

(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
2013 年 1 月 31 日(31.01.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/014795 A1

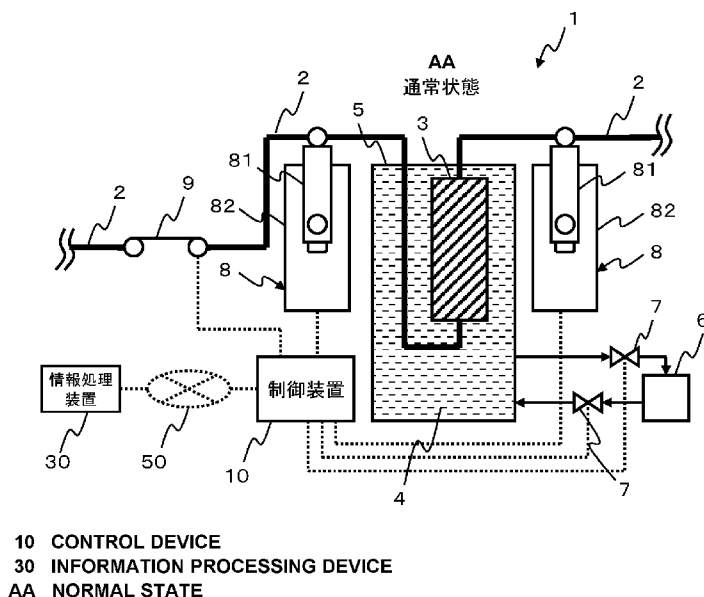
- (51) 国際特許分類:
H02J 3/00 (2006.01) *H02J 3/24* (2006.01)
H02J 3/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/067330
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 28 日(28.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 畑 潔 (HATA, Kiyoshi) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 小川 明宏 (OGAWA, Akihiro) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 丸山泰廣 (MARUYAMA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1050004 東京都港区新橋2丁目12番7号 労金新橋ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, JP, 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, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING ELECTRIC POWER IN ELECTRIC POWER SYSTEM, AND ELECTRIC POWER ADJUSTMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 電力系統における電力調整方法、及び電力調整装置

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To ensure that the balance of supply and demand in an electric power system can be efficiently adjusted even when numerous distributed power supplies are connected in the electric power system. [Solution] A superconductor (3) maintained in a superconducting state is interposed between power transmission wires (2) and power is transmitted thereto, at least a portion of the superconductor (3) is phase-transitioned to a normal conduction state, and excess electric power occurring in the electric power system is consumed in the portion that is in the normal conduction state. The balance of supply and demand in the electric power system is thereby adjusted. Specifically, a superconductor (3) maintained in as superconducting state by immersion in a cooling medium (4) is interposed between power transmission wires (2) and power is transmitted thereto, and by exposing a volume of the superconductor (3) corresponding to the amount of excess electric power to the environment outside the cooling medium, the volume is phase-transitioned to the normal conduction state, the excess electric power is consumed in that volume, and the balance of supply and demand in the electric power system is thereby adjusted. A Y (yttrium)-based high-temperature superconductor, for example, is used as the supercon-

ductor (3).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/014795 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】電力系統に多数の分散型電源が接続されるような状況でも電力系統の需給バランスを効率よく調整できるようにする。【解決手段】超伝導状態に保持した超伝導体 3 を送電線に 2 介在させて送電を行い、超伝導体 3 の少なくとも一部を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった部分において電力系統に生じた余剰電力を消費させることにより電力系統の需給バランスを調整する。具体的には、冷媒 4 に浸すことにより超伝導状態に保持した超伝導体 3 を送電線 2 に介在させて送電を行い、超伝導体 3 のうち余剰電力の大きさに応じた体積分を冷媒の外に露出させることにより体積分を常伝導状態に相転移させ、余剰電力をこの体積分において消費させることにより電力系統の需給バランスを調整するようにする。超伝導体 3 としては、例えば Y (イットリウム) 系の高温超伝導体を用いる。

明 細 書

発明の名称：電力系統における電力調整方法、及び電力調整装置 技術分野

[0001] この発明は、電力系統における電力調整方法、及び電力調整装置に関し、とくに電力系統の需給バランスを効率よく調整できるようにするための技術に関する。

背景技術

[0002] 昨今、電力自由化、地球温暖化対策、自然エネルギーの利用促進などを背景として分散型電源の導入が進んでいるが、電力系統に分散型電源を接続した場合、電力系統の需給バランスの調整が問題となる。

[0003] 特許文献 1 には、分散型電源が接続された電力系統の需給バランスを調整することを目的として、電力の需要及び供給を行う電力需給家が電力需給制御機器により相互接続されて構成された電力システムにおいて、電力不足／余剰を判断し、予測される天候、電力需要の予測、熱需要の予測、各需給家による設定値等に基づき発電機器を制御することが記載されている。

