進み、バッテリパック 100 の内部抵抗に基づく接続形態の変更処理が実行される。一方、当該出力電圧の差 V1 - V4 が判定値以上であれば、ステップ S 156 へスキップし、バッテリパック 100 の出力電圧に基づく現在の接続形態が維持される。

[0081] ステップ S 142 では、メインコントローラ 40 が、各々のバッテリパック 100 の内部抵抗を検出する。バッテリパック 100 の内部抵抗は、ステップ S 112 及びステップ S 138 で検出されたバッテリパック 100 の出力電圧と通電電流から計算される。即ち、各々のバッテリパック 100 毎に、非通電時の出力電圧と通電時の出力電圧及び通電電流を用いて、内部抵抗が計算される。

[0082] ステップ S 144 では、メインコントローラ 40 が、検出した最大の内部

抵抗R1と最小の内部抵抗R4の差を計算し、その内部抵抗の差R1-R4が所定の判定値を超えるのか否かを判定する。ここで、当該内部抵抗の差R1-R4が判定値以下であれば、四つのバッテリパック100の内部抵抗は実質的に均一であり、内部抵抗のばらつきは無視できると判断できる。この場合、ステップS156へスキップし、バッテリパック100の出力電圧に基づく現在の接続形態が維持される。一方、当該内部抵抗の差R1-R4が判定値を超える場合は、四つのバッテリパック100の間で、無視できないばらつきが存在すると判断できる。この場合、ステップS146へ進み、内部抵抗に基づく接続形態の変更処理が継続される。

[0083] ステップS146では、メインコントローラ40が、各々のバッテリパック100の内部抵抗に基づいて、四つのバッテリパック100を二つのバッテリグループに区分するグルーピング処理を実行する。このグルーピング処理では、最大の内部抵抗R1と二番目に大きい内部抵抗R2をそれぞれ有する二つのバッテリパック100を一つのバッテリグループに振り分け、三番目に大きい内部抵抗R3と四番目に大きい内部抵抗R4をそれぞれ有する二つのバッテリパック100を他の一つのバッテリグループに振り分ける。このグルーピング処理により、内部抵抗の近いバッテリパック100同士が、同じバッテリグループに振り分けられる。

[0084] ステップS148～S154では、決定されたグループ分けに基づいて、バッテリパック100の接続形態が変更される。先ず、ステップS148では、メインコントローラ40が、上記したグルーピング処理において、グループ分けに変更があったのか否かを判定する。メインコントローラ40は、グループ分けに変更があればステップS150へ進み、そうでなければステップS156へスキップする。即ち、グループ分けに変更がなければ、接続形態の変更も行われない。ステップS150では、メインコントローラ40が、接続形態の変更に先立って、遮断スイッチ66をターンオフする。次に、ステップS152では、メインコントローラ40が、決定されたグループ分けに基づいて、接続回路60の各々のリレー62を選択的に切り換える。

詳しくは、同一のバッテリグループに区分されたバッテリパック100が並列に接続され、異なるバッテリグループに区分されたバッテリパック100が直列に接続されるように、各々のリレー62を選択的に切り換える。即ち、図3(f)に示す接続形態が形成される。次いで、ステップS154では、メインコントローラ40が、遮断スイッチ66を再度オンする。それにより、電動工具200への電力供給が再開される。

[0085] 上記した接続形態の変更により、内部抵抗の近いバッテリパック100同士が並列に接続される。それにより、並列に接続された二つのバッテリパック100の間で、一方のバッテリパック100に通電電流が偏ることを防ぐことができる。その結果、バッテリパック100の過熱や異常劣化が抑制される。

[0086] ステップS156では、メインコントローラ40が、電動工具200のスイッチがオフされているのか否かを判定する。電動工具200のスイッチがオフされていれば、メインコントローラ40はステップS160へ進み、遮断スイッチ66をオフする。そして、ステップS112へ戻る。一方、電動工具200のスイッチがオフされていなければ、ステップS158へ進み、メインコントローラ40が放電不能となったバッテリパック100の有無を検出する。バッテリパック100が放電可能であるのか否かは、ステップS138で検出したバッテリパック100の出力電圧によって判断する。放電不能なバッテリパック100が存在する場合、メインコントローラ40はステップS160へ進み、遮断スイッチ66をオフする。そうでなければ、メインコントローラ40はステップS112の処理へ戻る。

[0087] 以上のように、実施例2の電力供給装置10では、バッテリパック100の出力電圧と通電電流に基づいて、バッテリパック100の接続形態を変更することができる。特に、メインコントローラ40は、バッテリパック100の出力電圧と通電電流から内部抵抗を検出することができ、検出した内部抵抗に基づいてバッテリパック100の接続形態を決定することができる。そのことから、バッテリパック100の過熱や異常劣化を抑制しながら、バ

ツテリパック 100 に蓄えられた電力をより多く供給することができる。ここで、バッテリパック 100 の内部抵抗は、バッテリパック 100 の使用履歴（使用量、使用期間、経験温度）に応じて増大する。そのことから、バッテリパック 100 の内部抵抗に代えて、バッテリパック 100 の使用履歴を検出し、検出した使用履歴に基づいてバッテリパック 100 の接続形態を決定してもよい。バッテリパック 100 のバッテリコントローラ 114 には、バッテリパック 100 の使用履歴を示す使用履歴情報が記憶されている。そのことから、メインコントローラ 40 は、バッテリコントローラ 114 から使用履歴情報を読み取ることで、使用履歴に基づいた接続形態の決定を行うことができる。

[0088] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、請求の範囲を限定するものではない。請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

[0089] 例えば、電力供給装置 10 は、少なくとも三つのバッテリパック 100 が取付可能であればよく、より多くのバッテリパック 100 が取付可能な構造にすることもできる。この場合、取付可能なバッテリパック 100 の数に応じて、接続回路 60 の構成を変更するとよい。図 12 に、六つのバッテリパック 100 に対応する接続回路 60 の一例を示す。なお、この接続回路 60 は、三つのバッテリパック 100 を直列に接続することができ、バッテリパック 100 の出力電圧の三倍の電圧で、電動工具 200 等の電気機器に電力を供給することができる。図 12 に示す接続回路 60 は、図 2 に示す接続回路 60 と比較して、二系統の中電位接続線 68a、68b を有するとともに、22 個のリレー 62 を用いて構成されている。

[0090] また、上述した本実施例の電力供給装置 10 は、再充電可能なバッテリパック 100 を利用するが、電力供給装置 10 で採用された技術によれば、再充電不能なバッテリ（一次電池）を利用する電力供給装置も具現化することができる。例えば、複数の乾電池を利用する従来の電気機器では、全ての乾電池を同時に交換することが推奨され、新しい乾電池と古い乾電池を混ぜて

使うことが禁止されている。そのため、ユーザは、新品ではないものの未だ使える乾電池を所有していても、電気機器が必要とする数の乾電池を新たに購入する必要がある。それに対して、本明細書の電力供給装置 10 の技術を採用すれば、ユーザは新品ではないが未だ使える乾電池を、有効に利用することが可能となる。

