

(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
2015 年 12 月 17 日(17.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/190094 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 7/34 (2006.01) *H02J 1/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002905
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 10 日(10.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-120288 2014 年 6 月 11 日(11.06.2014) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 阪東 聡一郎(BANDO, Soichiro). 林 正人(HAYASHI, Masato). 片岡 幹彦(KATAOKA, Miki-hiko). 徳重 貴之(TOKUSHIGE, Takayuki). 大野 達也(OHNO, Tatsuya).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所(PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町 1 2 3 番地の 1 貿易ビル 3 階 Hyogo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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).

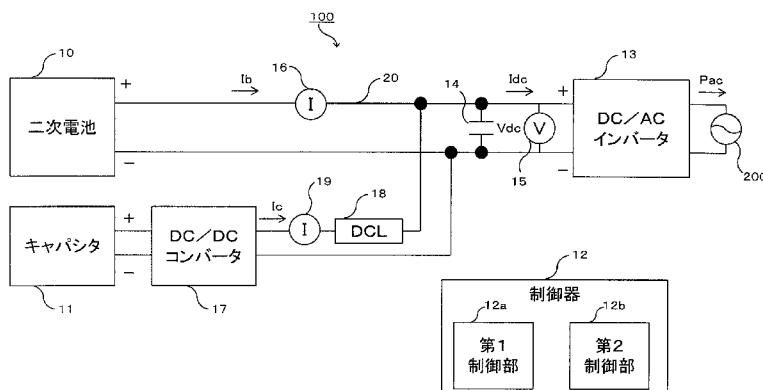
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING SAME

(54) 発明の名称: 電力貯蔵システムおよびその制御方法

[図1]



(57) Abstract: This electrical energy storage system (100) supplies electrical energy to a load (200), and is provided with a secondary battery (10), a capacitor (11) that is connected in parallel to the secondary battery (10), and a controller (12) that controls such that the capacitor (11) is preferentially charged and discharged over the secondary battery (10).

(57) 要約: 電力貯蔵システム 100 は、負荷 200 に電力を供給する電力貯蔵システム 100 であって、二次電池 10 と、前記二次電池 10 に並列に接続されたキャパシタ 11 と、前記二次電池 10 より優先的に前記キャパシタ 11 を充放電させるように制御する制御器 12 と、を備えている。

- 10... SECONDARY BATTERY
11... CAPACITOR
12... CONTROLLER
12a... FIRST CONTROL UNIT
12b... SECOND CONTROL UNIT
13... DC/AC INVERTER
17... DC/DC CONVERTER

明 細 書

発明の名称：電力貯蔵システムおよびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、二次電池およびキャパシタを備えている電力貯蔵システムおよびその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、高エネルギー密度および高出力密度を両立する電力貯蔵システムとして、二次電池およびキャパシタを組み合わせたハイブリッドシステムが知られている。ただし、二次電池の寿命の短さがハイブリッドシステムを船舶などの輸送機器に搭載する上で問題となっている。このため、長寿命化を図ったハイブリッドシステムとして、たとえば、非特許文献1のハイブリッド電源システムが知られている。

[0003] このハイブリッド電源システムでは、低周波成分の電力を電池が供給し、高い周波数成分の電力を電気二重層キャパシタが供給している。この高周波成分をH P F（High Pass Filter）で分離して、H P Fの時定数 T_{EDLC} をキャパシタの容量および充放電周期に基づいて設定している。また、キャパシタの過充電および過放電を防止するために、比例補償器を用いて、電池がキャパシタの損失分を供給できるように比例補償器の比例ゲイン k_p を設定している。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：能美雄貴、近藤圭一郎著「電池・キャパシタハイブリッド電源システムにおける電池の長寿命化、損失低減に適した蓄電装置搭載質量の決定法」平成25年電気学会産業応用部門大会 ⅠV-125～ⅠV-128

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記ハイブリッド電源システムでは、制御パラメータ（H P Fの時定数 T_E

T_{EDLC} 、比例補償器の比例ゲイン k_p) が負荷変動の特性 (周波数、大きさ) に依存するため、ハイブリッド電源システムが汎用性に欠けている。

[0006] すなわち、キャパシタの容量および充放電周期に基づいた H P F の時定数 T_{EDLC} は、負荷変動の周波数に依存して設定される。たとえば、時定数 T_{EDLC} は、キャパシタが負担する負荷変動の周波数 F_1 に対応した時定数 T_1 ($= 1 / F_1$) より大きく、電池が負担する負荷変動の周波数 F_2 に対応した時定数 T_2 ($= 1 / F_2$) より小さな値に設定される。この場合、充放電パターンの変化や別システムへの適用などによって負荷変動の周波数が変化すると、設定された時定数 T_{EDLC} が変化した負荷変動の周波数に適合しなくなる。 $T_1 < T_2 < T_{EDLC}$ になると、全ての電力をキャパシタが負担することになる。一方、 $T_{EDLC} < T_1 < T_2$ になると、全ての電力を電池が負担することになる。よって、負荷変動の周波数に応じて時定数 T_{EDLC} を調整しなければならない。

[0007] また、比例補償器の比例ゲイン k_p は負荷変動の大きさに依存する。負荷変動の大きさに対して比例ゲイン k_p が小さすぎると、キャパシタの損失を補償できず、キャパシタの電圧が下限に達してしまう。一方、負荷変動の大きさに対して比例ゲイン k_p が大きすぎると、キャパシタの電圧を一定にしようと働き、電池からの電力供給が増加してしまう。よって、負荷変動の大きさに応じて比例ゲイン k_p を調整しなければならない。

[0008] 本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、汎用性が高く、長寿命化が図られた電力貯蔵システムおよびその制御方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明のある態様に係る電力貯蔵システムは、負荷側端子が負荷に接続される電力変換器と、前記電力変換器の電源側端子に接続された二次電池と、前記電力変換器の電源側端子に DC / DC コンバータを介して前記二次電池に並列に接続されたキャパシタと、前記二次電池より前記キャパシタを優先して充放電させるように前記 DC / DC コンバータを制御する制御器と、を

備えている。

[0010] この構成によれば、二次電池およびキャパシタの充放電が負荷変動の周波数および大きさに依存しないので、電力貯蔵システムの汎用性が高い。また、二次電池よりキャパシタを優先して充放電させるので、二次電池よりキャパシタを優先しない場合に比べて二次電池の充放電回数が減少し、二次電池の寿命が長くなる。その結果、電力貯蔵システムの長寿命化を図ることができる。

[0011] 電力貯蔵システムでは、前記制御器は、零または零に近い所定の二次電池電流目標値に対する前記二次電池の電流の偏差に基づいて前記キャパシタの電流目標値を生成する第1制御部と、前記キャパシタの電流目標値に対する前記キャパシタの電流の偏差に基づいて前記DC/DCコンバータの通流率を生成し、これを前記DC/DCコンバータに出力する第2制御部と、を含んでいてもよい。

[0012] この構成によれば、負荷変動の際に、二次電池の電流が所定の二次電池電流目標値に抑制される。従って、所定の二次電池電流目標値に応じて、二次電池の充放電回数が抑制され、その分、二次電池よりキャパシタが優先して充放電される。

[0013] 電力貯蔵システムでは、前記所定の二次電池電流目標値は、前記二次電池の一時間電流率以下の電流値であってもよい。この一時間電流率は、一時間で二次電池の残存容量SOC (State Of Charge) を充電または放電することができる電流値である。

[0014] この構成によれば、効果的に二次電池の充放電回数が抑制され、効果的に二次電池の寿命が長くなる。その結果、効果的に電力貯蔵システムの長寿命化を図ることができる。

[0015] 電力貯蔵システムでは、前記所定の二次電池電流目標値は、零であってもよい。

[0016] この構成によれば、最も効果的に二次電池の充放電回数が抑制され、最も効果的に二次電池の寿命が長くなる。その結果、最も効果的に電力貯蔵シス

テムの長寿命化を図ることができる。

[0017] 電力貯蔵システムでは、前記第1制御部は、前記二次電池のSOCを所定値に維持するための電流と、前記所定の二次電池電流目標値に対する前記二次電池の電流の偏差とに基づいて前記キャパシタの電流目標値を生成するように構成されていてもよい。

[0018] この構成によれば、二次電池のSOCを所定値に維持することができる。

[0019] 本発明のある態様に係る電力貯蔵システムの制御方法は、負荷側端子が負荷に接続される電力変換器と、前記電力変換器の電源側端子に接続された二次電池と、前記電力変換器の電源側端子にDC/DCコンバータを介して前記二次電池に並列に接続されたキャパシタと、制御器と、を備えた電力貯蔵システムの制御方法であって、前記制御器は、前記二次電池より前記キャパシタを優先して充放電させるように前記DC/DCコンバータを制御する。

