

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5484860号
(P5484860)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 J 7/00 (2006.01) H O 2 J 7/00 3 O 2 C
H O 2 J 7/00 K

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-250263 (P2009-250263)	(73) 特許権者	000137292
(22) 出願日	平成21年10月30日(2009.10.30)		株式会社マキタ
(65) 公開番号	特開2011-97766 (P2011-97766A)		愛知県安城市住吉町3丁目11番8号
(43) 公開日	平成23年5月12日(2011.5.12)	(74) 代理人	110000110
審査請求日	平成24年4月27日(2012.4.27)		特許業務法人快友国際特許事務所
		(72) 発明者	榊原 和征
			愛知県岡崎市美合町小豆坂56-1-90
			1
		(72) 発明者	後藤 昌彦
			愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株
			式会社マキタ内
		(72) 発明者	福本 匡章
			愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株
			式会社マキタ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力供給装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のバッテリー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ーが取付可能なバッテリー取付部と、
バッテリー取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリーを電氣的に接続する接続回路を備え、

前記接続回路は、高電位接続線と中電位接続線と低電位接続線とを有し、少なくとも三つのバッテリーについて、各々の正極を高電位接続線と中電位接続線のいずれにも選択的に接続可能であるとともに、各々の負極を中電位接続線と低電位接続線のいずれにも選択的に接続可能であり、前記少なくとも三つのバッテリーについて、前記バッテリー取付部に取り付けられたバッテリーの位置を変更することなく、任意の少なくとも二つのバッテリーを並列に接続するとともに、その並列に接続した任意の少なくとも二つのバッテリーに、他の少なくとも一つのバッテリー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】

バッテリー取付部に取付けられた各々のバッテリー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、バッテリー取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリーを、少なくとも一つのバッテリーグループに少なくとも二つのバッテリーを含まれるように、少なくとも二つのバッテリー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、

10

20

前記接続回路は、同一のバッテリーグループに区分されたバッテリー同士を並列に接続するとともに、異なるバッテリーグループに区分されたバッテリー同士を直列に接続す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】

前記検出部は、バッテリーの状態を示す指標として、バッテリーに残存する電力量、バッテリーの電圧、バッテリーの内部抵抗、バッテリーの通電電流、バッテリーの使用量、バッテリーの劣化状態、バッテリーの温度、の少なくとも一つを検出することを特徴とする請求項2に記載の電力供給装置。

【請求項 4】

前記検出部は、少なくとも各々のバッテリーに残存する電力量を検出し、

前記処理部は、バッテリー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2に記載の電力供給装置。

【請求項 5】

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ー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4に記載の電力供給装置。

【請求項 6】

前記接続回路がバッテリーの接続形態を変更する間、前記接続回路を電氣的に切断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 5 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 7】

前記遮断器は、前記接続回路が形成するバッテリー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ーの間に位置することを特徴とする請求項6に記載の電力供給装置。

【請求項 8】

複数のバッテリー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ーが取付可能なバッテリー取付部と、
バッテリー取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリーを電氣的に接続する接続回路と、

前記接続回路がバッテリーの接続形態を変更する間、前記接続回路を電氣的に切断する遮断器を備え、

前記接続回路は、少なくとも二つのバッテリー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ーに、他の少なくとも一つのバッテリーを直列に接続可能であり、

前記遮断器は、前記接続回路が形成するバッテリー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ーの間に位置することを特徴とする電力供給装置。

【発明の詳細な説明】

【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、複数のバッテリー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】

バッテリー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、複数のバッテリー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ー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ーを用いれば、電気機器の動作時間を長くすることができる。

【0003】

特許文献 1 には、二つのバッテリー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ーパックを、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

10

20

30

40

50

バッテリー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、二つのバッテリー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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2000-308268号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

一般的に、複数のバッテリー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、複数のバッテリーを直列に接続する場合、各々のバッテリーが実質的に同一の状態になれば、複数のバッテリー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、各々のバッテリー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ーでは、各々のバッテリーに同一の電流が流れ、各々のバッテリー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ーは、他のバッテリーよりも早期に電力が尽きてしまう。そして、一部のバッテリーのみでも電力が尽きてしまうと、他のバッテリー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ーからは、電力を供給することができなくなってしまう。

【0006】

20

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ーを用意することは難しい。なお、バッテリーが再充電可能なもの（二次電池）であれば、各々のバッテリー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ー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、各々のバッテリーを予め満充電しておいても、各々のバッテリー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。

【0007】

上記の問題を鑑み、本明細書では、各々のバッテリーに残存する電力量が実質的に同一でなくても、バッテリーを直列に接続して電気機器に大電力を供給しつつ、複数のバッテリー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。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本明細書は、複数のバッテリー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ーが取付可能なバッテリー取付部と、バッテリー取付部に取付けられた少なくとも三つのバッテリーを電氣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ー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ーに、他の少なくとも一つのバッテリーを直列に接続することを特徴とする。特に、接続回路は、高電位接続線と中電位接続線と低電位接続線とを有し、少なくとも三つのバッテリーについて、各々の正極を高電位接続線と中電位接続線のいずれにも選択的に接続可能であるとともに、各々の負極を中電位接続線と低電位接続線のいずれにも選択的に接続可能である。それにより、接続回路は、前記少なくとも三つのバッテリーについて、前記バッテリー取付部に取り付けられたバッテリーの位置を変更することなく、任意の少なくとも二つのバッテリーを並列に接続するとともに、その並列に接続した任意の少なくとも二つのバッテリーに、他の少なくとも一つのバッテリーを直列に接続可能であることが好ましい。

40

ここでいうバッテリーには、バッテリーセルに限られず、複数のバッテリーセルを内蔵するバッテリーパックや組電池も含まれる。また、バッテリーは、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もよい。

【0009】

50

この装置では、バッテリー取付部に少なくとも三つのバッテリーが取り付けられると、少なくとも二つのバッテリーが並列に接続され、並列に接続された少なくとも二つのバッテリーに、他の少なくとも一つのバッテリー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ーが直列に接続され、他の少なくとも一つのバッテリーが、直列に接続された二つのバッテリー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ー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、一部のバッテリーが並列に接続されることで、一部のバッテリーでは放電する電力を減少させることができる。

【0010】

例えば、各々のバッテリー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ーを他のバッテリーと並列に接続し、残存する電力量が多いバッテリーを並列に接続したバッテリー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ー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ーでは放電される電力が大きくなる。その結果、各々のバッテリーに残存する電力量の差が縮小していく。一部のバッテリーのみの電力が早期に尽きるといった事態が避けられ、全てのバッテリー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。