- [0091] また、本実施例の電力供給装置 10 は電気機器と独立しているが、電力供給装置 10 は電気機器へ一体に組み込んでもよい。
- [0092] 本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時の請求項に記載の組合せに限定されるものではない。本明細書または図面に例示した技術は複数の目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること 자체で技術的有用性を持つものである。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のバッテリから電気機器に電力を供給する電力供給装置であり、
少なくとも三つのバッテリが取付可能なバッテリ取付部と、
バッテリ取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリを電気的に接続する接続回路を備え、
前記接続回路は、少なくとも二つのバッテリを並列に接続するとともに、その並列に接続した少なくとも二つのバッテリに、他の少なくとも一つのバッテリを直列に接続可能であることを特徴とする電力供給装置。
- [請求項2] 前記接続回路は、バッテリ取付部に取り付けられたバッテリの位置を変更することなく、並列に接続するバッテリの組み合わせを変更可能であることを特徴とする請求項1に記載の電力供給装置。
- [請求項3] バッテリ取付部に取付けられた各々のバッテリの状態を示す指標を少なくとも一つ検出する検出部と、
検出部が検出した指標に基づいて、バッテリ取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリを、少なくとも一つのバッテリグループに少なくとも二つのバッテリを含まれるように、少なくとも二つのバッテリグループに区分するグルーピング処理を実行する処理部を備え、
前記接続回路は、同一のバッテリグループに区分されたバッテリ同士を並列に接続するとともに、異なるバッテリグループに区分されたバッテリ同士を直列に接続することを特徴とする請求項1又は2に記載の電力供給装置。
- [請求項4] 前記検出部は、バッテリの状態を示す指標として、バッテリに残存する電力量、バッテリの電圧、バッテリの内部抵抗、バッテリの通電電流、バッテリの使用量、バッテリの劣化状態、バッテリの温度、の少なくとも一つを検出することを特徴とする請求項3に記載の電力供給装置。

[請求項5] 前記検出部は、少なくとも各々のバッテリに残存する電力量を検出し、

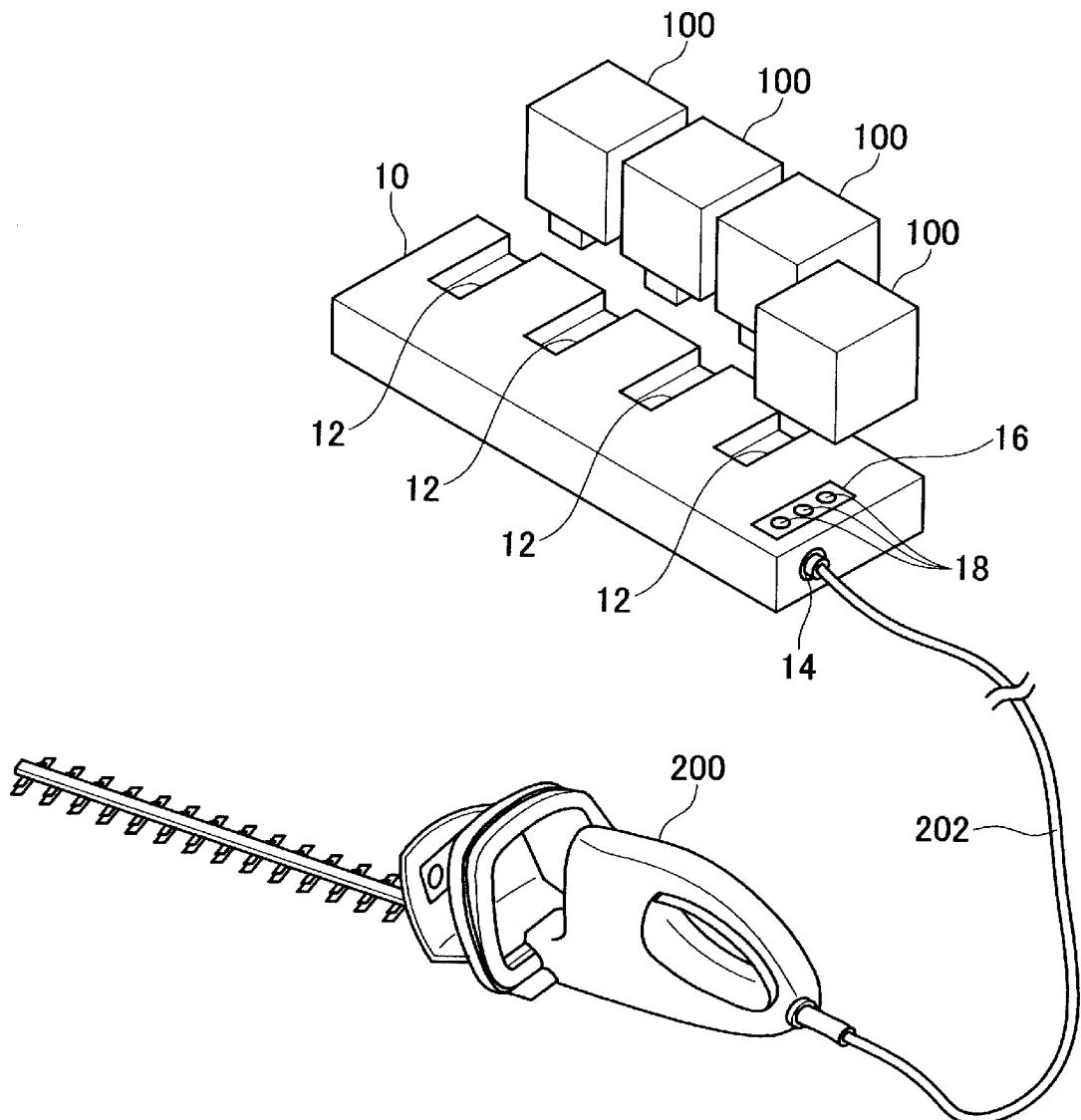
前記処理部は、バッテリグループ毎の合計電力量の間に生じる差が小さくなるように、前記グルーピング処理を実行することを特徴とする請求項3に記載の電力供給装置。

[請求項6] 前記処理部は、少なくとも2種類のグループ分けについてバッテリグループ毎の合計電力量の間に生じる差をそれぞれ計算し、計算された差が最も小さいグループ分けを選択することを特徴とする請求項5に記載の電力供給装置。