発明の効果

[0020] 本発明は、以上に説明した構成を有し、汎用性が高く、長寿命化が図られた電力貯蔵システムおよびその制御方法を提供することができるという効果を奏する。

[0021] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、および利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の実施形態1に係る電力貯蔵システムの構成を示す機能ブロック図である。

[図2]図1の電力貯蔵システムを搭載した船舶を概略的に示す図である。

[図3]図1の電力貯蔵システムの制御器の構成例を示す図である。

[図4]電力の第1充放電パターンを示すグラフである。

[図5]電力の第2充放電パターンを示すグラフである。

[図6]第1充放電パターンの充放電による二次電池の損失量を示すグラフである。

[図7]第2充放電パターンの充放電による二次電池の損失量を示すグラフであ

る。

[図8]図8 Aは、実施例の電力貯蔵システムにおける第2充放電パターン、二次電池およびキャパシタの各電力を示すグラフである。図8 Bは、実施例の電力貯蔵システムにおける二次電池およびキャパシタの各電流を示すグラフである。

[図9]図9 Aは、比較例の電源システムにおける第2充放電パターン、二次電池およびキャパシタの各電力を示すグラフである。図9 Bは、比較例の電源システムにおける二次電池およびキャパシタの各電流を示すグラフである。

[図10]第2充放電パターンの充放電時における実施例の電力貯蔵システムの二次電池およびキャパシタの各残存容量を示すグラフである。

[図11]第2充放電パターンの充放電時における比較例の電源システムの二次電池およびキャパシタの各残存容量を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下では全ての図面を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0024] (実施の形態1)

図1は、実施形態1に係る電力貯蔵システム100の構成を示す機能ブロック図である。図2は、電力貯蔵システム100を搭載した船舶300を概略的に示す図である。図1に示す電力貯蔵システム100の用途は、特に限定されず、たとえば、車両などの移動体に用いられる。この電力貯蔵システム100は、たとえば、図2に示す電気推進船舶(船舶)300の補助電源として用いられる。図2では、船舶300は、電気推進力(電動発電機330の駆動力)をプロペラ220の主駆動源として用いている。ただし、プロペラ220の主駆動源に主機(図示せず)と用いて、電気推進力(電動発電機330の駆動力)をプロペラ220の補助駆動源として用いてもよい。なお、電動発電機330は電動変換器320を介して電力貯蔵システム100、主電源310および船内電力系統210に接続している。

- [0025] 通常、航海中には船舶３００を推進する電力および船舶３００内で使用する電力を船舶３００に備えられた主電源３１０で賄っている。この電力の変動が非常に大きいと、過電流によって主電源３１０からの電力供給が遮断されてしまう。このような事態を回避するため、主電源３１０と共に補助電源として電力貯蔵システム１００が船舶３００の負荷２００（たとえば、船内電力系統２１０およびプロペラ２２０駆動用電動発電機３３０）に接続されている。これにより、電力貯蔵システム１００は、適宜、主電源３１０をアシストして電力を負荷２００に供給し、または、負荷２００から電力を受給して貯蔵する。ただし、電力貯蔵システム１００の用途は船舶３００の補助電源に限定されず、たとえば、自動車や家庭などに電力を供給する電力貯蔵システムとしても用いられる。
- [0026] 電力貯蔵システム１００は、二次電池１０、キャパシタ１１および制御器１２を備えている。電力貯蔵システム１００は、ＤＣ／ＡＣインバータ１３を介して負荷２００に電力を供給し、または、負荷２００から電力を受給して二次電池１０およびキャパシタ１１の一方または双方に貯蔵する。
- [0027] ＤＣ／ＡＣインバータ（電力変換器）１３は、負荷側端子が負荷２００に接続されている。ＤＣ／ＡＣインバータ１３は、電源側端子に入力される直流電力を交流電力に変換して、交流電力を負荷側端子から出力する。また、ＤＣ／ＡＣインバータ１３は、負荷側端子に入力される交流電力を直流電力に変換して、直流電力を電源側端子から出力する。
- [0028] ＤＣ／ＡＣインバータ１３の電源側端子には、二次電池１０とキャパシタ１１とが互いに並列に接続されている。キャパシタ１１は、ＤＣ／ＤＣコンバータ１７を介してＤＣ／ＡＣインバータ１３の電源側端子に接続されている。
- [0029] 具体的には、ＤＣ／ＡＣインバータ１３の電源側端子に一对の配線で構成されるＤＣリンク２０を介して二次電池１０が接続され、このＤＣリンク２０にキャパシタ１１がＤＣ／ＤＣコンバータ１７を介して接続されている。ＤＣリンク２０を構成する一对の配線間にはＤＣリンクキャパシタ１４が接

続されている。

- [0030] DCリンクキャパシタ14は、DCリンク20の電圧の変動を平滑化する。DCリンクキャパシタ14に並列に電圧センサ15が接続されている。電圧センサ15は、DCリンク20の電圧であるDCリンク電圧 V_{dc} （DCリンクキャパシタ14の両端電圧）を検知する。
- [0031] 二次電池10は、電荷を化学反応または物理反応を介して蓄積し、蓄積した電荷を逆反応を介して放出する大容量型蓄電デバイスである。二次電池10としては、たとえば、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池および鉛蓄電池が用いられる。二次電池10に直列に第1電流センサ16が接続されている。第1電流センサ16は、二次電池10とキャパシタ11との接続点との間に設けられており、二次電池10から放電されるまたは二次電池10を充電する電流 I_b を検知する。
- [0032] キャパシタ11は、電荷を直接（反応を介さずに）蓄積し、蓄積した電荷を直接放出する高出力型蓄電デバイスである。キャパシタ11として、たとえば、リチウムイオンキャパシタ、電気二重層キャパシタが用いられる。キャパシタ11は、DCリンク20にDC/DCコンバータ17を介して接続されており、この接続点は第1電流センサ16とDCリンクキャパシタ14との間に設けられている。
- [0033] DC/DCコンバータ17は、通流率を変化させてキャパシタ11の電流を変化させる。DC/DCコンバータ17は、電圧を変えることが可能な昇圧機能または降圧機能を有していてもよい。DC/DCコンバータ17とキャパシタ11の接続点との間においてDC/DCコンバータ17に直列に直流リアクトル18（DCL）が接続されている。直流リアクトル18は、DC/DCコンバータ17から出力されるまたはDC/DCコンバータ17に入力される電流を平滑化する。DC/DCコンバータ17とDCリンク20との間においてDC/DCコンバータ17に直列に第2電流センサ19が接続されており、第2電流センサ19はキャパシタ11から放電されるまたはキャパシタ11を充電する電流 I_c を検知する。

- [0034] 制御器 12 は、二次電池 10 よりキャパシタ 11 を優先して充放電させるように DC/DC コンバータ 17 を制御する。すなわち、制御器 12 は、第 1 制御部 12a および第 2 制御部 12b を含む。
- [0035] 第 1 制御部 12a は、二次電池 10 の所定の電流指令値 I_b^* （二次電池電流目標値）に対する二次電池 10 の電流 I_b の偏差に基づいて、キャパシタ 11 の電流指令値 I_c^* （キャパシタの電流目標値）を生成する。第 2 制御部 12b は、この電流指令値 I_c^* に対するキャパシタ 11 の電流 I_c の偏差に基づいて、DC/DC コンバータ 17 の通流率 D を生成し、これを DC/DC コンバータ 17 に出力する。これにより、制御器 12 は、キャパシタ 11 の電流を直接的に制御し、二次電池 10 の電流を間接的に制御する。このため、電力貯蔵システム 100 の全体における電流の流れが制御される。ここで、所定の電流指令値 I_b^* を、0（零）または 0（零）に近い値に設定する。これにより、負荷変動の際に、二次電池 10 の電流 I_b が所定の電流指令値 I_b^* に抑制される。従って、所定の電流指令値 I_b^* に応じて、二次電池 10 の充放電回数が抑制され、その分、キャパシタ 11 が二次電池 10 より優先して充放電される。
- [0036] 第 1 制御部 12a は、二次電池 10 の残存容量 SOC（State of Charge）（%）を所定値に維持するための電流 I_{bsoc}^* と、電流指令値 I_b^* に対する二次電池 10 の電流 I_b の偏差とに基づいて、キャパシタ 11 の電流指令値 I_c^* を生成する。これにより、二次電池 10 の残存容量 SOC の変動を抑制しながら、電力貯蔵システム 100 の全体における電流の流れを制御する。
- [0037] 次に、図 1 および図 3 を参照しながら、電力貯蔵システム 100 の充放電の制御方法を具体的に説明する。図 3 は、電力貯蔵システム 100 の制御器 12 の構成例を示すブロック図である。なお、以下の充放電では、内部起電力 E_b （V）がフラットなプラトー領域で二次電池 10 を用いた。たとえば、残存容量 SOC 40% 以下および 60% 以上で内部起電力 E_b が傾く二次電池 10 に対しては、SOC 50% 付近で二次電池 10 を使用した。