[0004] また特許文献 2 には、太陽光発電設備等の A F C 機能を有しない分散電源に系統の周波数を検知する手段を設け、検知された周波数にもとづき太陽光発電設備等の出力を制御することにより、電力供給システムの自動運転を行うことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：国際公開第 W O 2 0 0 8 / 0 4 7 4 0 0 号

特許文献 2：特開 2 0 0 8 - 1 7 6 5 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 今後、分散型電源の導入が進んで多数の分散型電源が電力系統に接続する状況になった場合には、L F C（Load Frequency Control：負荷周波数制御

）やG F（Governor Free：ガバナ・フリー）の調整量が不足して需給バランスの調整が困難となることが予想される。需給バランスの調整方法として、遠隔から個々の分散型電源を制御して電力系統の需給バランスを適性に保つことなども検討されているが、これを実現しようとするれば大規模なシステムを構築する必要があり、多額の費用が発生する。また遠隔からの分散型電源の制御に際しては、電力系統の運用者側と需給家側との間で情報交換や調整を行う必要があり、運用時の煩雑さが問題となる。

[0007] 本発明はこのような背景に鑑みてなされたもので、電力系統の需給バランスを効率よく調整することを可能とする、電力系統における電力調整方法、及び電力調整装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するための本発明の一つは、超伝導状態に保持した超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体の少なくとも一部を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった部分において電力系統に生じた余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することとする。

[0009] 本発明によれば、電力系統に余剰電力が生じていない状態では効率よく送電を行うことができ、また電力系統に余剰電力が生じている状態では送電線として機能させている超伝導体に余剰電力を消費させることができる。このように本発明によれば、簡素な構成にて電力系統の需給バランスを効率よく調整することができる。

[0010] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、冷媒に浸すことにより超伝導状態に保持した超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた体積分を前記冷媒の外に出すことにより前記体積分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の電力を調整することとする。

[0011] 本発明によれば、冷媒の外に露出させる体積分の量を加減することで、余剰電力に相当する電力を正確に超伝導体に消費させることができる。このように本発明によれば、簡素な構成にて電力系統の需給バランスを正確に調整

することができる。

[0012] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、冷媒に浸すことにより超伝導状態に保持した複数の超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を前記冷媒の外に出すことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することとする。

[0013] 本発明によれば、冷媒の外に露出させる超伝導体の数を加減することで余剰電力に相当する電力を超伝導体に消費させることができる。またこのように、本発明では、超伝導体の全体を冷媒に浸すか、もしくは超伝導体の全体を冷媒の外に出すことにより、超伝導体の全体を超伝導状態又は常伝導状態のいずれか一方の状態に（二値的に）保持するので、バルクな超伝導体の一部を常伝導状態に相転移させる場合のように、常伝導状態の部分で発生した熱によって冷媒が蒸発したり、発生した熱によって超伝導状態の部分が常伝導状態に相転移したりすることがなく、安定して電力系統の需給バランスを調整することができる。

[0014] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、前記超伝導体の夫々を、夫々の高さを段階的に変えた状態で前記冷媒に浸すことにより前記超伝導体の夫々を超伝導状態に保持し、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を、高い位置にある前記超伝導体から順に前記冷媒の外に出していくことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することとする。

[0015] 本発明によれば、超伝導体の全体を上下に移動させるだけで、超伝導体を超伝導状態又は常伝導状態に相転移させることができる。

[0016] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、複数の前記超伝導体の夫々を、前記冷媒が供給される複数の小室の夫々に個別に収容し、前記小室の上方に開口を設け、前記超伝導体が前記小室の内外を移動する際に前記開

口を開放し、それ以外の場合は前記開口を封止するように機能する蓋体を設けることとする。

[0017] 本発明によれば、超伝導体を冷媒から出し入れする際における小室内外の熱の出入りを防ぐことができ、冷媒の蒸発を防ぐことができる。

[0018] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、複数の前記超伝導体の夫々を、前記冷媒が供給される環状に配置された複数の小室の夫々に個別に收容することとする。

[0019] 本発明によれば、小室の設置スペースを減らすことができ、設置場所の選択枝を増やすことができる。

[0020] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、複数の超伝導体の夫々を複数の小室の夫々に個別に收容し、前記小室の夫々に冷媒を供給することにより前記超伝導体を超伝導状態に保持して送電を行い、前記小室の冷媒の量を前記余剰電力の大きさに応じて調節することにより、前記超伝導体の前記余剰電力の大きさに応じた体積分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の電力を調整することとする。

[0021] 本発明によれば、送電線や超伝導体を移動させることなく超伝導体を常伝導状態に相転移させることができる。このため、送電線や超伝導体の電気的性質に与えることなく需給バランスを調整することができる。