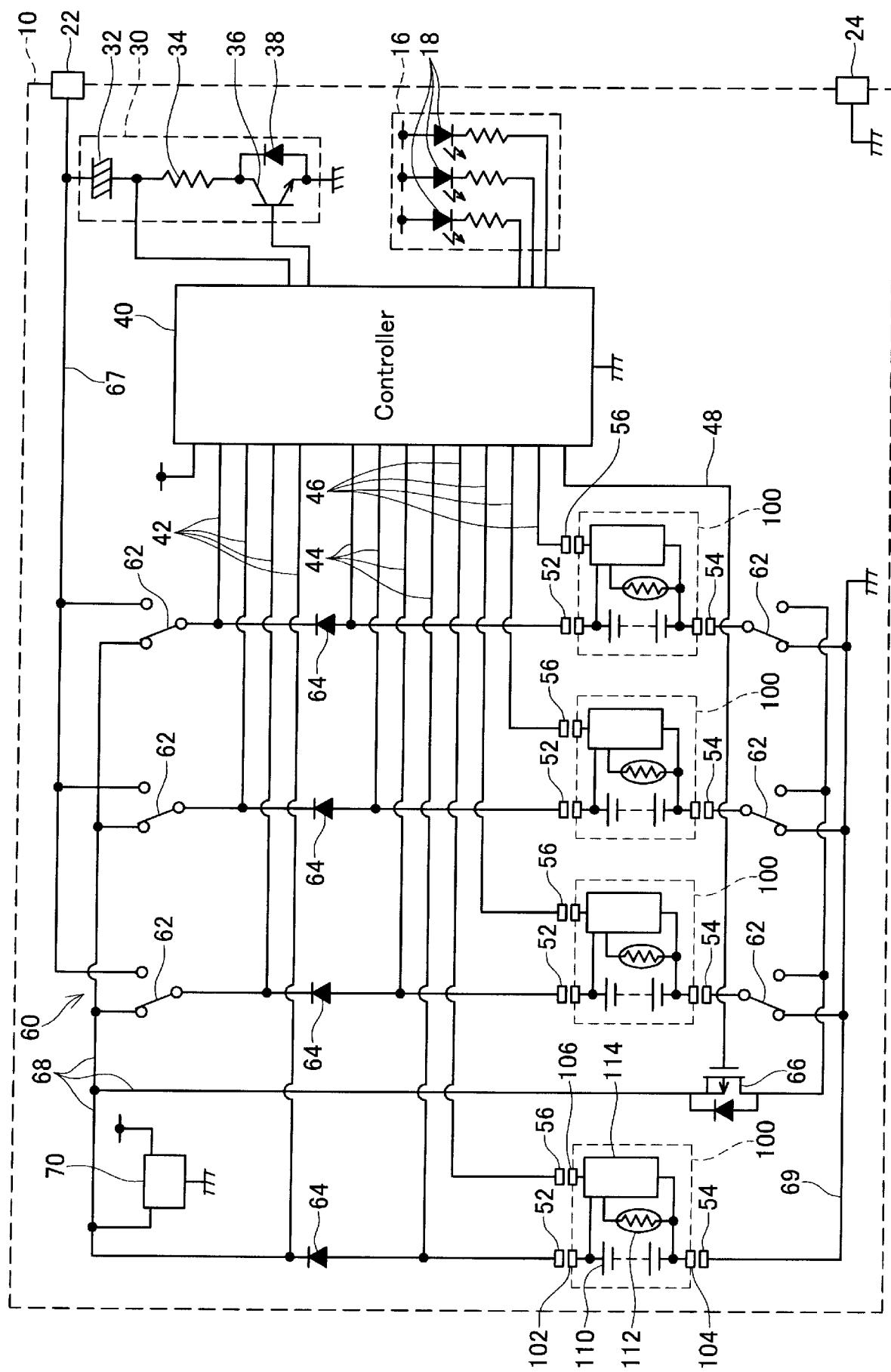
[請求項7] 前記接続回路がバッテリの接続形態を変更する間、前記接続回路を電気的に切斷する遮断器をさらに備えることを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載の電力供給装置。

[請求項8] 前記遮断器は、前記接続回路が形成するバッテリの接続形態にかわらず、直列に接続される二つのバッテリの間に位置することを特徴とする請求項7に記載の電力供給装置。

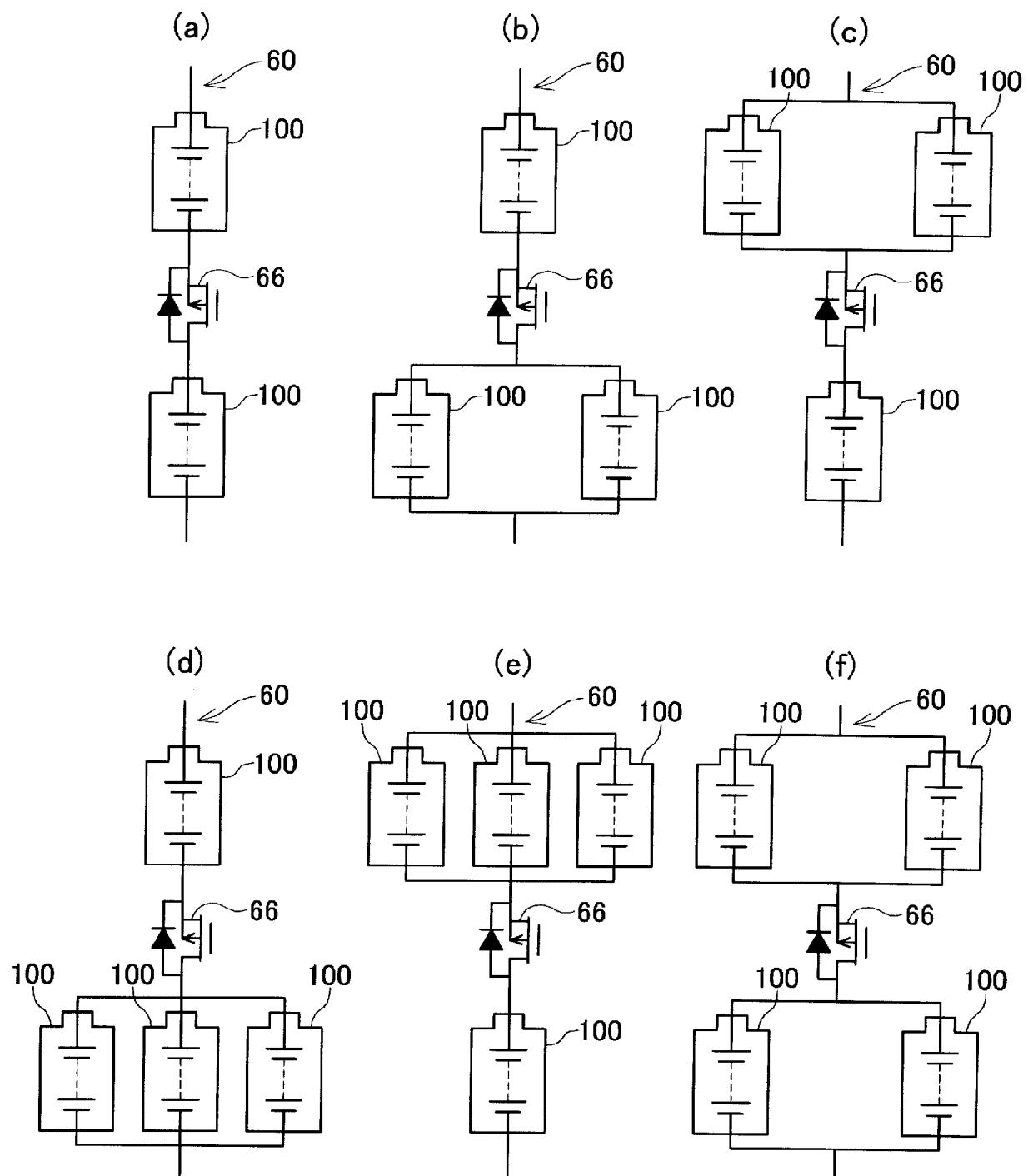
[図1]