10

【0011】

前記した接続回路は、バッテリー取付部に取り付けられたバッテリーの位置を変更することなく、並列に接続するバッテリー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、バッテリー取付部からバッテリーを取り外すことなく、バッテリーの接続形態を適切に変更することができる。

20

【0012】

上記した装置では、バッテリーの接続形態を、各々のバッテリー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、バッテリーに残存する電力量に応じて、バッテリーの出力電圧やバッテリーの通電電流は変化する。そのことから、バッテリーの出力電圧やバッテリーの通電電流に応じて、バッテリーの接続形態を変更することも好ましい。あるいは、バッテリーに残存する電力量は、バッテリーの使用履歴に応じて減少していく。そのことから、各々のバッテリーに残存する電力量が不明であっても、各々のバッテリーの使用履歴（使用サイクル、使用期間、経験温度など）に応じて、バッテリーの接続形態を変更することも好ましい。さらに、バッテリーの使用履歴に応じてバッテリーの内部抵抗は上昇することから、バッテリーの内部抵抗に応じてバッテリーの接続形態を変更することも好ましい。また、バッテリー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、バッテリーの温度に応じて、バッテリーの接続形態を変更することも好ましい。さらには、バッテリーの内部抵抗に限られず、バッテリーの劣化状態を示す他の指標に応じて、バッテリーの接続形態を変更することも好ましい。

30

【0013】

上記のように、バッテリーの接続形態は、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ー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、バッテリー取付部に取り付けられた各々のバッテリー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、バッテリー取付部に取り付けられた少なくとも三つのバッテリーを、少なくとも一つのバッテリーグループが少なくとも二つのバッテリーを含むように、少なくとも二つのバッテリー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、同一のバッテリーグループに区分されたバッテリー同士を並列に接続するとともに、異なるバッテリーグループに区分されたバッテリー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、各々のバッテリーの状態を示す指標に応じて、バッテリーの接続形態を自動的に変更することができる。

40

【0014】

前記した検出部は、少なくとも各々のバッテリーに残存する電力量を検出することが好ま

50

しい。この場合、処理部は、バッテリー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ー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、各々のバッテリーに残存する電力量が均一でない場合でも、一部のバッテリーのみの電力が早期に尽きるといった事態を避け、全てのバッテリー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ー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ーパックの場合であれば、残存電力量が最大のバッテリー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ーパックを一つのグループに振り分ければ、バッテリー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。

10

【0015】

バッテリーの接続形態が変更される間、前記した接続回路を電氣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、バッテリーの接続形態が変更される際に、バッテリー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ー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ーの間に位置することが好ましい。それにより、バッテリーの接続形態がいかに変更される場合でも、バッテリー同士が誤って短絡することを防止することができる。

20

【発明の効果】

【0017】

本明細書で開示される技術によれば、各々のバッテリーに残存する電力量が実質的に同一でなくても、バッテリーを直列に接続して電気機器に大電力を供給しつつ、複数のバッテリー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。

30

【図2】図2は、電力供給システムの電氣的構造を示す回路図である。

【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ーパックの接続形態をそれぞれ示す。

【図4A】図4Aは、図4B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4AのXは図4BのXに繋がり、図4AのYは図4BのYから繋がる。

【図4B】図4Bは、図4A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。

【図5】図5(a)は、接続回路が四つのバッテリー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。

【図6】図6(a)は、接続回路が四つのバッテリー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。

40

【図7】図7は、各々のバッテリーパックの通電電流の経時変化を示すグラフである。

【図8】図8(a)は、接続回路が三つのバッテリー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ー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。

【図9】図9(a)は、接続回路が三つのバッテリー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ー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。

50

【図１０】図１０（ａ）は、接続回路が三つのバッテリー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ー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。

【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。

【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。

【図１２】図１２は、六つのバッテリーパックに対応する接続回路の構成例を示す。

10

【発明を実施するための形態】

【００１９】

（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と複数のバッテリーパック１００を備えている。電力供給装置１０は、複数のバッテリーパック１００が取り付けられ、複数のバッテリーパック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に限られず、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。

20

【００２０】

電力供給装置１０は、四つのバッテリー取付部１２を有している。四つのバッテリー取付部１２は、電力供給装置１０のハウジングに設けられている。各々のバッテリー取付部１２には、バッテリーパック１００が着脱可能となっている。各々のバッテリーパック１００は、電動工具用のバッテリーパックであり、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、各々のバッテリーパック１００の出力電圧は実質的に１８ボルトである。

【００２１】

電力供給装置１０は、四つのバッテリー取付部１２に取り付けられたバッテリーパック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ーパック１００の少なくとも一部を直列に接続することによって、バッテリーパック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、バッテリーパック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、四つのバッテリーパック１００を必ずしも必要とせず、少なくとも二つのバッテリーパック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、複数のバッテリーパック１００を用いることにより、一つのバッテリーパック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。

30

【００２２】

電力供給装置１０は、バッテリーパック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、バッテリーパック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。

40

【００２３】

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ーパック１００が併せて示している。最初に、バッテ

50

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、バッテリーパック１００は、複数の電池セル１１０と、一对のバッテリー出力端子１０２、１０４と、感温素子１１２と、バッテリーコントローラ１１４と、バッテリー通信端子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。一对のバッテリー出力端子１０２、１０４は、バッテリー正極端子１０２とバッテリー負極端子１０４を備えている。

【００２４】

一对のバッテリー出力端子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。バッテリーコントローラ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。バッテリーコントローラ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、バッテリーコントローラ１１４は、バッテリーパック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、バッテリーコントローラ１１４は、バッテリーパック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。バッテリーコントローラ１１４は、バッテリー通信端子１０６に接続されており、バッテリー通信端子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。

【００２５】

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、一对の出力端子２２、２４と、四対のバッテリー接続端子５２、５４と、一对の出力端子２２、２４と四対のバッテリー接続端子５２、５４を電気的に接続する接続回路６０を備えている。一对の出力端子２２、２４は、正極出力端子２２と負極出力端子２４を有している。一对の出力端子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。