[0038] 図1に示すように、DC／ACインバータ13から負荷200へ有効電力が供給されていないとき、DCリンクキャパシタ14に印加されるDCリンク電圧 V_{dc} (V)は、二次電池10の内部起電力 E_b (V)に等しくなる。この内部起電力 E_b は、下記(式1)に示すように、二次電池10に残存容量SOC (State Of Charge) (%)に依存し、その関数 $f(SOC(t))$ により求められる。(式1)内の残存容量SOCは下記(式2)で表される。この(式2)における I_b は二次電池10の電流(A)であり、 Q_{b0} はキャパシタ11の定格容量(Ah)である。

$$[0039] \quad E_b = f(SOC(t)) \quad (\text{式1})$$

[0040] [数1]

$$SOC(t) = SOC(0) - \frac{100.0}{Q_{b0}} \int_0^t I_b dt \quad (\text{式2})$$

[0041] 一方、負荷変動が発生し、DC／ACインバータ13から負荷200へ有効電力 P_{ac} (W)が供給されると、DCリンクキャパシタ14からDC／ACインバータ13へ電流 I_{dc} (A)が流れる。この電流 I_{dc} は下記(式3)により表される。この(式3)における V_{dc} はDCリンク電圧(V)である。

$$[0042] \quad I_{dc} = P_{ac} / V_{dc} \quad (\text{式3})$$

この電流 I_{dc} の流れによって、電流 I_{cdc} (A)がDCリンクキャパシタ14から流れる。この電流 I_{cdc} は下記(式4)により表される。(式4)で、 I_c は、DC／DCコンバータ17の1次側(DCリンクキャパシタ14側)のキャパシタ11の電流(1次側電流) (A)である。

$$[0043] \quad I_{cdc} = I_{dc} - I_b - I_c \quad (\text{式4})$$

DCリンクキャパシタ14において電流 I_{cdc} が流れることにより、DCリンクキャパシタ14の電圧(DCリンク電圧) V_{dc} が降下する。DC

リンク電圧 V_{dc} は下記（式 5）により表される。（式 5）で、 C_{dc} は DC リンクキャパシタ 14 の静電容量（F）である。

$$[0044] \quad V_{dc} = (-1/C_{dc}) \int I_{cdc} \cdot dt \quad (\text{式 5})$$

DC リンク電圧 V_{dc} の降下により、DC リンク電圧 V_{dc} と内部起電力 E_b との電位差が生じ、二次電池 10 から DC リンクキャパシタ 14 へ放電電流 I_b （A）が流れる。この時の放電電流 I_b は下記（式 6）により表される。（式 6）で、 R_b は二次電池 10 の内部抵抗（ Ω ）である。

$$[0045] \quad I_b = (E_b - V_{dc}) / R_b \quad (\text{式 6})$$

そして、放電電流 I_b が流れると、電流 I_b を第 1 電流センサ 16 が検知して制御器 12 へ出力する。図 3 に示すように、制御器 12 は、第 1 電流センサ 16 からの電流 I_b を得て、キャパシタ 11 を二次電池 10 に優先して充放電させて有効電力 P_{ac} を供給するように制御する。

[0046] すなわち、有効電力 $P_{ac}(t)$ （W）は、DC/AC インバータ 13 を介して二次電池 10 およびキャパシタ 11 から負荷 200 へ供給される。このため、有効電力 $P_{ac}(t)$ は、下記（式 7）で表されるように、二次電池 10 の電力 $P_b(t)$ （W）とキャパシタ 11 の電力 $P_c(t)$ （W）との合計値であって、0（W）より大きくなる。

$$[0047] \quad P_{ac}(t) = P_b(t) + P_c(t), \quad t > 0 \quad (\text{式 7})$$

そして、二次電池 10 の電流指令値 I_b^* （二次電池電流目標値）を 0（零）（A）に設定すると、二次電池 10 の電力 $P_b(t)$ が 0（W）に近づく。このため、下記（式 8）の関係となり、キャパシタ 11 が二次電池 10 より優先的に使用されて、有効電力 $P_{ac}(t)$ の全部をキャパシタ 11 が担うことになる。なお、キャパシタ 11 が二次電池 10 より優先的に使用されれば、二次電池 10 の電流指令値 I_b^* を 0（A）でなく、0（零）に近い値（A）に設定してもよい。

$$[0048] \quad P_{ac}(t) = P_c(t), \quad t > 0 \quad (\text{式 8})$$

そこで、第 1 制御部 12a は、二次電池 10 の電流指令値 I_b^* に対する第 1 電流センサ 16 からの電流 I_b の偏差（ $I_b^* - I_b$ ）からキャパシタ 11

の出力電力指令値 P_c^* (W) を下記 (式 9) に基づいて求める。(式 9) で、 $C_1(s)$ は伝達関数である。

$$[0049] \quad P_c^* = C_1(s) \cdot (I_b^* - I_b) \quad (\text{式 9})$$

第 1 制御部 12a は、電圧センサ 15 から DC リンク電圧 V_{dc} を得る。そして、第 1 制御部 12a は、この DC リンク電圧 V_{dc} と (式 9) で求めた出力電力指令値 P_c^* とからキャパシタ 11 の電流指令値 I_c^* (キャパシタの電流目標値) を下記 (式 10) に従って演算して得る。1 次側電流指令値 I_c^* は、DC/DC コンバータ 17 の 1 次側 (DC リンクキャパシタ 14 側) のキャパシタ 11 の電流指令値 (A) である。

$$[0050] \quad I_c^* = P_c^* / V_{dc} \quad (\text{式 10})$$

次に、第 2 制御部 12b は、第 2 電流センサ 19 からキャパシタ 11 の電流 I_c を得る。そして、第 2 制御部 12b は、この電流 I_c の 1 次側電流指令値 I_c^* に対する偏差 ($I_c^* - I_c$) から DC/DC コンバータ 17 の通流率 D を下記 (式 11) に基づいて求める。(式 11) で、 $C_2(s)$ は伝達関数である。

$$[0051] \quad D = C_2(s) \cdot (I_c^* - I_c) \quad (\text{式 11})$$

第 2 制御部 12b は、通流率 D を DC/DC コンバータ 17 に出力すると、1 次側電流 I_c の電流がキャパシタ 11 から流れる。この電流は、DC/DC コンバータ 17 および直流リアクトル 18 を介して DC リンクキャパシタ 14 に流れる。この DC リンクキャパシタ 14 に供給される電力 P_c (W) は下記 (式 12) で表される。

$$[0052] \quad P_c = V_{dc} \cdot I_c \quad (\text{式 12})$$

上記のとおり、二次電池 10 の電流指令値 I_b^* が 0 (零) または 0 (零) に近い値に設定されているため、キャパシタ 11 の電力 P_c が有効電力 P_{ac} として負荷 200 に供給される。このキャパシタ 11 の電力 P_c が有効電力 P_{ac} に等しければ、有効電力 P_{ac} に対してキャパシタ 11 の電力 P_c で足りているため、キャパシタ 11 のみで負荷 200 に電力を供給する。

[0053] 一方、キャパシタ 11 の残存容量 SOC の低下や出力電流の制限などによ

ってキャパシタ 11 の電力 P_c が有効電力 P_{ac} より小さければ、有効電力 P_{ac} に対してキャパシタ 11 の電力 P_c で足りない。このため、DC リンク電圧 V_{dc} が低下し、DC リンク電圧 V_{dc} と内部起電力 E_b との電位差が生じる。これにより、二次電池 10 から DC リンクキャパシタ 14 へ放電電流 I_b (A) が流れて、下記 (式 13) の二次電池 10 の電力 P_b が DC リンクキャパシタ 14 に供給される。この二次電池 10 の電力 P_b をキャパシタ 11 の電力 P_c に加えた電力が有効電力 P_{ac} として負荷 200 に供給される。

[0054] $P_b = V_{dc} \cdot I_b$ (式 13)

また、二次電池 10 の内部起電力 E_b は二次電池 10 の残存容量 SOC に依存するため、上記のとおりキャパシタ 11 の電流を制御するのに加えて、二次電池 10 の残存容量 SOC も制御する必要がある。このため、制御器 12 は、第 1 電流センサ 16 から二次電池 10 の電流 I_b を取得し、二次電池 10 の残存容量 SOC (t) を上記 (式 2) から求める。制御器 12 は、二次電池 10 の残存容量 SOC (t) から SOC 維持用の電流指令値 I_{bsoc*} を下記 (式 14) に従って算出する。(式 14) において C3 は SOC (t) の補正項である。そして、制御器 12 は、電流指令値 I_{bsoc*} によって二次電池 10 の電流指令値 I_b^* を補正することによって、二次電池 10 の残存容量 SOC を制御する。