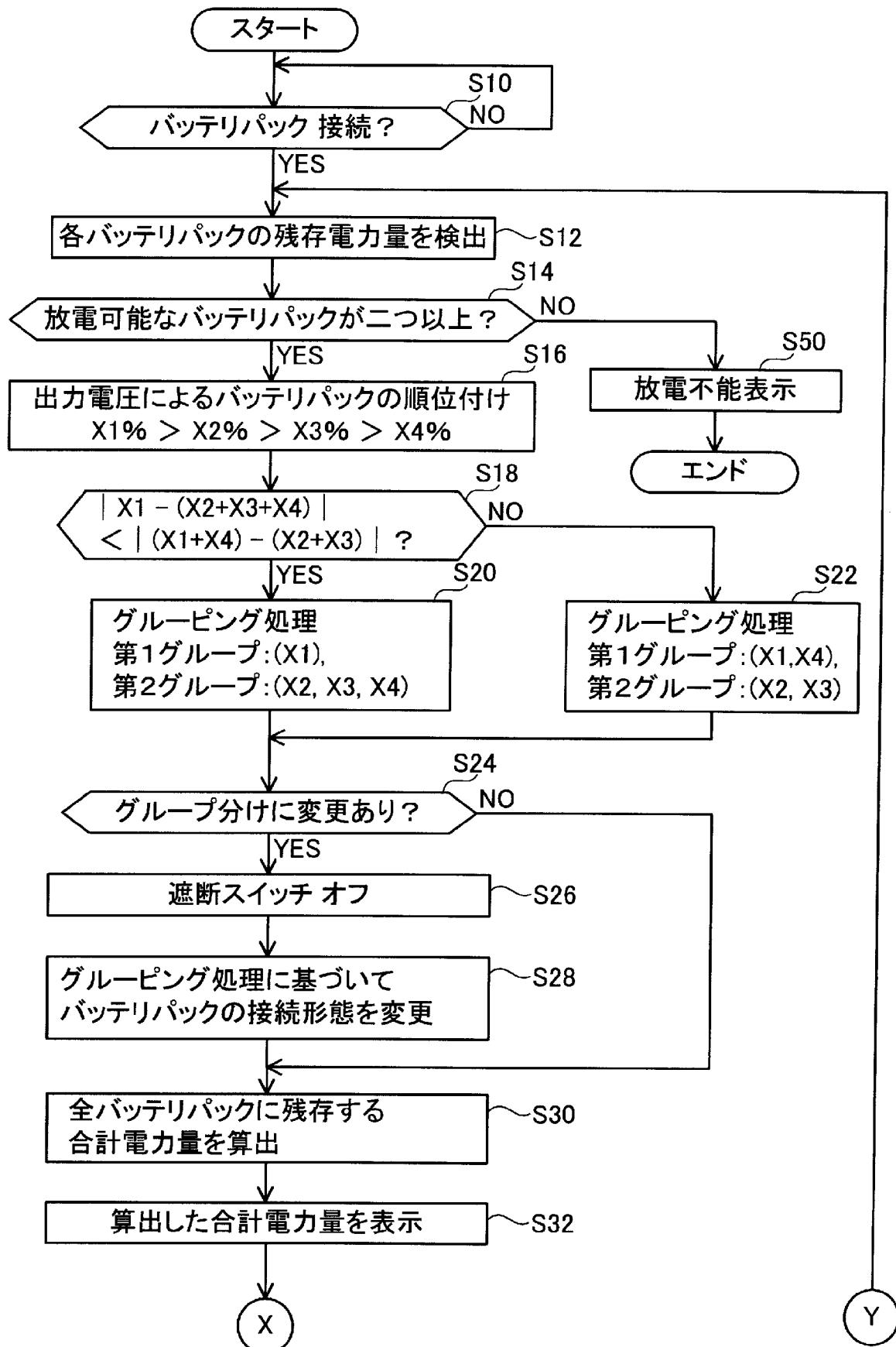
[図2]



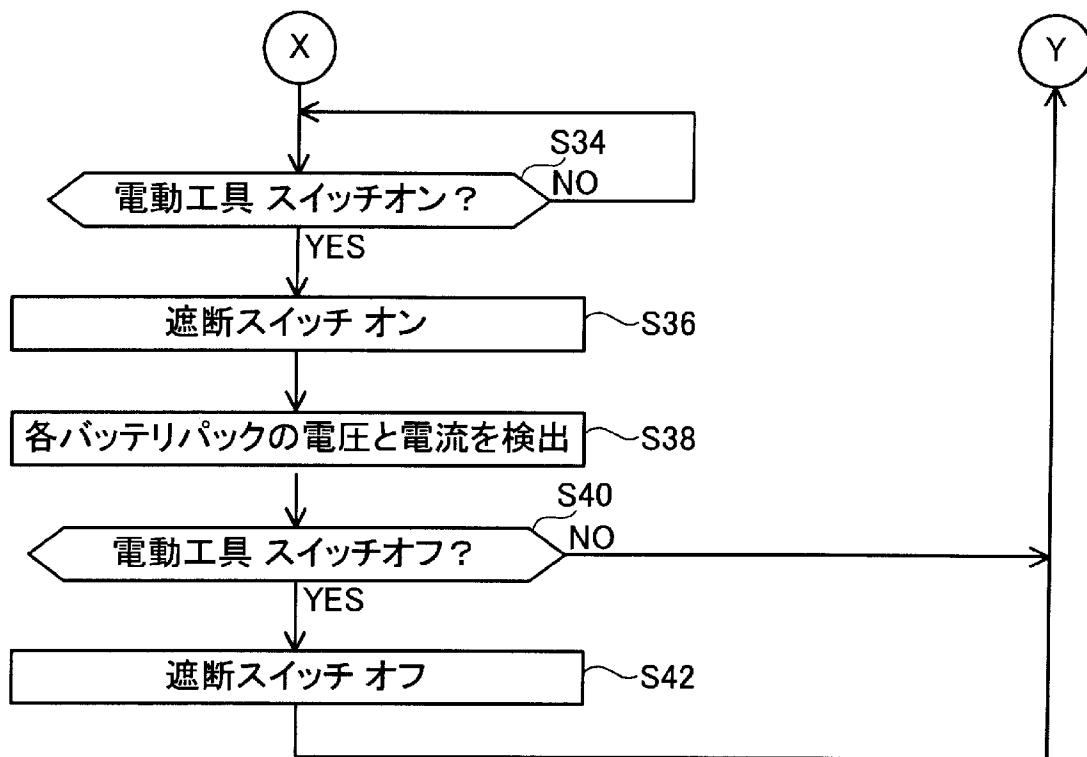
[図3]



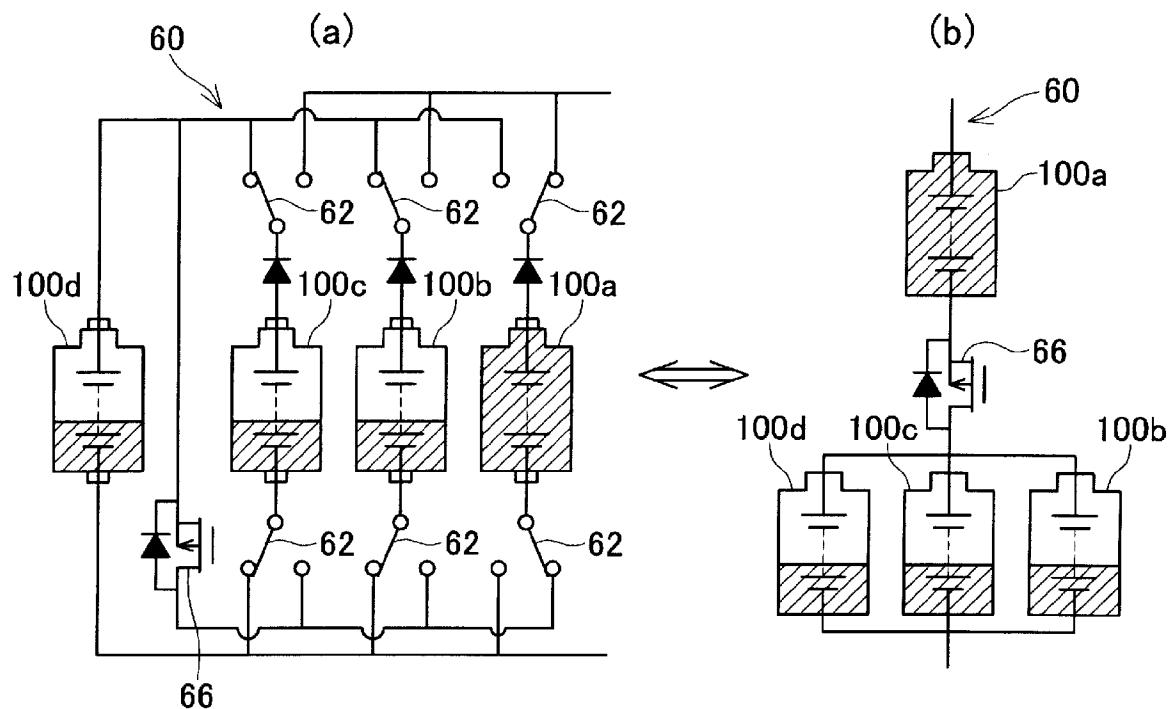
[図4A]