【００２６】

四対のバッテリー接続端子５２、５４は、四つのバッテリー取付部１２にそれぞれ設けられている。即ち、各々のバッテリー取付部１２には、一对のバッテリー接続端子５２、５４が設けられている。各対のバッテリー接続端子５２、５４は、正極接続端子５２と負極接続端子５４を備えている。一对のバッテリー接続端子５２、５４は、バッテリー取付部１２にバッテリーパック１００が取付けられると、そのバッテリーパック１００の一对のバッテリー出力端子１０２、１０４に電気的に接続される。それにより、バッテリーパック１００からの直流電力が、一对のバッテリー接続端子５２、５４を介して電力供給装置１０に供給される。各々のバッテリー接続端子５２、５４から入力された直流電力は、接続回路６０を介して、一对の出力端子２２、２４から出力される。

【００２７】

加えて、各々のバッテリー取付部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、バッテリー取付部１２に取付けられたバッテリーパック１００のバッテリー通信端子１０６に電気的に接続される。即ち、バッテリー取付部１２にバッテリーパック１００が取付けられると、バッテリーコントローラ１１４が電力供給装置１０へ通信可能に接続される。

【００２８】

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对のバッテリー接続端子５２、５４については、

10

20

30

40

50

リレー 6 2 の数を削減するために、正極接続端子 5 2 が中電位接続線 6 8 へ直接的に接続されており、負極接続端子 5 4 が低電位接続線 6 9 へ直接的に接続されている。それにより、八つのリレー 6 2 を必要とすることなく、六つのリレー 6 2 を選択的に切り換えることで、取り付けられた四つのバッテリーパック 1 0 0 の接続形態を変更することができる。

【0029】

各々のダイオード 6 4 は、正極接続端子 5 2 に接続されており、バッテリーパック 1 0 0 に電流が逆流することを防止する。遮断スイッチ 6 6 は、中電位接続線 6 8 に設けられている。遮断スイッチ 6 6 は、必要に応じて接続回路 6 0 を電氣的に切断する素子であり、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 6 2 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 6 2 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。

【0030】

図 3 に、接続回路 6 0 が形成可能な複数のバッテリーパック 1 0 0 の接続形態を示す。図 3 (a) に示すように、二つのバッテリーパック 1 0 0 が取付けられた場合、接続回路 6 0 は、二つのバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 が取付けられた場合、接続回路 6 0 は、少なくとも二つのバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 に、他の少なくとも一つのバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 が存在することから、電力供給装置 1 0 は、バッテリーパック 1 0 0 単体の出力電圧の二倍の電圧 (本実施例では 3 6 ボルト) で、電動工具 2 0 0 に電力を供給することができる。

【0031】

図 3 (a) ~ (f) に示す接続形態は全て、実質的に同一の電圧 (3 6 ボルト) で電動工具 2 0 0 に電力を供給することになる。しかしながら、各々のバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 と下段に位置する一つのバッテリーパック 1 0 0 には実質的に同一の電流が流れ、各々のバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 の残存電力量が 1 0 0 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ーパック 1 0 0 の残存電力量が 5 0 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ーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 に 5 0 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ーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 に合計 1 5 0 パーセントの電力量 (満充電したバッテリーパック 1 0 0 の 1. 5 個分) が残存していても、結果的には 1 0 0 パーセントの電力量 (満充電したバッテリーパックの一つ分) しか供給することができない。このように、二つのバッテリーパック 1 0 0 のみで電力を供給する場合、二つのバッテリーパック 1 0 0 の残存電力量が実質的に同一でなければ、バッテリーパック 1 0 0 に蓄えられた電力を十分に供給することができない。

【0032】

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ーパック 1 0 0 には大きな電流が流れ、下段に位置する二つのバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 と下段に位置する二つのバッテリーパック 1 0 0 の間で、各々のバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 に対して、下段に位置する各々のバッテリーパック 1 0 0 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ーパック 1 0 0 の残存電力量が 1 0 0 パーセント、下段に位置する各々のバッテリーパック 1 0 0 の残存電力量が 5 0 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ーパック１００に対して、下段に位置する各々のバッテリーパック１００は、実質的に半分の電力を放電する。その結果、三つのバッテリーパック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ーパック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ーパックの二つ分）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ーパック１００を一つ追加しただけで、満充電したバッテリー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可能となる。

【００３３】

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ーパック１００を、並列接続と直列接続を組み合わ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、それらのバッテリーパック１００の残存電力量が均一でない場合でも、バッテリーパック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６２によって行われるので、ユーザはバッテリー取付部１２に取付けたバッテリーパック１００の位置を変更する必要がある。さらに、本実施例の電力供給装置１０では、後述するように、取付けられたバッテリーパック１００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。

【００３４】

加えて、図３（ａ）～（ｆ）に示すように、接続回路６０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ーパック１００の間に、遮断スイッチ６６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６６をオフ（開放）させることで、バッテリーパック１００の短絡を確実に防止することができる。

【００３５】

続いて、電力供給装置１０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１０は、工具スイッチ検知部３０と、バックアップ電源部７０と、メインコントローラ４０を備えている。

【００３６】

メインコントローラ４０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６０の各リレー６２に接続されており、六つのリレー６２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４０は、電圧検出ライン４２、４４を介して接続回路６０に接続されており、電圧検出ライン４２、４４の電圧に基づいて、各バッテリーパック１００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４０は、電圧検出ライン４４の電圧に基づいて、各バッテリーパック１００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４０は、検出した出力電圧に基づいて、各バッテリーパック１００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４０は、電圧検出ライン４２と電圧検出ライン４４の電圧差に基づいて、バッテリーパック１００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４２と電圧検出ライン４４の間には、バッテリーパック１００の通電電流に応じてダイオード６４による電圧差が生じる。さらに、メインコントローラ４０は、検出したバッテリーパック１００の出力電圧及び通電電流に基づいて、バッテリーパック１００の内部抵抗を算出することができる。

【００３７】

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、バッテリーパック１００のバッテリーコントローラ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、バッテリーコントローラ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。

【００３８】

10

20

30

40

50

バックアップ電源部 70 は、バッテリーパック 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、バッテリーパック 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ー取付部 12 に少なくとも一つのバッテリーパック 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。

【0039】

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 の電圧を検知するとともに、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。

【0040】

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、バッテリーパック 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。

【0041】

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、一対の出力端子 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、全てのバッテリーパック 100 に電流が流れていないことを検出すると、電動工具 200 のスイッチがオフされたと判断する。

【0042】

次に、図 4 A、図 4 B 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、バッテリーパック 100 がバッテリー取付部 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、バッテリーパック 100 の取付けは、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、バッテリーパック 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、四つのバッテリーパック 100 が取り付けられるか、一つ目のバッテリーパック 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、四つのバッテリーパック 100 a ~ 100 d が取り付けられたものとして、以下の説明を続ける。