[0055] $I_{bsoc*} = C3 \cdot (SOC(t))$ (式 14)

なお、図 3 では、電流指令値 I_{bsoc*} が電流指令値 I_b^* に加算されているが、電流指令値 I_{bsoc*} は、電流指令値 I_b^* に対する電流 I_b の偏差に加算されてもよい。

[0056] 上記構成によれば、DC/DC コンバータ 17 の通流率によってキャパシタ 11 の電流を制御することにより、二次電池 10 の電流も間接的に制御し、電力貯蔵システム 100 の全体における電流の流れを制御することができる。よって、制御パラメータが負荷変動の特性に依存することがなく、電力貯蔵システム 100 は汎用性に優れている。

- [0057] また、二次電池１０よりキャパシタ１１を優先して充放電させている。これにより、二次電池１０の充放電回数および充放電深度を減らすことができるため、二次電池１０の長寿命化を図ることができる。
- [0058] たとえば、二次電池１０の電流指令値 I_b^* を０または０に近い値に設定している。これにより、キャパシタ１１を二次電池１０より優先的に簡単に充放電させることができる。
- [0059] なお、二次電池１０の充放電時の電流 I_b が低いほど、二次電池１０の長寿命化が図られる。このため、二次電池１０の電流指令値 I_b^* の０（零）に近い値に、たとえば、二次電池１０の一時間電流率以下の電流値に設定してもよい。この一時間電流率は、一時間で二次電池の残存容量SOC（State of Charge）を０％から１００％まで充電することができる電流値、または、一時間で二次電池のSOCを１００％から０％まで放電することができる電流値である。このように、二次電池１０の充放電電流 I_b が一時間電流率（１C）以下に制限される。これにより、キャパシタ１１より大きな電流が二次電池１０に流れることによって二次電池１０の劣化が促進されることを抑制することができ、二次電池１０の長寿命化が図られる。
- [0060] また、二次電池１０の電流指令値 I_b^* の０（零）に近い値を、有効電力 P_{ac} および比例係数 k を用いて、 $I_b^* = k \cdot P_{ac}$ と第１制御部１２aにおいて設定してもよい。これにより、電力貯蔵システム１００全体の出力に比例して、二次電池１０の電流 I_b を増減させることができる。このとき、二次電池１０とキャパシタ１１との負荷分担率は $k : (1 - k)$ となるため、比例係数 k によって二次電池１０の負荷分担率を調整することが可能である。よって、放電中にキャパシタ１１のSOCが規定値以下になった場合、または、充電中にキャパシタ１１のSOCが規定値以上になった場合、キャパシタ１１の電流指令値 I_c^* を低減して、二次電池１０の充放電電流 I_b が増加させることができる。
- [0061] （実施例）

次に、上記構成の電力貯蔵システム１００における二次電池１０の長寿命

化について実施例による検証結果を説明する。具体的には、二次電池 10 の寿命は二次電池 10 の発熱量に依存する。二次電池 10 の発熱量が大きいほど、二次電池 10 が劣化し、二次電池 10 の寿命が短くなる。よって、充放電パターンに応じて電力貯蔵システム 100 を制御した際の二次電池 10 の発熱量に基づいて二次電池 10 の寿命を評価した。

[0062] 実施例の電力貯蔵システム 100 では、図 3 に示す制御例の通りに二次電池 10 の電流指令値 $i_b^* = 0$ とし、各センサ 16、19、15 からの検出値 I_b 、 I_c 、 V_{dc} に基づいて求めた DC/DC コンバータ 17 の通流率 D により、キャパシタ 11 の電流を制御した。一方、比較例の電源システムでは、上記非特許文献 1 のハイブリッド電源システムと同様に、比例補償器を用い、高周波成分を H P F (High Pass Filter) で分離して、低周波成分の電力を二次電池 10 が供給し、高い周波数成分の電力を電気二重層キャパシタ 11 が供給した。ここで、キャパシタ 11 をできる限り使用するよう、H P F の時定数 T_{EDLC} を充放電パターンの周期より大きく、比例補償器の比例ゲイン k_p をキャパシタ 11 の上限電圧および下限電圧に達しない範囲における小さい値に設定した。このため、充放電パターンの周期および電圧に応じて時定数 T_{EDLC} および比例ゲイン k_p は異なる。

[0063] なお、実施例の電力貯蔵システム 100 および比較例の電源システムの構成（二次電池 10 およびキャパシタ 11 の各数量、各内部抵抗、静電容量など）、ならびに、DC/DC コンバータ 17 の制御方法およびパラメータをそれぞれ同一にした。実施例の電力貯蔵システム 100 および比較例の電源システムでは、キャパシタ 11 の損失を十分補償できるように、二次電池 10 の二次電池 10 容量を 155.52 kWh とした。また、キャパシタ 11 の初期電力量を 2.15 kWh とした。

[0064] 検証では、電力の大きさおよび充放電の周波数が異なる 2 種類の充放電パターンに従って、実施例の電力貯蔵システム 100 および比較例の電源システムを制御した。そして、二次電池 10 の損失量（内部損失）の全てまたはほぼ全てが熱エネルギーになるため、損失量 L_{oss} (kWh) を発熱量とし

て下記（式 15）により求めた。この（式 15）において、 i は二次電池 10 の電流（A）であり、 R は二次電池 10 の内部抵抗（ Ω ）である。

[0065]
$$Loss = (3600 / 1000) \cdot \int i^2 \cdot R dt \quad (\text{式 15})$$

第 1 充放電パターンでは、図 4 に示すように、5 秒間 250 kW の電力量（0.347 kWh）を放電し、1 秒間休止した後、5 秒間 250 kW を充電し、1 秒間休止するという周期 12 秒の充放電を繰り返す。第 2 充放電パターンでは、図 5 に示すように、15 秒間 500 kW の電力量（2.083 kWh）を放電し、2 秒間休止した後、15 秒間 500 kW を充電し、2 秒間休止するという周期 34 秒の充放電を繰り返す。このように、第 1 充放電パターンの電力量（0.347 kWh）がキャパシタ 11 の初期電力量（2.15 kWh）より非常に小さいため、第 1 充放電パターンはキャパシタ 11 に対して軽充放電と言える。第 2 充放電パターンの電力量（2.083 kWh）がキャパシタ 11 の初期電力量（2.15 kWh）と同等であるため、第 2 充放電パターンはキャパシタ 11 に対して重充放電と言える。

[0066] 検証の結果、図 6 に示すように、第 1 充放電パターンで充放電した際、実施例および比較例の損失量 $Loss$ は時間の経過と伴に増加している。また、図 7 に示すように、第 2 充放電パターンで充放電した際、実施例および比較例の損失量 $Loss$ は時間の経過と伴に増加している。図 6 および図 7 の全時間範囲において実施例の損失量は比較例の損失量より小さく、この差は時間の経過と伴に大きくなっている。

[0067] また、図 6 の 1200（sec）時点における実施例の損失量は比較例の損失量の 72.2% であった。図 7 の 1200（sec）時点における実施例の損失量は比較例の損失量の 51.3% であった。

[0068] このように、実施例の損失量は比較例より小さいことから、実施例の発熱量が比較例より少ない。このため、実施例における二次電池 10 の熱劣化が抑制され、二次電池 10 の長寿命化が図れたと考えられる。

[0069] このような実施例の損失量と比較例の損失量との差は、二次電池 10 の電力（kWh）および二次電池 10 の電流（A）に由来する。すなわち、図 8

Aに示すように、第2充放電パターンで実施例が充放電した際、負荷200への放電開始時にはキャパシタ11のみから電力を供給し、これによりキャパシタ11の残量容量が減少するに従って二次電池10からも電力を供給する。次に、休止中には二次電池10からの給電が終了し、充電時にはキャパシタ11のみに電力が供給される。また、図8Bに示す電流についても、図8Aの電力と同様のことが言える。つまり、第2充放電パターンによる実施例の充放電では、放電の初期にはキャパシタ11のみから電流が流れ、キャパシタ11の残量容量が減少するに伴って二次電池10からも電流が流れる。そして、休止中に二次電池10からの電流の流れが終わり、充電時にはキャパシタ11のみに電流が流れる。