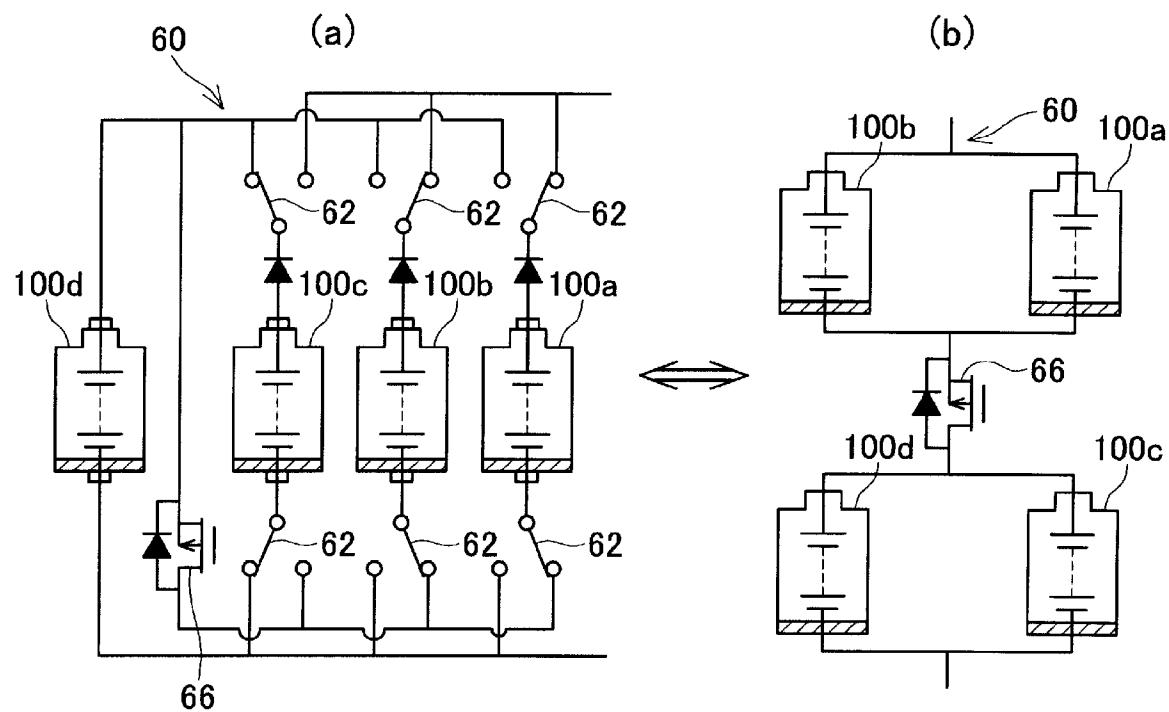
[図4B]



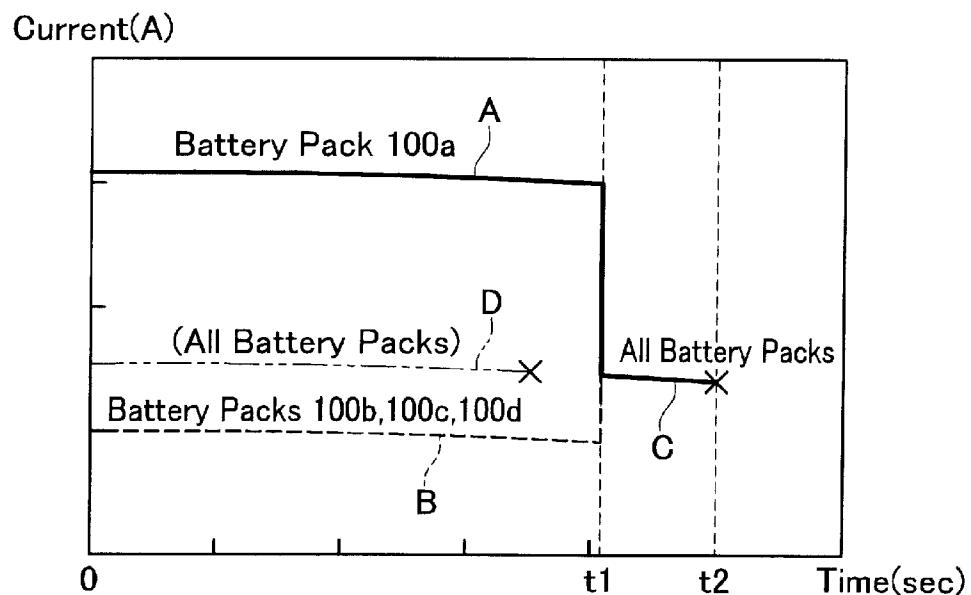
[図5]



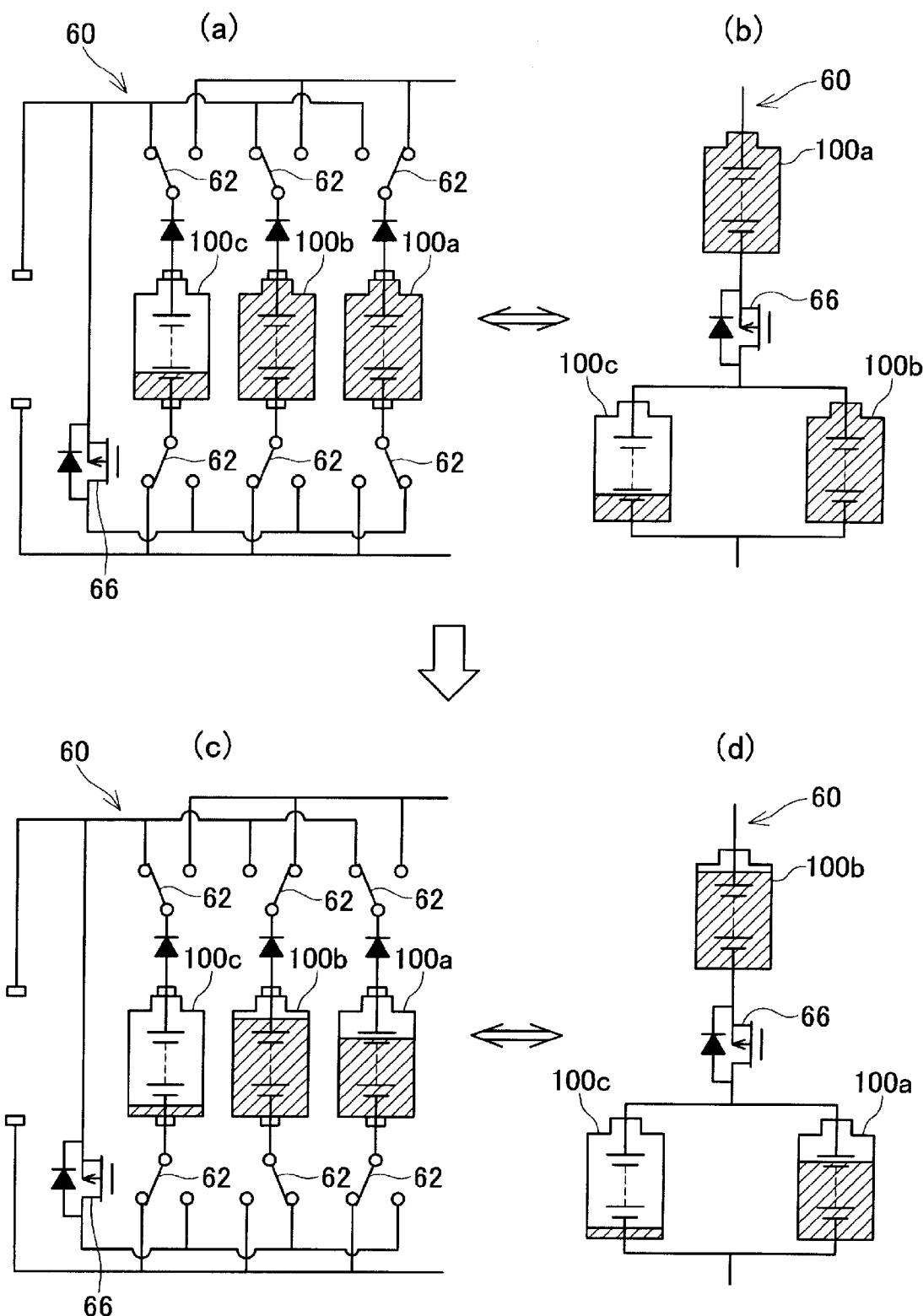
[図6]