【0043】

ステップ S12 では、メインコントローラ 40 が、各々のバッテリーパック 100 の残存電力量を検出する。バッテリーパック 100 の残存電力量は、バッテリーパック 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、各々のバッテリーパック 100 の出力電圧を検出し、検出した出力電圧に基づいて、各々のバッテリーパック 100 の残存電力量を算出する。ここでは、一つのバッテリーパック 100 a の残存電力量が略 100 パーセントであり、他の三つのバッテリーパック 100 b ~ d の残存電力量が略 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、バッテリーパック 100 の残存電力量をハッチングによって模式的に示す。

【0044】

ステップ S14 では、メインコントローラ 40 が、ステップ S12 で検出した各々のバッテリーパック 100 の残存電力量に基づいて、放電可能なバッテリーパック 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ーパック 100 が二つ以上あればステップ S16 の処理に進み、そうでなければステップ S50 の処理に進む。なお、一つのバッテリーパック 100 のみを取り付けられた場合でも、電力の残存するバッテリーパック 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 S50 の処理へ進むことになる。ステップ S50 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、ユーザにバッテリーパック 100 の交換を促す（処理終了）。

10

【0045】

ステップ S16 に進んだ場合、メインコントローラ 40 は、ステップ S12 で検出した各々のバッテリーパック 100 の残存電力量に基づいて、バッテリーパック 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 バッテリーパック 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 バッテリーパック 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 バッテリーパック 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 バッテリーパック 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ーパック 100 a が第 1 バッテリーパックとされ、40 パーセントの残存電力量を有するバッテリーパック 100 b ~ d がそれぞれ第 2 ~ 第 4 バッテリーパックとされる。

20

【0046】

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ーパック 100 を、二つのバッテリー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、バッテリー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、バッテリーパック 100 のグループ分けを行う。そのために、まず、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、バッテリーグループの合計電力量とは、そのバッテリーグループに含まれる一又は複数のバッテリーパック 100 の残存電力量の合計を意味する。

30

$$|X1 - (X2 + X3 + X4)| < |(X1 + X4) - (X2 + X3)| \quad \cdots (1)$$

【0047】

上記した式 (1) の左辺は、一つのバッテリーグループを第 1 バッテリーパック 100 a のみで構成し、他の一つのバッテリーグループを第 2 ~ 第 4 バッテリーパック 100 b ~ 100 d 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、バッテリーグループ毎の合計電力量（X1 と、X2 + X3 + X4）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、一つのバッテリーグループを第 1 及び第 4 バッテリーパック 100 a、100 d で構成し、他の一つのバッテリーグループを第 2 及び第 3 バッテリーパック 100 b、100 c 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、バッテリーグループ毎の合計電力量（X1 + X4 と、X2 + X3）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ーグループ毎の合計電力量の間に生じる差と、第 2 のグループ分けの場合にバッテリーグループ毎の合計電力量の間に生じる差の、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 S22 へ進む。

40

【0048】

ステップ S20、S22 では、バッテリーパック 100 a ~ 100 d のグループ分けが決定される。ステップ S20 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 バッテリーパック 100 a を一つのバッテリーグループに振り分け、第 2 ~ 第 4 バッテリーパック 100 b ~ 100 d を他の一つのバッテリーグループに振り分

50

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4 0は、第2のグループ分けを採用する。即ち、第1及び第4バッテリーパック1 0 0 a、1 0 0 dを一つのバッテリーグループに振り分け、第2及び第3バッテリーパック1 0 0 b、1 0 0 d cを他の一つのバッテリー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、バッテリー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バッテリーパック1 0 0 aの残存電力量X 1が1 0 0パーセントであり、第2～第4バッテリーパック1 0 0 b～1 0 0 dの残存電力量X 2～X 4が4 0パーセントであるとする、この場合は第1のグループ分けが選択される。

【0 0 4 9】

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、四つのバッテリーパック1 0 0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4 0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4 0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。

【0 0 5 0】

ステップS 2 6では、メインコントローラ4 0が、接続形態の変更に先立って、遮断スイッチ6 6をターンオフする。それにより、接続回路6 0の中電位接続線6 8が電氣的に切断され、例えばバッテリーパック1 0 0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S 2 8では、メインコントローラ4 0が、決定されたグループ分けに基づいて、接続回路6 0の各々のリレー6 2を選択的に切り換える。詳しくは、同一のバッテリーグループに区分されたバッテリーパック1 0 0が並列に接続され、異なるバッテリーグループに区分されたバッテリーパック1 0 0が直列に接続されるように、各々のリレー6 2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6 2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6 0は、同一のバッテリーグループに区分された第2～第4バッテリーパック1 0 0 b～1 0 0 dを並列に接続し、並列に接続された第2～第4バッテリーパック1 0 0 b～1 0 0 dに対して、第1バッテリーパック1 0 0 aを直列に接続する。

【0 0 5 1】

ステップS 3 0では、メインコントローラ4 0が、全てのバッテリーパック1 0 0に残存する合計電力量を計算する。次いで、ステップS 3 2では、メインコントローラ4 0が、計算した合計電力量を表示部1 6によって表示する。本実施例の電力供給装置1 0は、バッテリーパック1 0 0の接続形態を適宜変更することによって、全てのバッテリーパック1 0 0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1 6によって表示される合計電力量と、電力供給装置1 0が実際に供給する電力量が、正確に一致する。

【0 0 5 2】

ステップS 3 4では、電動工具2 0 0のスイッチがオンされるまで、電力供給装置1 0は待機する。ここで、電動工具2 0 0のスイッチオンは、工具スイッチ検知部3 0によって検出される。なお、この時点で接続回路6 0の遮断スイッチ6 6はオフされているので、電動工具2 0 0のスイッチがオンされても、バッテリーパック1 0 0から電動工具2 0 0へ電力は供給されない。メインコントローラ4 0は、電動工具2 0 0のスイッチオンが検出されると、ステップS 3 6の処理に進む。

【0 0 5 3】

ステップS 3 6では、メインコントローラ4 0が、接続回路6 0の遮断スイッチ6 6をオンさせる。それにより、バッテリーパック1 0 0から電動工具2 0 0への電力供給が開始される。ステップS 3 8では、メインコントローラ4 0が、各々のバッテリーパック1 0 0

の出力電圧及び通電電流を検出する。各々のバッテリーパック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。

【0054】

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、全てのバッテリーパック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。

10

【0055】

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、上述したバッテリーパック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、各々のバッテリーパック100の残存電力量に応じて、バッテリーパック100の接続形態が適宜変更される。