[0070] 一方、図9Aに示すように、第2充放電パターンで比較例が充放電した際、放電が始まると、HPFによって高周波成分の電力をキャパシタ11のみから供給し、その後の低周波成分の電力を二次電池10およびキャパシタ11から供給している。充電が終了すると（20秒付近、50秒付近）、キャパシタ11の残存容量SOCを回復するために比例補償器が働き、二次電池10からキャパシタ11に電力が供給される。そして、充電の終了時から放電開始時（35秒付近、70秒付近）に、キャパシタ11の残存容量SOCが上限に近くなるため、負荷200からの電力が二次電池10に供給される。また、図9Bに示す電流についても、図9Aの電力と同様のことが言える。つまり、第2充放電パターンによる比較例の充放電では、放電の初期にキャパシタ11のみから電流が流れ、その後に二次電池10からも電流が流れる。そして、休止中および充電と途中まで二次電池10から電流が流れ、充電時にはキャパシタ11へ電流が流れ、充電の途中からは二次電池10へも電流が流れる。

[0071] このように、比較例の電源システムでは、HPFの機能によってキャパシタ11の残存容量SOCが急激に増減するのに対してキャパシタ11の電力指令値を補償するように比例補償器が働く。これにより、放電中のみならず充電中も二次電池10の電流が常時流れている。これに対して、実施例では

、二次電池 10 の電流指令値 $i_b^* = 0$ (A) にすることにより、電流指令値 i_b^* と二次電池 10 の電流 i_b との偏差に相当するキャパシタ 11 の出力電力指令値 P_c^* が決定されるため、二次電池 10 からキャパシタ 11 に電力が供給されない。このように、実施例では効率的に電力がキャパシタ 11 のみに充電される。よって、比較例のような二次電池 10 とキャパシタ 11 との間の電力のやり取りが実施例では行われなないことにより、実施例の損失量（発熱量）は比較例に比べて小さくなる。

[0072] なお、図 10 に示す第 2 充放電パターンで 1200 秒間、充放電した際の実施例の二次電池 10 の残存容量 SOC (%) は、38.9% であった。また、図 11 に示す第 2 充放電パターンで 1200 秒間、充放電した際の比較例の二次電池 10 の残存容量 SOC (%) は、37.5% であった。このため、実施例の二次電池 10 の残存容量 SOC は比較例と同等であった。なお、充放電開始時における実施例および比較例の各二次電池 10 の残存容量 SOC は、50% であった。

[0073] (その他の実施の形態)

なお、上記実施の形態において、負荷 200 に直流電力を供給する場合には、電力変換器として、DC/AC インバータ 13 に代えて、DC/DC コンバータを用いてもよい。

[0074] 上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造および／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

産業上の利用可能性

[0075] 本発明の電力貯蔵システムおよびその制御方法は、汎用性が高く、長寿命化が図られた電力貯蔵システムおよびその制御方法等として有用である。

符号の説明

[0076] 10 二次電池

- 1 1 キャパシタ
- 1 2 制御器
- 1 2 a 第 1 制御部
- 1 2 b 第 2 制御部
- 1 3 D C / A C インバータ
- 1 4 D C リンクキャパシタ
- 1 7 D C / D C コンバータ
- 2 0 D C リンク
- 1 0 0 電力貯蔵システム
- 2 0 0 負荷

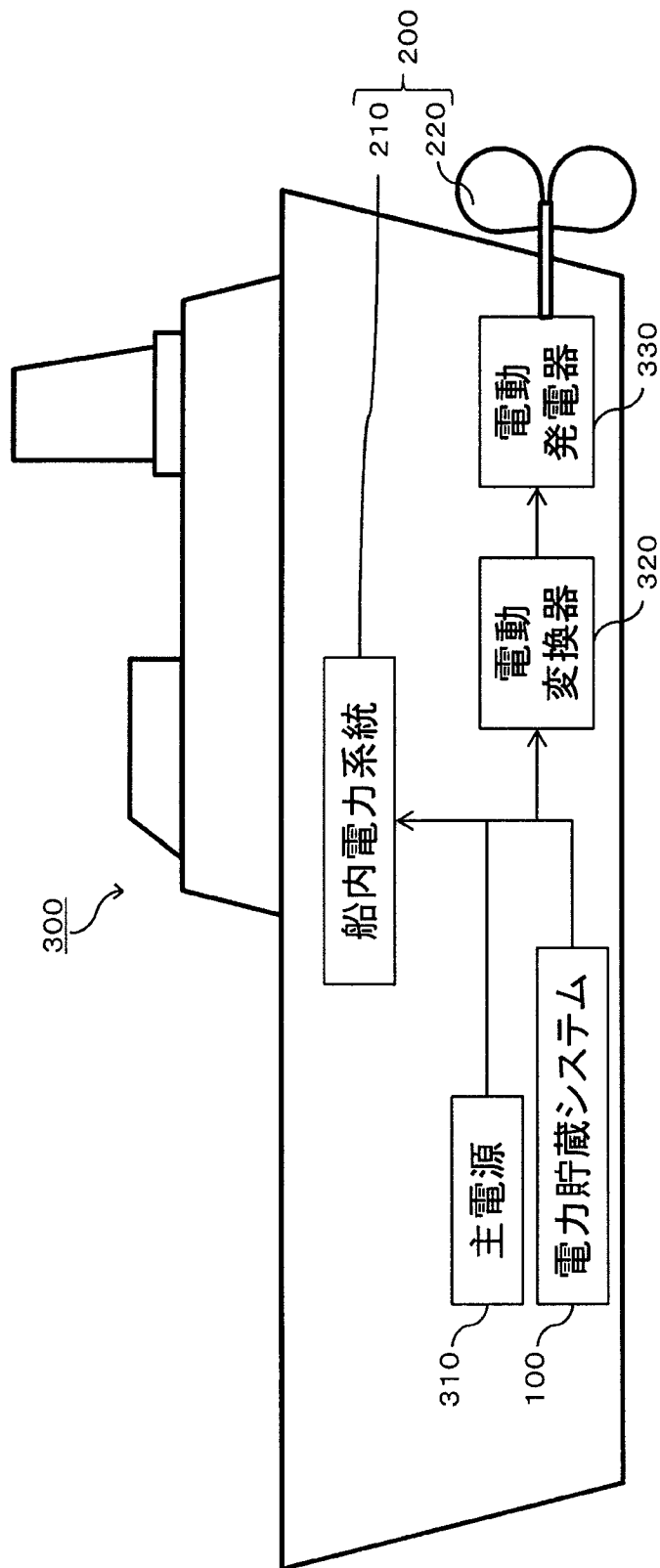
請求の範囲

- [請求項1] 負荷側端子が負荷に接続される電力変換器と、
前記電力変換器の電源側端子に接続された二次電池と、
前記電力変換器の電源側端子にDC／DCコンバータを介して前記二次電池に並列に接続されたキャパシタと、
前記二次電池より前記キャパシタを優先して充放電させるように前記DC／DCコンバータを制御する制御器と、を備えた、電力貯蔵システム。
- [請求項2] 前記制御器は、
零または零に近い所定の二次電池電流目標値に対する前記二次電池の電流の偏差に基づいて前記キャパシタの電流目標値を生成する第1制御部と、
前記キャパシタの電流目標値に対する前記キャパシタの電流の偏差に基づいて前記DC／DCコンバータの通流率を生成し、これを前記DC／DCコンバータに出力する第2制御部と、を含む、請求項1に記載の電力貯蔵システム。
- [請求項3] 前記所定の二次電池電流目標値は、前記二次電池の一時間電流率以下の電流値である、請求項2に記載の電力貯蔵システム。
- [請求項4] 前記所定の二次電池電流目標値は、零である、請求項2または3に記載の電力貯蔵システム。
- [請求項5] 前記第1制御部は、前記二次電池のSOCを所定値に維持するための電流と、前記所定の二次電池電流目標値に対する前記二次電池の電流の偏差とに基づいて前記キャパシタの電流目標値を生成するように構成されている、請求項2乃至4のいずれかに記載の電力貯蔵システム。
- [請求項6] 負荷側端子が負荷に接続される電力変換器と、前記電力変換器の電源側端子に接続された二次電池と、前記電力変換器の電源側端子にDC／DCコンバータを介して前記二次電池に並列に接続されたキャパ