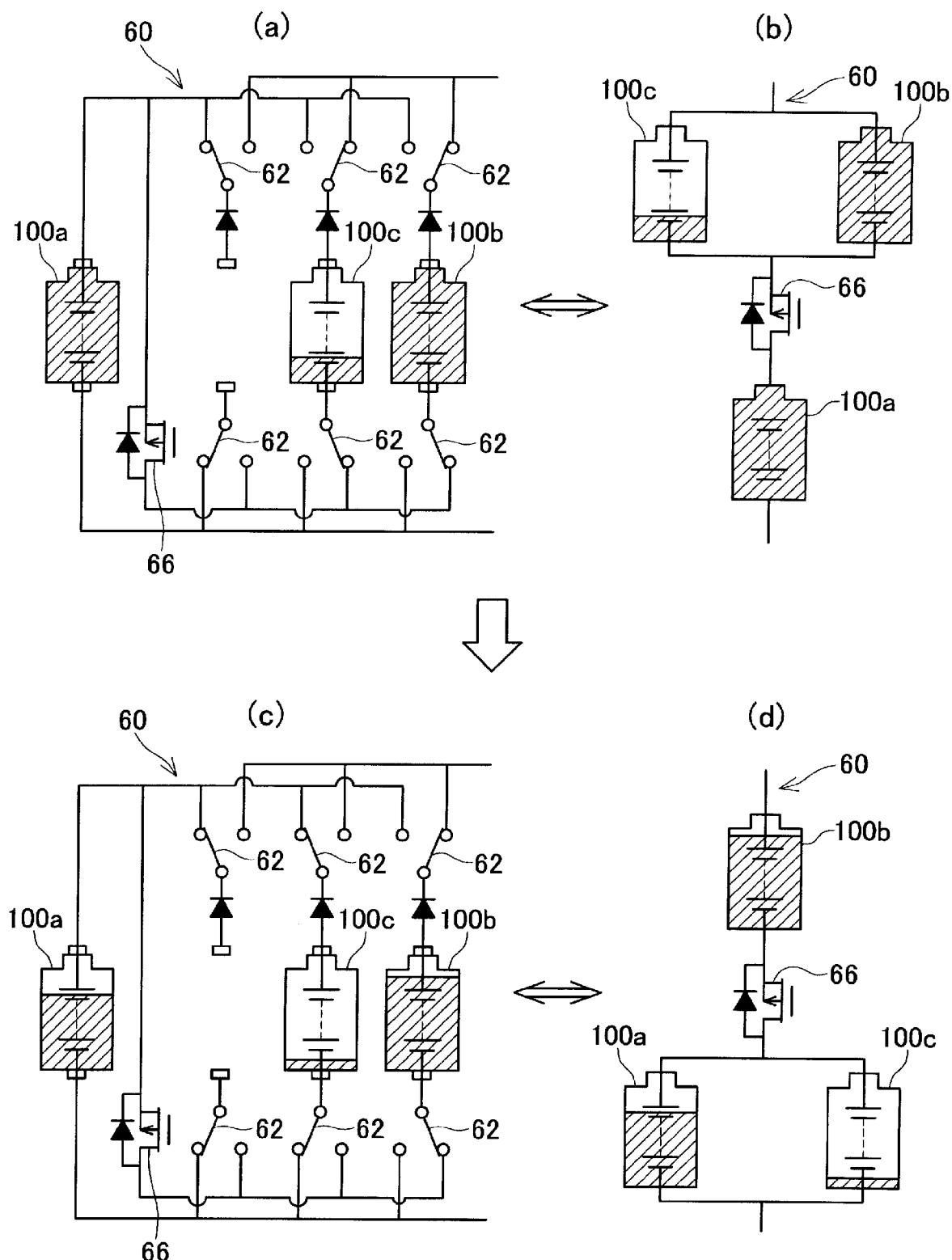
[図7]



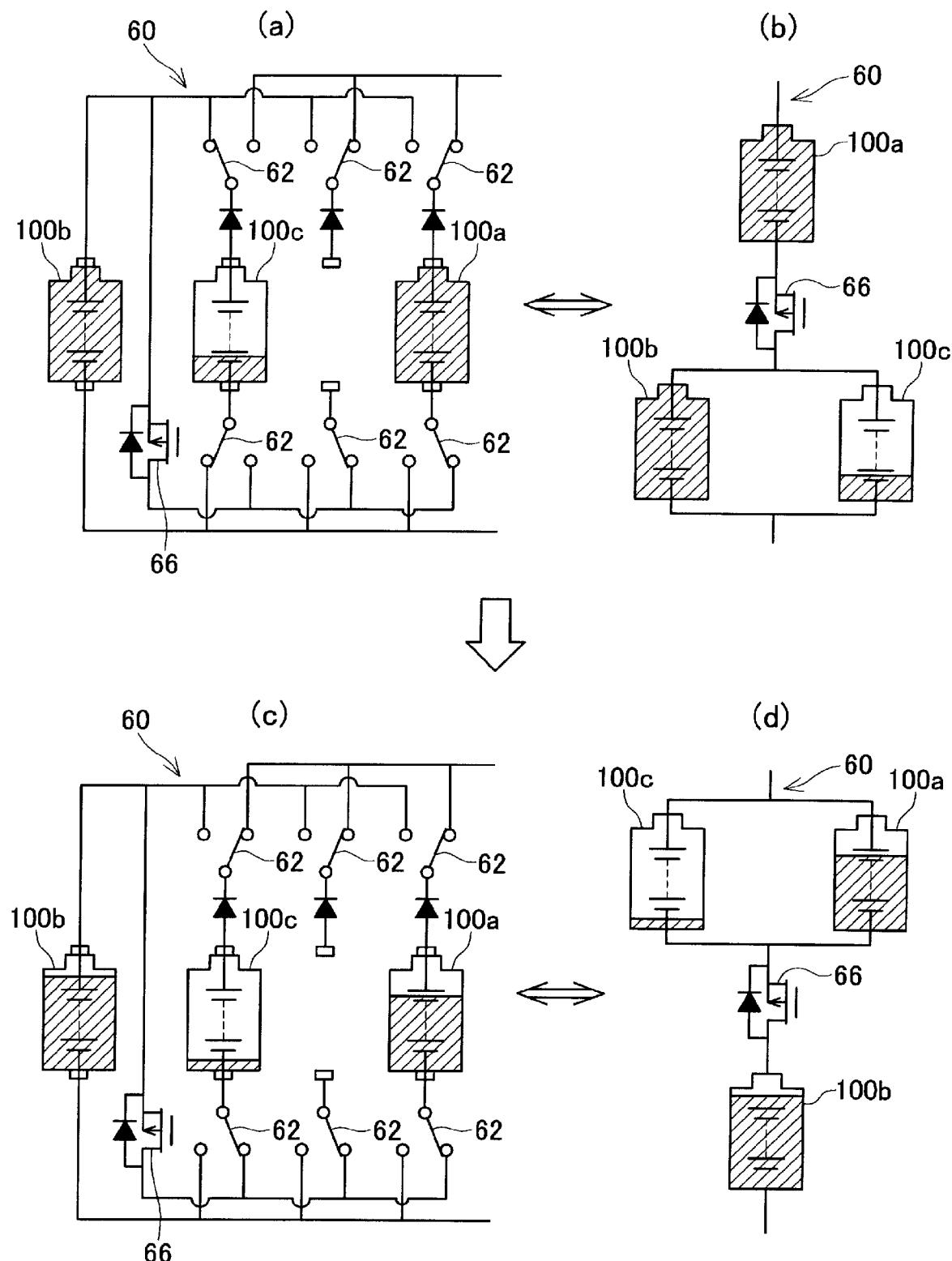
[図8]