【0056】

電動工具200への電力供給に伴い、各々のバッテリーパック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バッテリーパック100aは、並列に接続された他のバッテリーパック100b~100dと比較して、略3倍の電力を放電する。従って、第1バッテリーパック100aの残存電力量($X1=100$ パーセント)と、第2~第4バッテリーパック100b~100dの残存電力量($X2\sim X4=40$ パーセント)の差は、徐々に小さくなり、第1バッテリーパック100aが90パーセント分の電力量を消費した段階で、全てのバッテリーパック100a~100dの残存電力量が等しくなる(計算上は、 $X1\sim X4=10$ 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バッテリーパック100aの電力が先に尽きてしまい、他のバッテリーパック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。

20

【0057】

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

30

【0058】

図7は、各々のバッテリーパック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バッテリーパック100aの通電電流が大きく、第2~第4バッテリーパック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、全てのバッテリーパック100a~100dの通電電流は略等しくなる。そして、時刻t2において、バッテリーパック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、バッテリーパック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、バッテリーパック100a~100dを、最初(時刻ゼロ)

40

50

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バッテリーパック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。

【0059】

図8～図10は、電力供給装置10に三つのバッテリーパック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、三つのバッテリーパック100a～100cの取付位置が異なっている。接続回路60は、三つのバッテリーパック100a～100cのみが接続された場合でも、各々のバッテリーパック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、バッテリーパック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。

10

【0060】

(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。機械的及び電氣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。

20

【0061】

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。バッテリーパック100がバッテリー取付部12に取り付けられると(ステップS110)、メインコントローラ40が各々のバッテリーパック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ーパック100の出力電圧に基づいて、放電可能なバッテリーパック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、バッテリーパック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ーパック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、ユーザにバッテリーパック100の交換を促す(処理終了)。

30

【0062】

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ーパック100の出力電圧に基づいて、バッテリーパック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バッテリーパック100とし、二番目に高い出力電圧V2のものを第2バッテリーパック100とし、三番目に高い出力電圧V3のものを第3バッテリーパック100とし、四番目に高い出力電圧V4のものを第4バッテリーパック100とする。なお、バッテリーパック100の出力電圧は、バッテリーパック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ーパック100の順位付けと、実施例1の残存電力量に基づくバッテリーパック100の順位付けは、多くの場合、同じ結果となる。

40

【0063】

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ーパック100を、二つのバッテリー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、バッテリー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、バッテリーパック100のグルー

50

プ分けを行う。そのために、先ず、ステップS 1 1 8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。

$$|V1 - (V2 + V3 + V4)| < |(V1 + V4) - (V2 + V3)| \quad \cdots (2)$$

【0064】

上記した式(2)の左辺は、一つのバッテリグループを第1バッテリーパック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バッテリーパック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バッテリーパック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バッテリーパック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に生じる差と、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に生じる差の、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S 1 2 0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 1 2 2へ進む。

【0065】

ステップS 1 2 0、S 1 2 2では、バッテリーパック100のグループ分けが決定される。ステップS 1 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。一方、ステップS 1 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。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S 1 2 4～S 1 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、四つのバッテリーパック100の接続形態が変更される。ステップS 1 2 4～S 1 2 8の処理は、実施例1で説明した図4AのステップS 2 4～S 2 8の処理と実質的に同一である。

【0066】

ステップS 1 3 0では、メインコントローラ40が、全てのバッテリーパック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ーパック100の出力電圧に基づいて計算される。次いで、ステップS 1 3 2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 1 3 4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 1 3 6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、バッテリーパック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 1 3 8では、メインコントローラ40が、各々のバッテリーパック100の出力電圧及び通電電流を検出する。ステップS 1 3 0～S 1 3 8の処理は、実施例1で説明した図4A、図4BのステップS 3 0～S 3 8の処理と実質的に同一である。

【0067】

ステップS 1 4 0では、メインコントローラ40が、最高電圧を有する第1バッテリーパック100の出力電圧V1と、最低電圧を有する第4バッテリーパック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、四つのバッテリーパック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、四つのバッテリーパック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 1 4 2の処理へ進み、バッテリーパック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 1 5 6へスキップし、バッテリーパック100の出力電圧に基づく現在の接続形態が維持される。

【0068】

ステップS142では、メインコントローラ40が、各々のバッテリーパック100の内部抵抗を検出する。バッテリーパック100の内部抵抗は、ステップS112及びステップS138で検出されたバッテリーパック100の出力電圧と通電電流から計算される。即ち、各々のバッテリーパック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。

【0069】

ステップS144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、四つのバッテリーパック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、バッテリーパック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、四つのバッテリーパック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。

10

【0070】

ステップS146では、メインコントローラ40が、各々のバッテリーパック100の内部抵抗に基づいて、四つのバッテリーパック100を二つのバッテリー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ーパック100を一つのバッテリー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ーパック100を他の一つのバッテリー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ーパック100同士が、同じバッテリーグループに振り分けられる。

20

【0071】

ステップS148～S154では、決定されたグループ分けに基づいて、バッテリーパック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。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、同一のバッテリーグループに区分されたバッテリーパック100が並列に接続され、異なるバッテリーグループに区分されたバッテリーパック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。

30

【0072】

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ーパック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ーパック100の間で、一方のバッテリーパック100に通電電流が偏ることを防ぐことができる。その結果、バッテリーパック100の過熱や異常劣化が抑制される。

40

【0073】

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ーパック100

50

の有無を検出する。バッテリーパック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ーパック１００の出力電圧によって判断する。放電不能なバッテリーパック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。

【００７４】

以上のように、実施例２の電力供給装置１０では、バッテリーパック１００の出力電圧と通電電流に基づいて、バッテリーパック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、バッテリーパック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ーパック１００の接続形態を決定することができる。そのことから、バッテリーパック１００の過熱や異常劣化を抑制しながら、バッテリーパック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、バッテリーパック１００の内部抵抗は、バッテリーパック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、バッテリーパック１００の内部抵抗に代えて、バッテリーパック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ーパック１００の接続形態を決定してもよい。バッテリーパック１００のバッテリーコントローラ１１４には、バッテリーパック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、バッテリーコントローラ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。

【００７５】

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、特許請求の範囲を限定するものではない。特許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。

【００７６】

例えば、電力供給装置１０は、少なくとも三つのバッテリーパック１００が取付可能であればよく、より多くのバッテリーパック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ーパック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、六つのバッテリーパック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、三つのバッテリーパック１００を直列に接続することができ、バッテリーパック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。