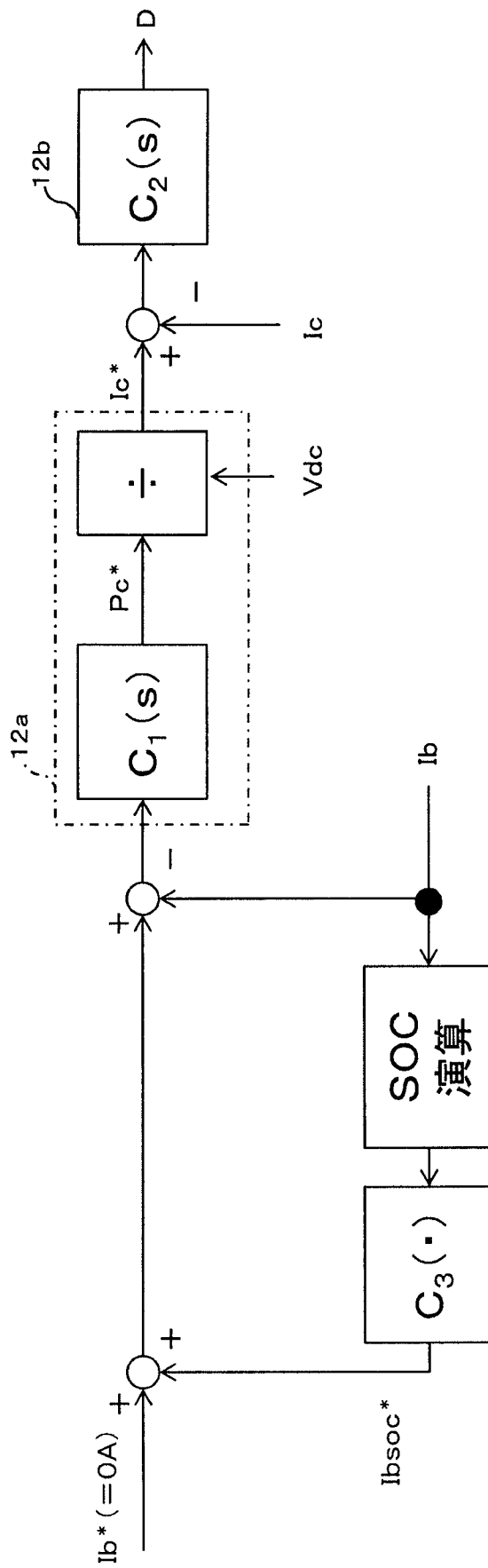
シタと、制御器と、を備えた電力貯蔵システムの制御方法であって、

前記制御器は、前記二次電池より前記キャパシタを優先して充放電させるように前記DC／DCコンバータを制御する、電力貯蔵システムの制御方法。

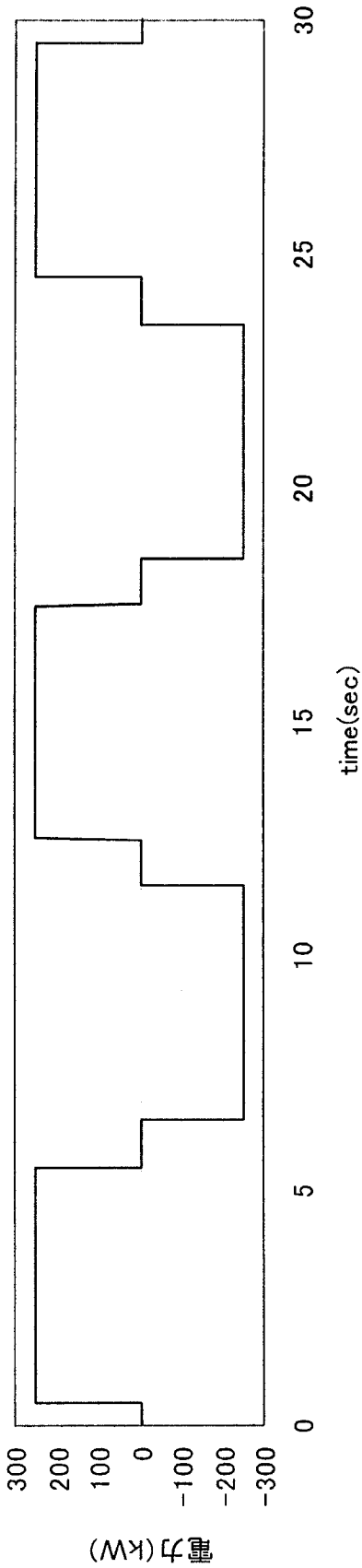
[図2]



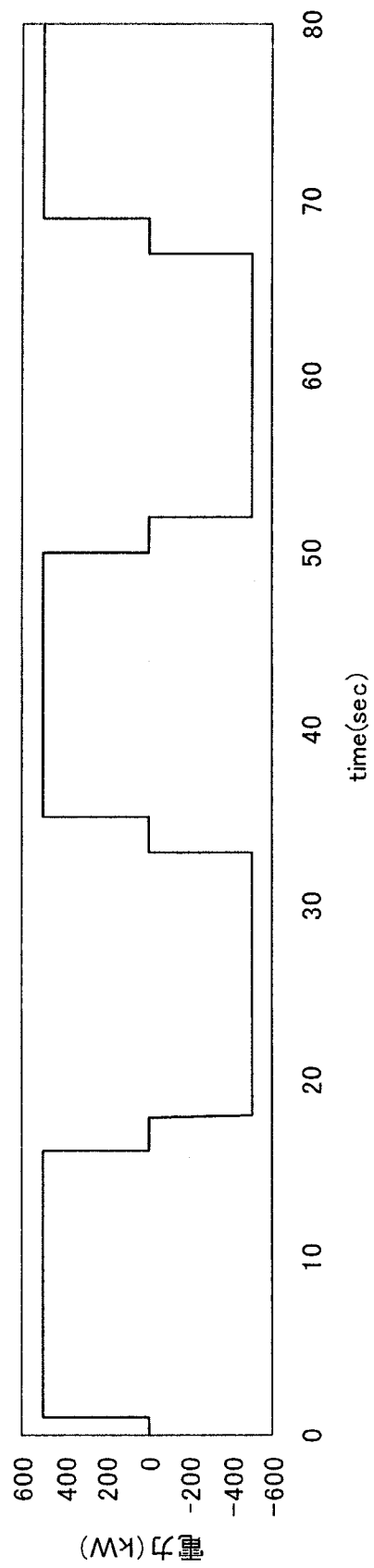
[図3]



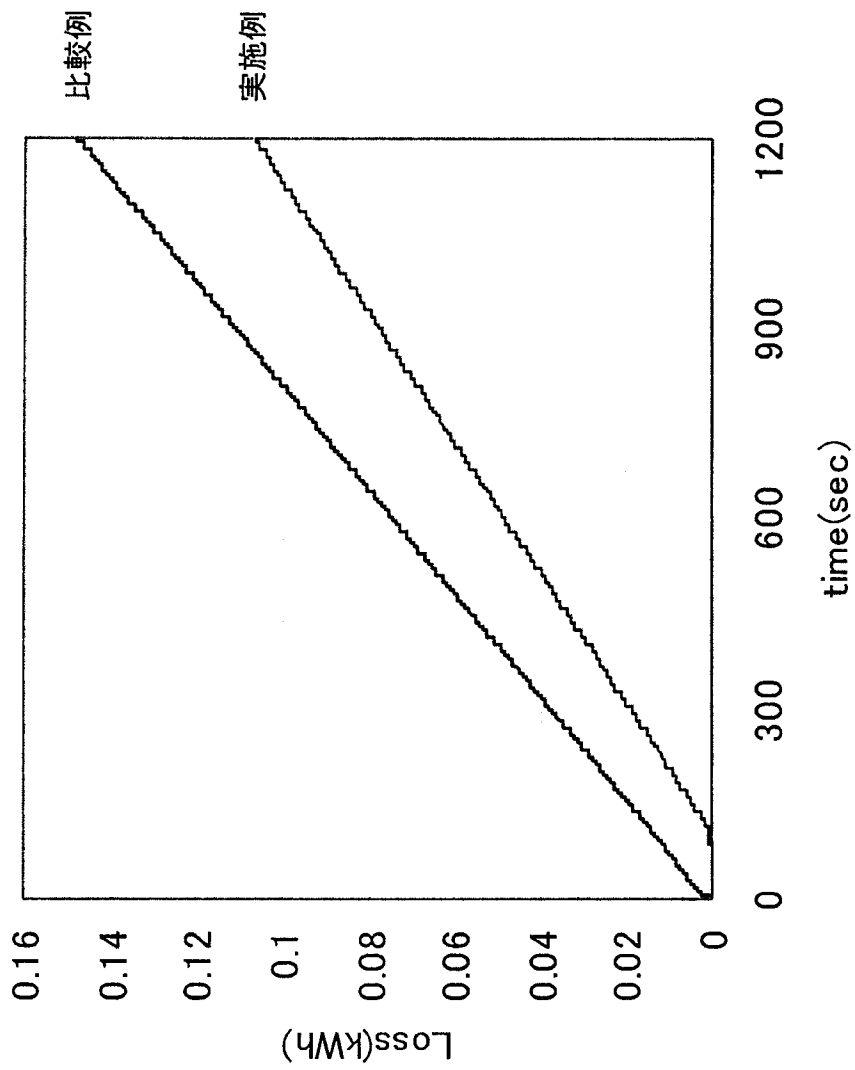
[図4]