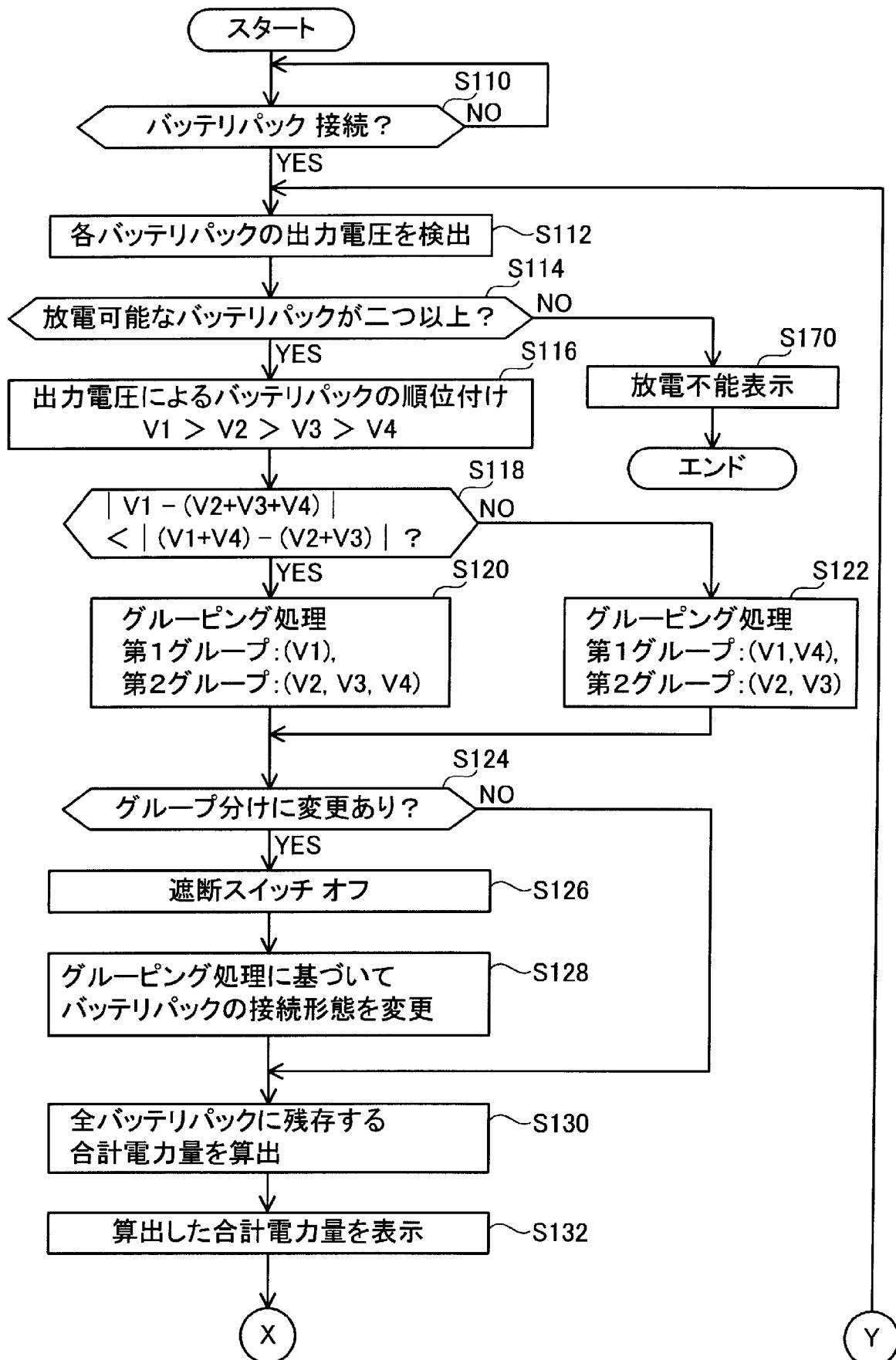
[図9]



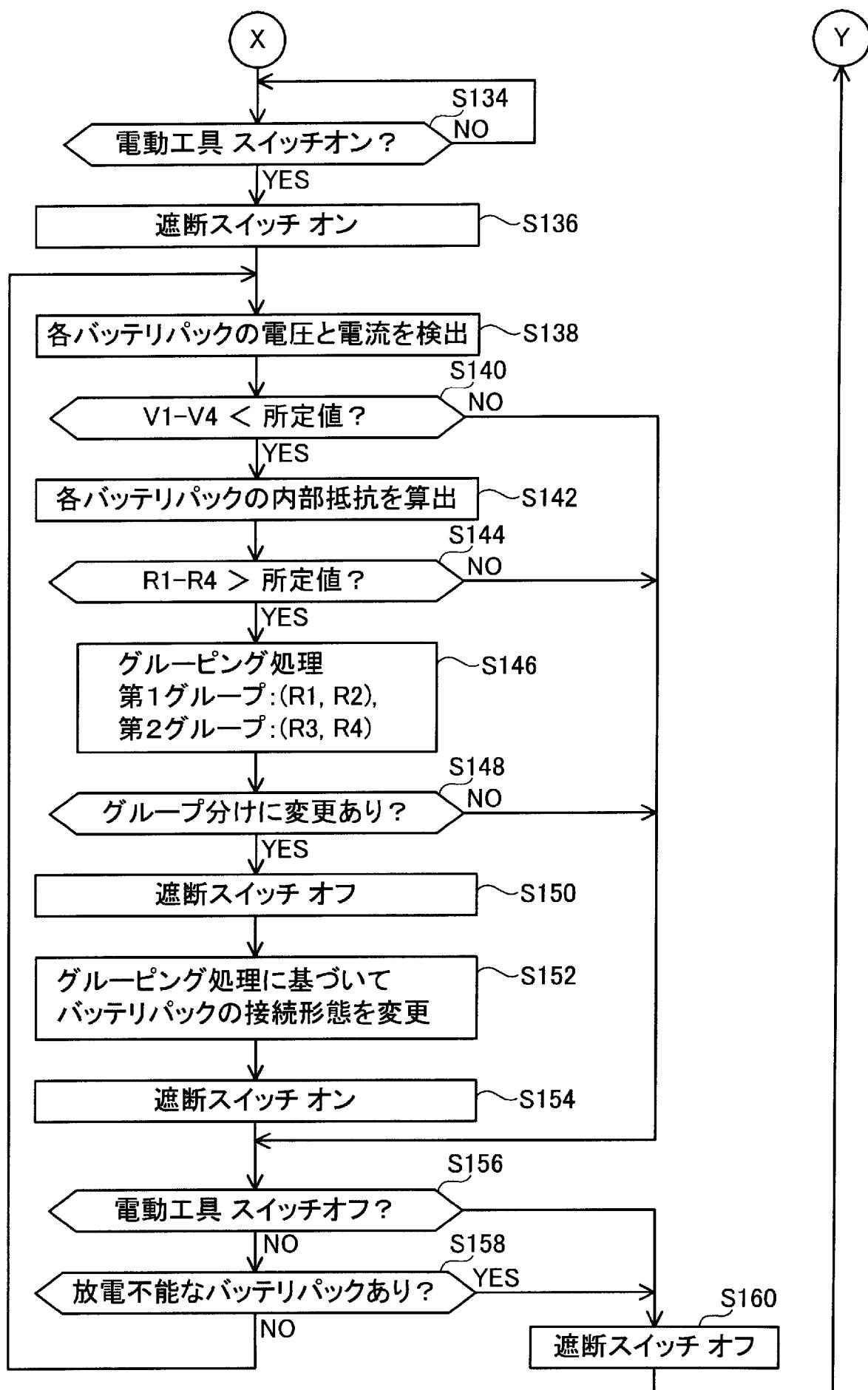
[図10]