【００７７】

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ーパック１００を利用するが、電力供給装置１０の技術によれば、再充電不能なバッテリー（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、新品ではないが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。

【００７８】

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。

【００７９】

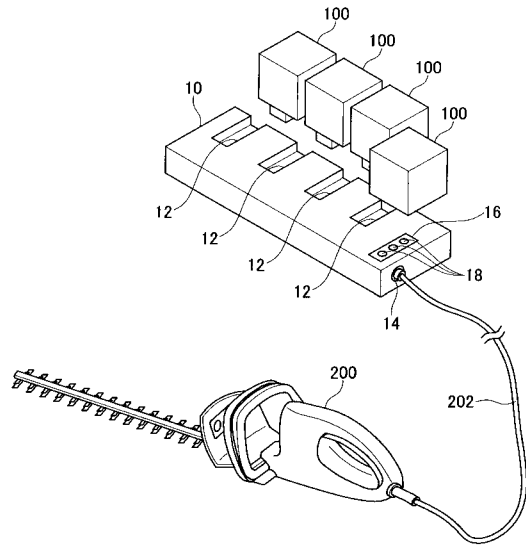
本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時の請求項に記載の組合せに限定されるものではない。本明細書または図面に例示した技術は複数の目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【符号の説明】

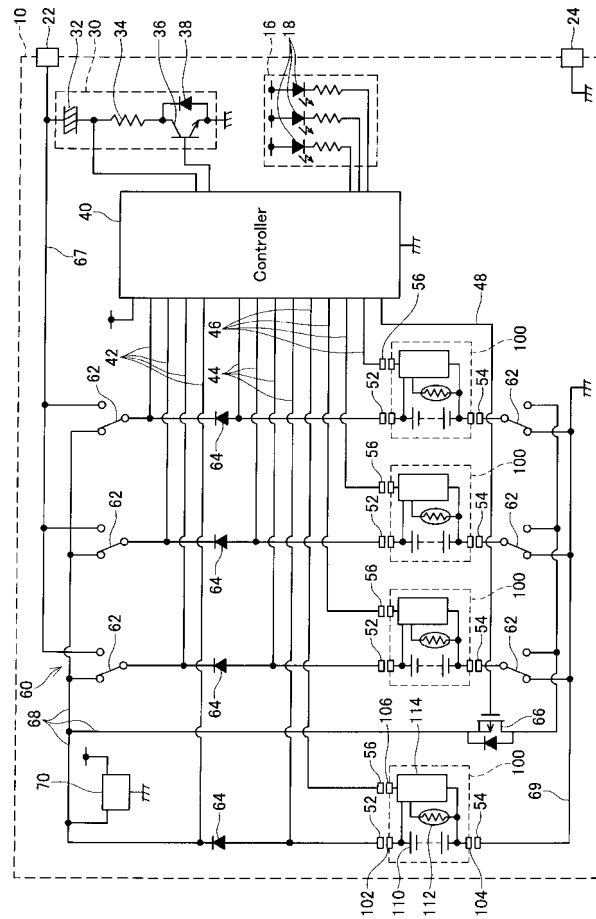
【0080】

10：電力供給装置	
12：バッテリー取付部	
14：出力部	
16：表示部	
18：発光ダイオード	
22：正極出力端子	
24：負極出力端子	
30：工具スイッチ検知部	10
32：コンデンサ	
34：抵抗	
36：トランジスタ	
38：ダイオード	
40：メインコントローラ	
42：電圧検出ライン	
44：電圧検出ライン	
52：バッテリー接続端子	
52：正極接続端子	
54：負極接続端子	20
56：通信端子	
60：接続回路	
62：リレー	
64：ダイオード	
66：遮断スイッチ	
67：高電位接続線	
68：中電位接続線	
69：低電位接続線	
70：バックアップ電源部	
100：バッテリーパック	30
102：バッテリー正極端子	
104：バッテリー負極端子	
106：バッテリー通信端子	
110：電池セル	
112：感温素子	
114：バッテリーコントローラ	
200：電動工具	
202：コード	