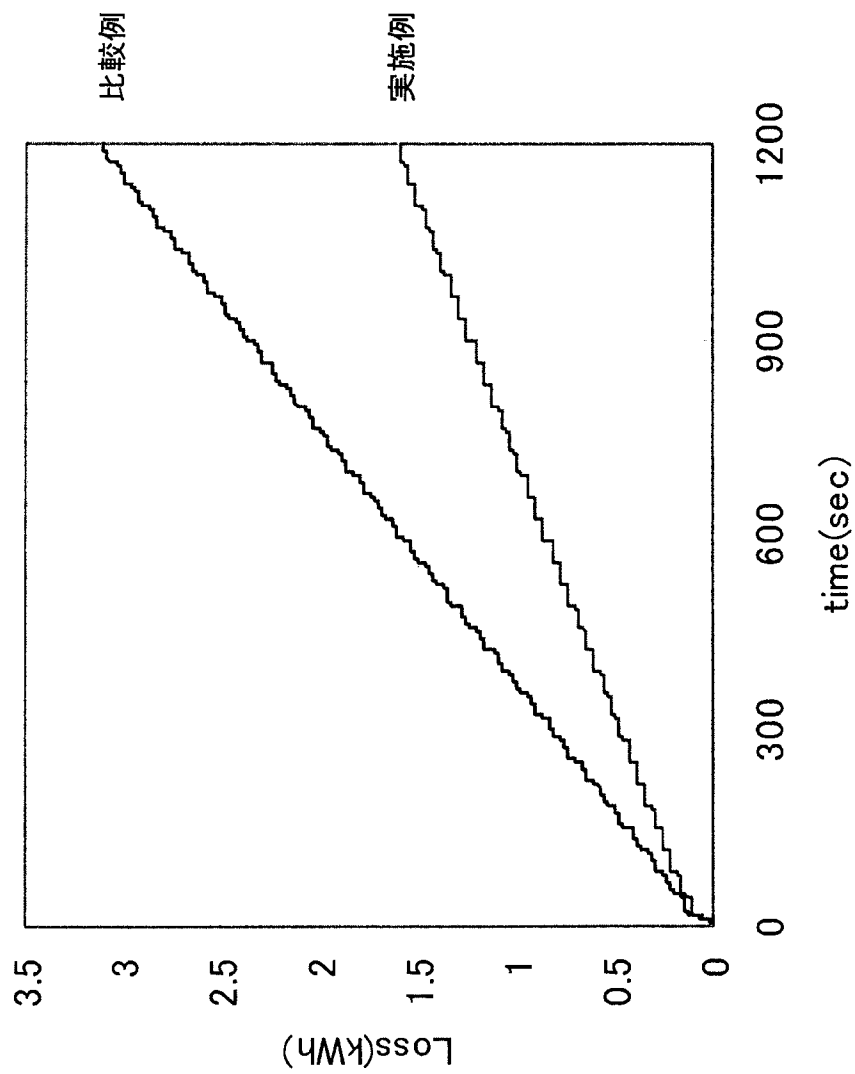
[図5]



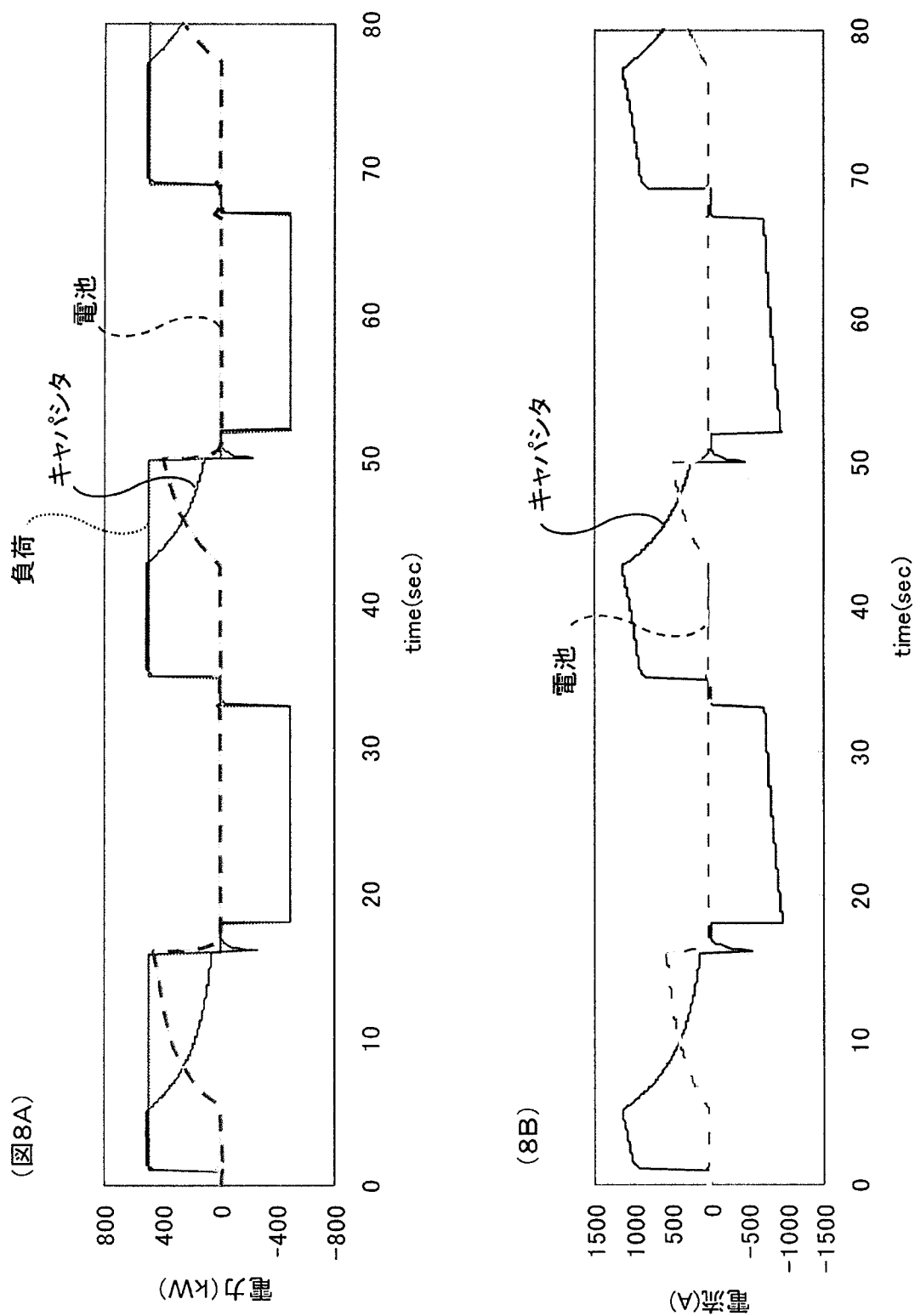
[図6]