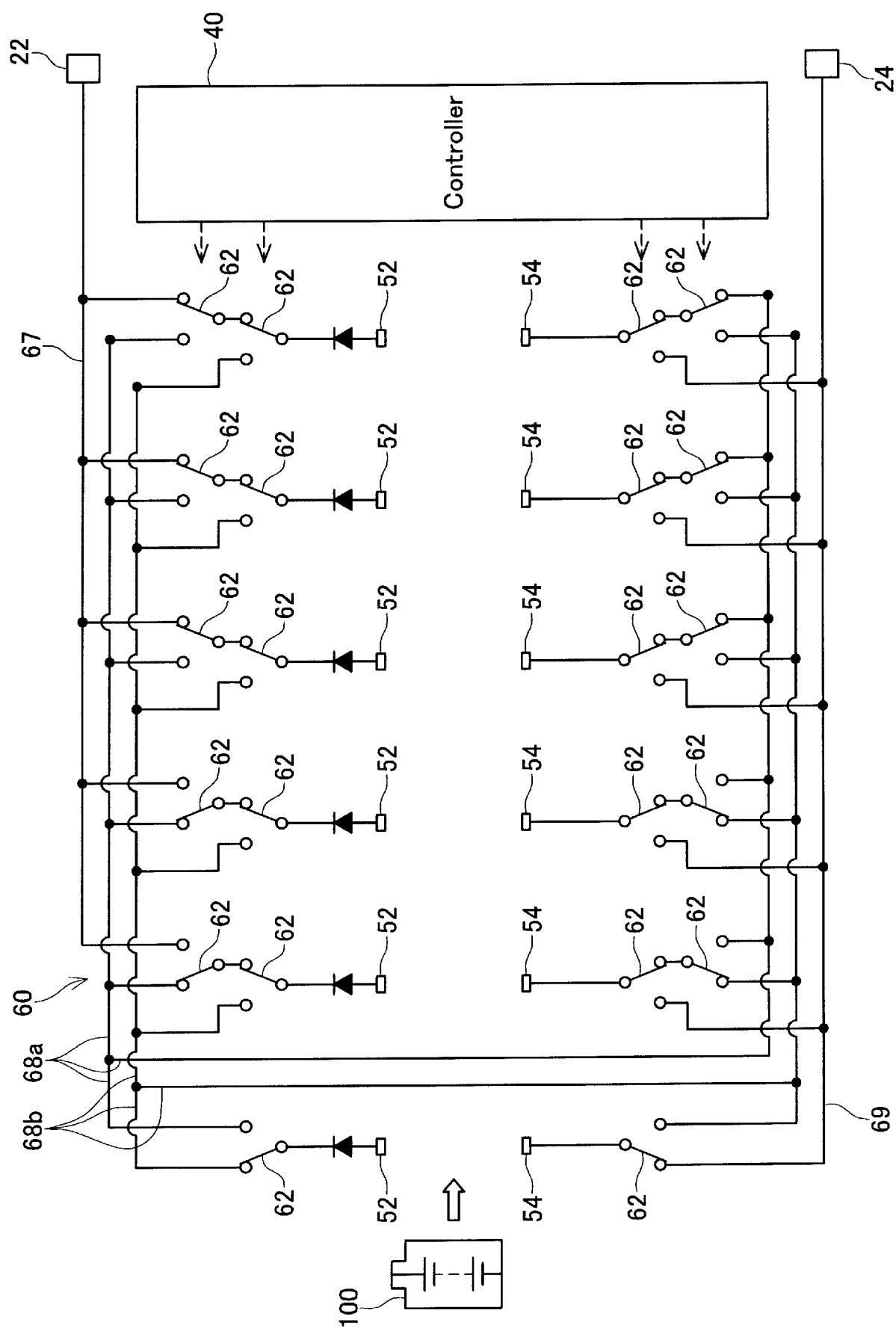
[図11A]



[図11B]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J7/00 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J7/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 Y A	JP 2008-067500 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 21 March 2008 (21.03.2008), paragraphs [0023] to [0028], [0034]; fig. 1, 4, 5 (Family: none)	1, 2 7 3-6, 8
X Y A	WO 2007/046138 A1 (Limited Company TM), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0060], [0084] to [0085], [0114]; fig. 11, 16 & US 2009/0134851 A1 & EP 1947752 A1 & CN 101297458 A	1-4 7 5, 6, 8

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
25 October, 2010 (25.10.10)

Date of mailing of the international search report
02 November, 2010 (02.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064999

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 08-256404 A (Honda Motor Co., Ltd.), 01 October 1996 (01.10.1996), paragraphs [0003], [0026] to [0032]; fig. 1, 3, 4 (Family: none)	7
P,X	JP 2010-172062 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0040] to [0053]; fig. 10, 13, 14 (Family: none)	1-7

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

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

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	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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	JP 2008-067500 A (日産自動車株式会社) 2008.03.21, 段落【0023】-【0028】,【0034】, 図1, 4, 5 (ファミリーなし)	1, 2
Y		7
A		3-6, 8
X	WO 2007/046138 A1 (有限会社ティーエム) 2007.04.26, 段落【0060】,【0084】-【0085】,【0114】, 図11, 16 & US 2009/0134851 A1 & EP 1947752 A1 & CN 101297458 A	1-4
Y		7
A		5, 6, 8

 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 25. 10. 2010	国際調査報告の発送日 02. 11. 2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 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） 宮本 秀一 電話番号 03-3581-1101 内線 3568 5T 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 08-256404 A (本田技研工業株式会社) 1996.10.01, 段落【0003】,【0026】-【0032】, 図1, 3, 4 (ファミリーなし)	7
P, X	JP 2010-172062 A (日産自動車株式会社) 2010.08.05, 段落【0040】-【0053】, 図10, 13, 14 (ファミリーなし)	1-7