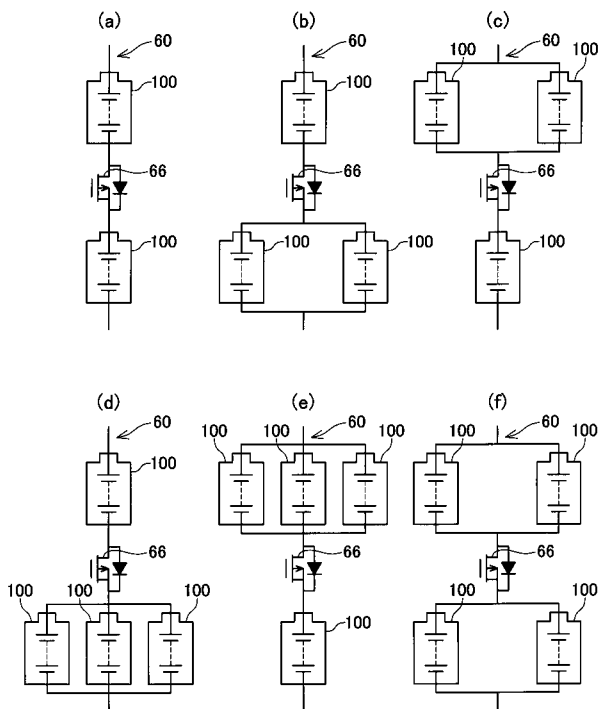
【図 1】



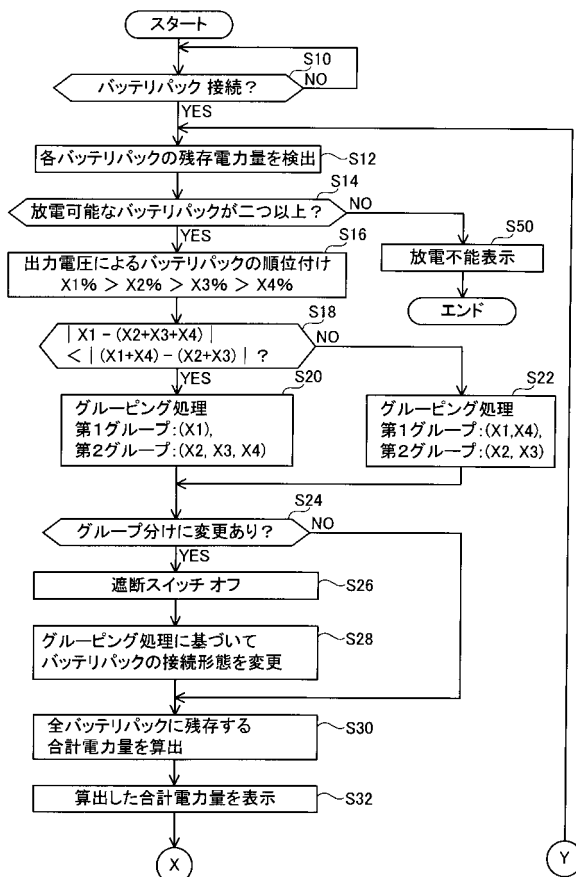
【図 2】



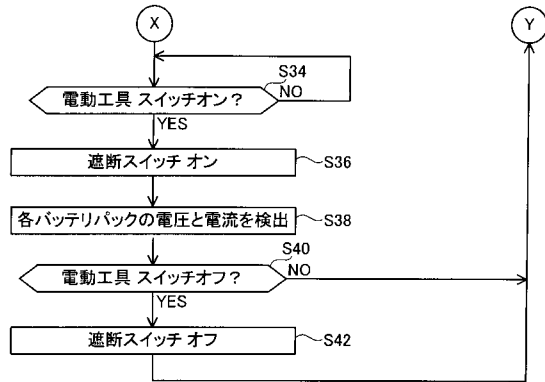
【図 3】



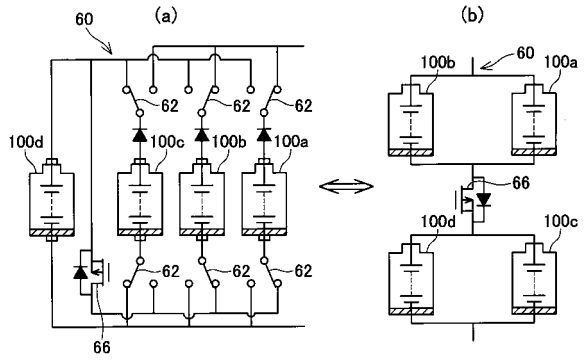
【図 4 A】



【図 4 B】

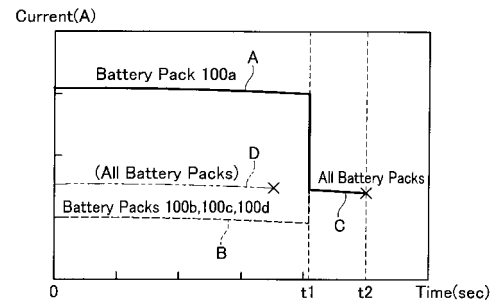
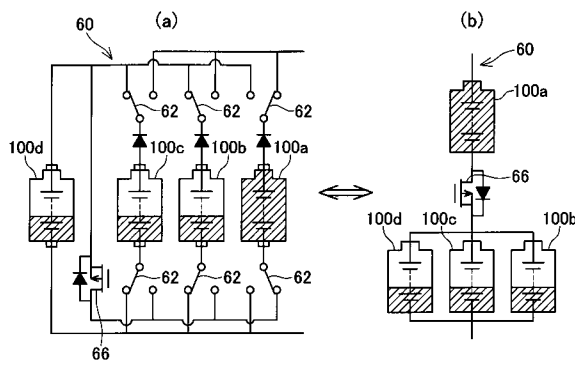


【図 6】

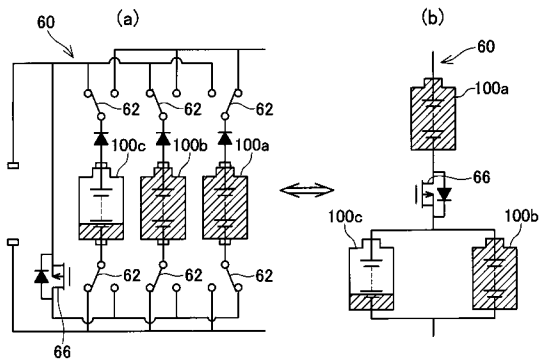


【図 7】

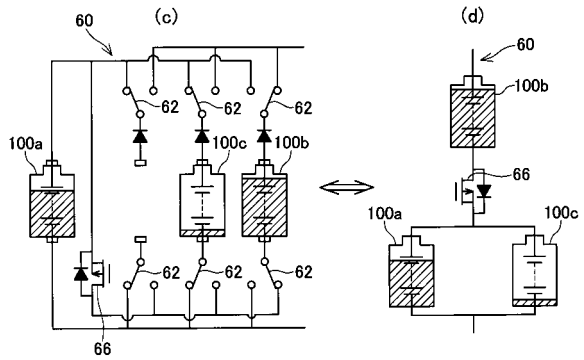
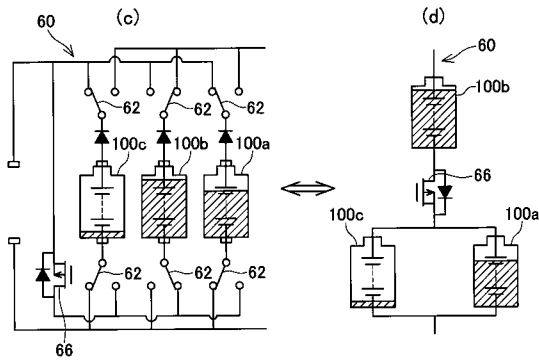
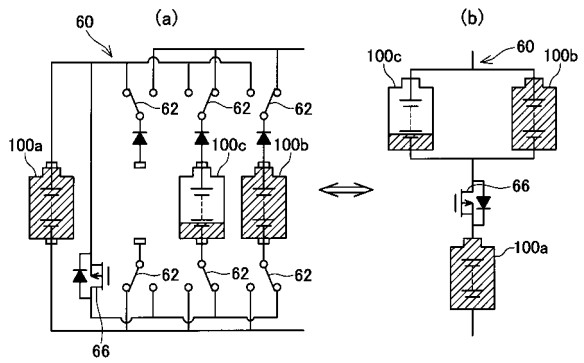
【図 5】