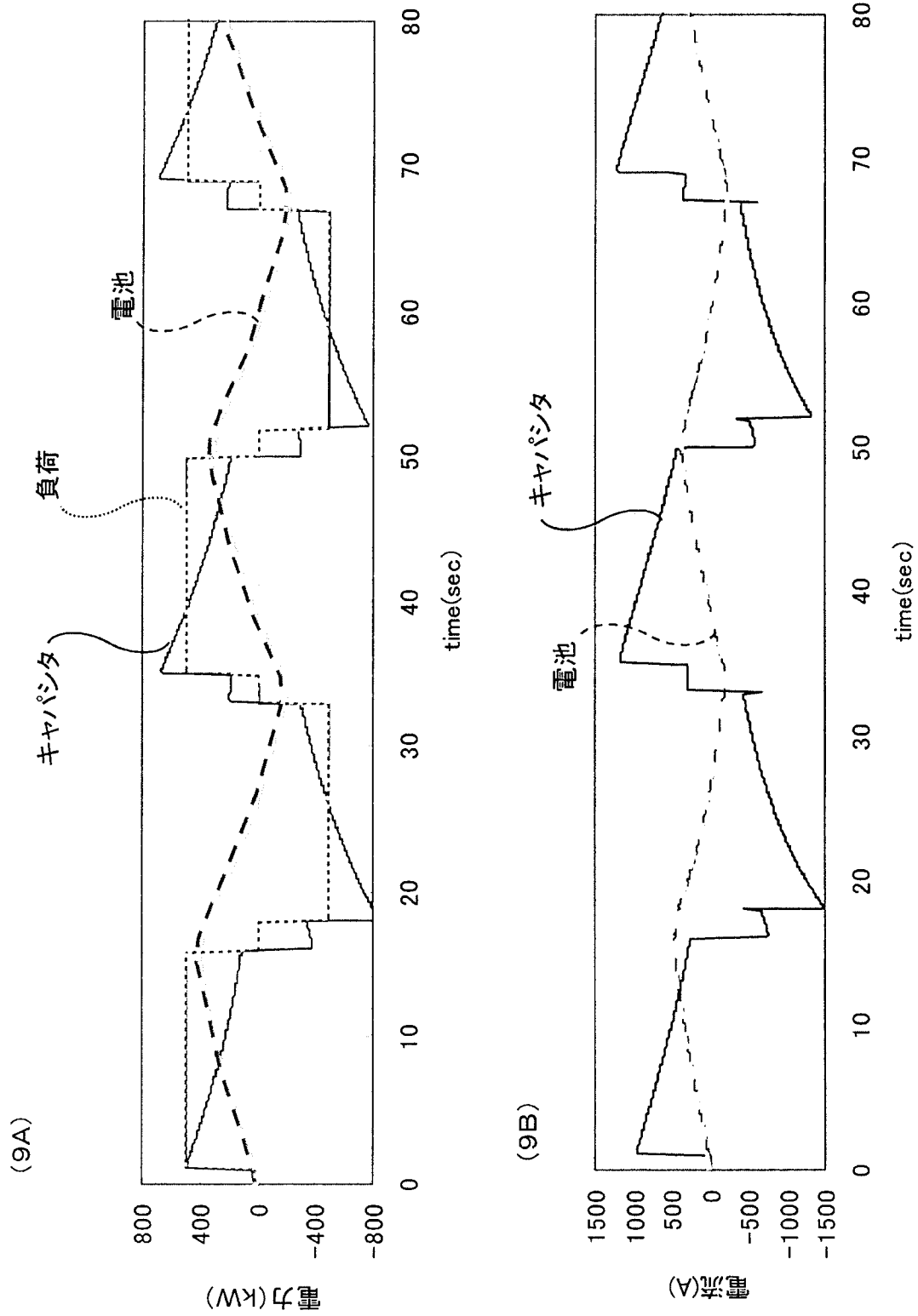
[図7]



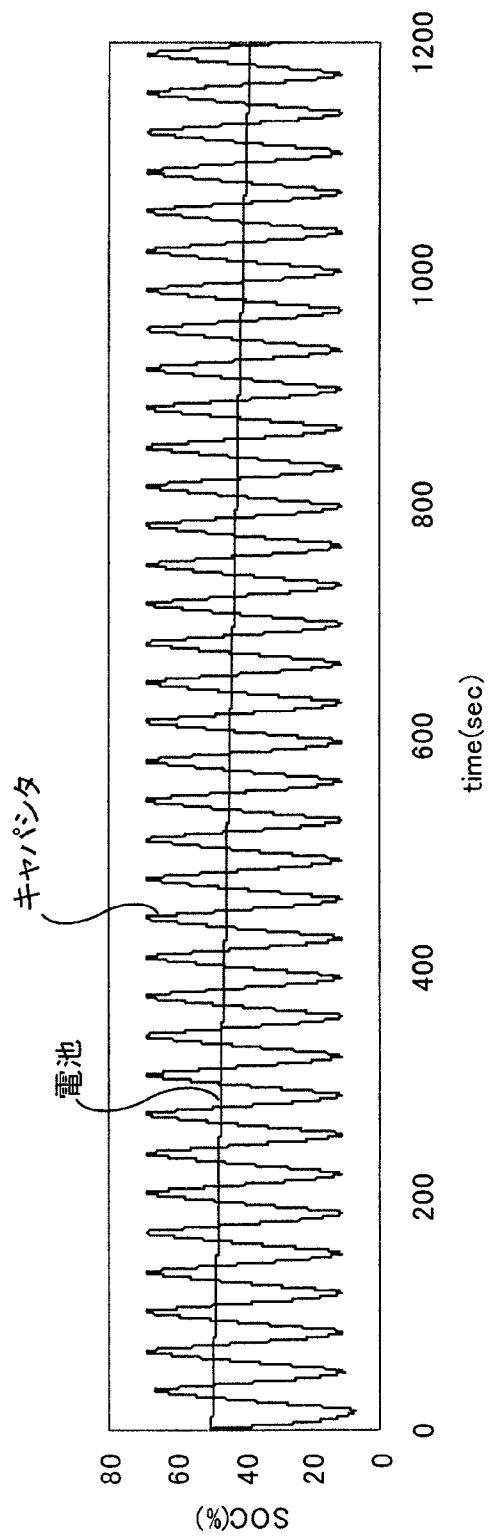
[図8]



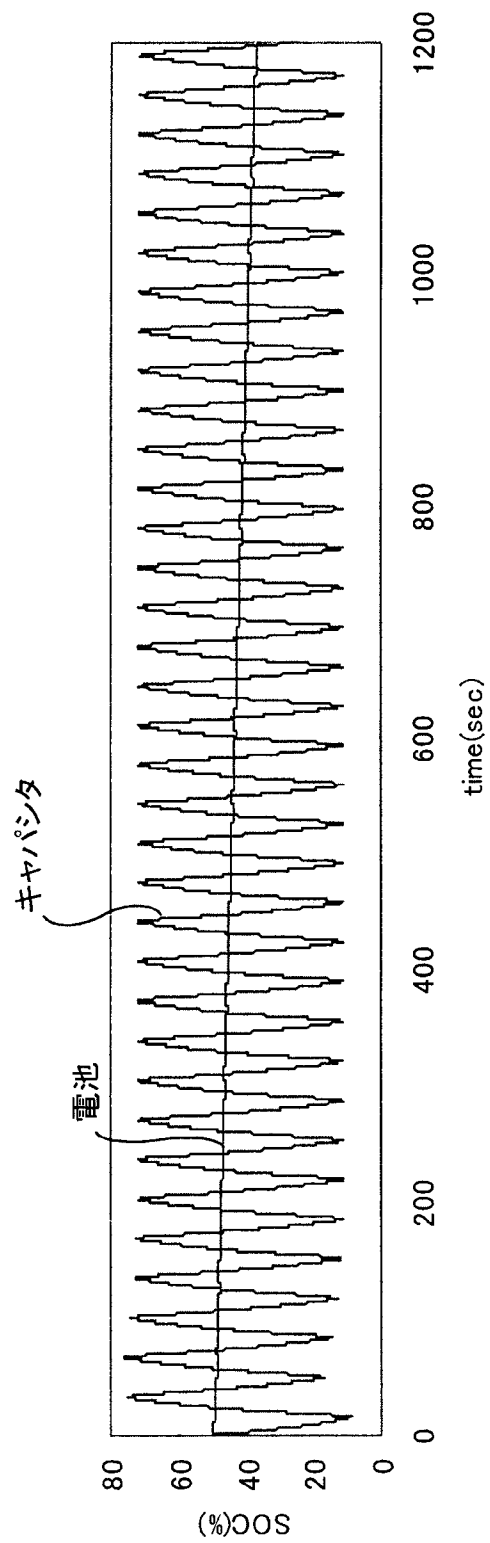
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002905

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J7/34(2006.01)i, H02J1/10(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)

H02J7/34, H02J1/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2012/017602 A1 (Panasonic Corp.), 09 February 2012 (09.02.2012), paragraphs [0002] to [0004]; fig. 7 & US 2013/0110339 A1 & EP 2602148 A1 & CN 103052527 A	1, 6 2-5
X A	JP 2011-182540 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraphs [0009] to [0060]; fig. 1 (Family: none)	1, 6 2-5
A	JP 2014-60890 A (Kuzumi Electronics, Inc.), 03 April 2014 (03.04.2014), paragraphs [0022] to [0069]; fig. 1 to 6 (Family: none)	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
25 June 2015 (25.06.15)

Date of mailing of the international search report
07 July 2015 (07.07.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002905

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-228422 A (Shimizu Corp.), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0011] to [0013]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J7/34(2006.01)i, H02J1/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J7/34, H02J1/10

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	WO 2012/017602 A1（パナソニック株式会社）2012.02.09, 段落 [0002]-[0004], [図 7] & US 2013/0110339 A1 & EP 2602148 A1 & CN 103052527 A	1, 6 2 - 5
X A	JP 2011-182540 A（三菱電機株式会社）2011.09.15, 段落 [0009]-[0060], [図 1]（ファミリーなし）	1, 6 2 - 5
A	JP 2014-60890 A（クズミ電子工業株式会社）2014.04.03, 段落 [0022]-[0069], [図 1]-[図 6]（ファミリーなし）	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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

大手 昌也

5 T

5 0 9 1

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

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
A	JP 2008-228422 A (清水建設株式会社) 2008.09.25, 段落 [0011]-[0013], [図 1][図 3] (ファミリーなし)	1 - 6