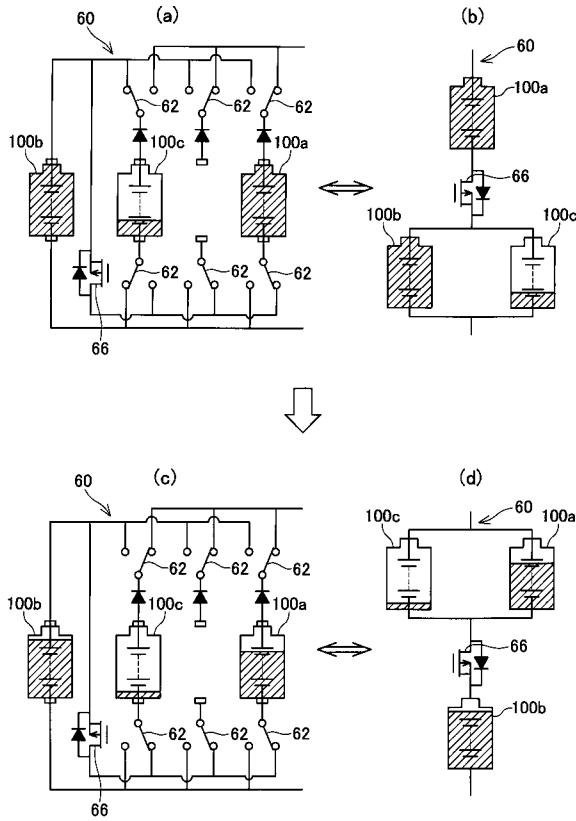
【図 8】



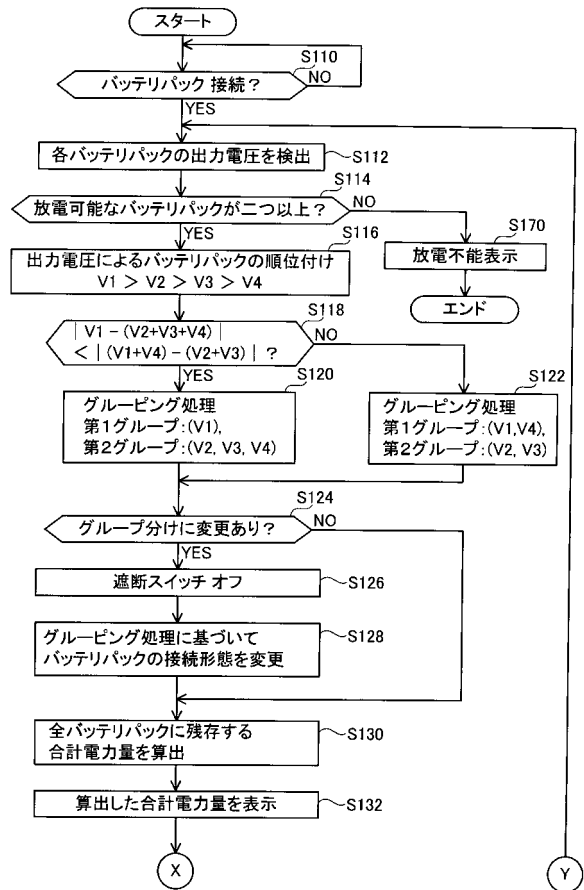
【図 9】



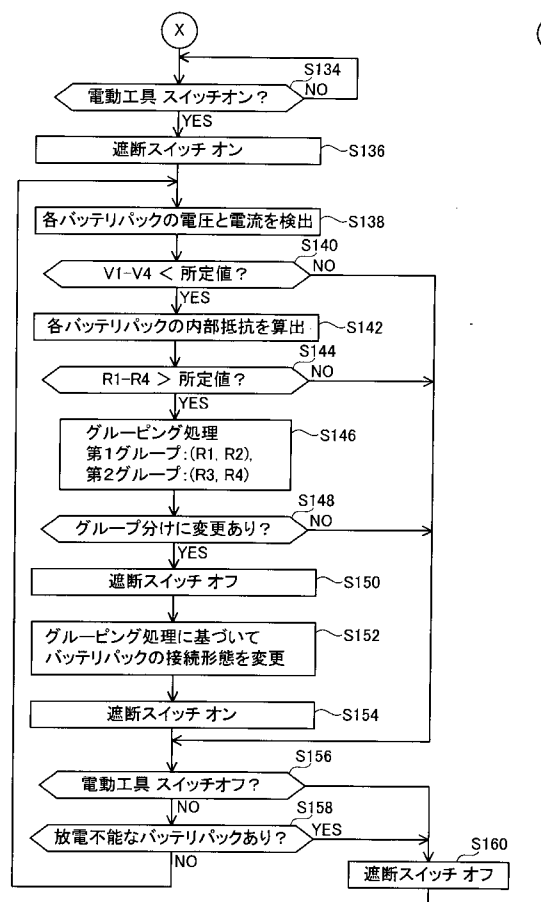
【図10】



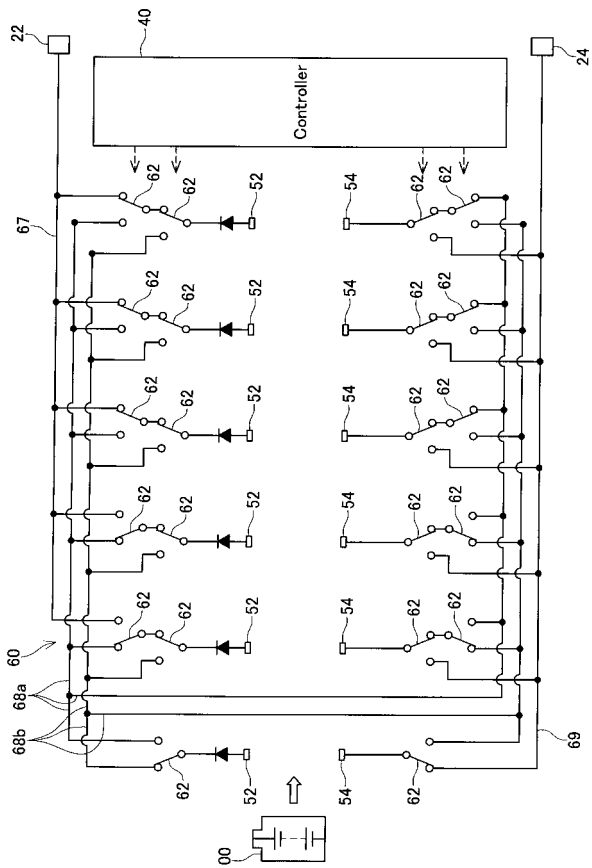
【図11A】



【図11B】



【図12】



フロントページの続き

審査官 宮本 秀一

- (56)参考文献 特開2008-067500 (JP, A)
国際公開第2007/046138 (WO, A1)
特開平08-256404 (JP, A)
特開2010-172062 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 7/00- 7/12、 7/34- 7/36