[0022] 本発明の他の一つは、上記電力調整方法であって、前記超伝導体のうち常伝導状態に相転移した部分において発生した熱を熱源として用いる再熱機を設けることとする。

[0023] 本発明によれば、常伝導状態に相転移した部分で発生した熱を、再熱機を用いて有効に利用することができる。

[0024] その他、本願が開示する課題、及びその解決方法は、発明を実施するための形態の欄、及び図面により明らかにされる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、電力系統の需給バランスを効率よく調整することができる。

る。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]電力調整装置 1 の概略的な構成を示す図である。

[図2]制御装置 10 のハードウェア構成を示す図である。

[図3]第 1 実施形態に係る電力調整装置 1 の構成及び機能を示す図である。

[図4]電力調整装置 1 が行う処理を説明するフローチャートである。

[図5]余剰電力を消費することにより生じた熱を再利用する仕組みを説明する図である。

[図6]第 2 実施形態に係る電力調整装置 1 の構成及び機能を説明する図である。

[図7]小室 55 に設けた蓋体 71 の構成及び機能を説明する図である。

[図8]冷媒槽 5 の形体の一例を示す図である。

[図9]第 3 実施形態に係る電力調整装置 1 の構成及び機能を説明する図である。

[図10]電力調整装置 1 の電力系統への応用例を示す図である。

[図11]電力調整装置 1 の電力系統への応用例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] [第 1 実施形態]

図 1 に第 1 実施形態として説明する電力調整装置 1 の概略的な構成を示している。この電力調整装置 1 は、例えば、送電線 2 を含んで構成され、多数の分散型電源が接続している電力系統の需給バランスの調整に用いられる。電力調整装置 1 は、例えば、発電所や変電所などに設けられる。

[0028] 同図に示しているように、本実施形態に係る電力調整装置 1 は、電力系統を構成している送電線 2 に介在される超伝導体 3、この超伝導体 3 とこの超伝導体 3 を冷却するための冷媒 4 とが収容される略直方体形状の冷媒槽 5、冷媒槽 5 に冷媒 4 を供給する冷媒供給源 6、冷媒供給源 6 から冷媒槽 5 への冷媒 4 の供給を制御するためのバルブ 7（開閉弁）、超伝導体 3 を上下に移動させる位置調節機構 8、送電線 2 に介在される遮断器 9、及び制御装置 1

0などを含んで構成されている。

[0029] 送電線2は、例えば、銅、アルミニウム、銅合金、アルミニウム合金などを素材とする、硬銅より線、中空より線、鋼心アルミより線などである。

[0030] 超伝導体3は、超伝導転移温度(T_c)（以下、転移温度と称する。）よりも低い温度に冷却すると常伝導状態から超伝導状態に相転移する性質を有する物質であり、例えば、希土類系(Y(イットリウム)系(電力中央研究所報告, 電力輸送, 総合報告: H05, 平成19年5月, 財団法人電力中央研究所, 「SN転移型超電導源流器の電力系統導入のための特性評価に関する研究」を参照)等)やビスマス系(Bi系)の酸化物高温超伝導体、ニオブチタン(Nb-Ti)やニオブ3スズ(Nb₃Sn)などの金属超伝導体である。超伝導体3は、電力調整装置1の構成や規模、超伝導体3の素材の性質などに応じて、線状、薄膜状、コイル状等、様々な形態を取り得る。

[0031] 冷媒4は、超伝導体3を転移温度よりも低い温度に冷却する物質であり、例えば、液体窒素や液体ヘリウムなどである。

[0032] 冷媒槽5は、例えば、クライオスタットであり、外部から冷媒槽5の内部への熱の侵入を防ぐための断熱構造(例えば、二重構造(デュワー構造))を有する。冷媒槽5には、冷媒4が冷媒供給源6から供給される。

[0033] 冷媒供給源6は、冷媒4を貯蔵するタンク、冷媒4を冷媒槽5に送液するためのポンプ、冷媒4を冷却する冷却装置などを含む。バルブ7は、冷媒供給源6から冷媒槽5への冷媒4の供給を制御する。後述するように、バルブ7の開閉は制御装置10によって制御される。

[0034] 位置調節機構8は、超伝導体3の近傍の送電線2の所定位置を支持して超伝導体3を上下に移動させるための支持部81、油圧機構や空気圧機構などを動力源として支持部81を上下に移動させる駆動部82を有する。また支持部81と送電線2の接合部には碍子等の絶縁材を介在させている。

[0035] 遮断器9は、例えば、電力系統に異常が発生した際に送電線2を流れる電流を遮断する。後述するように、遮断器9の開閉は制御装置10によって制御される。

[0036] 制御装置 10 は、通信手段 50 を介して電力事業者等が運営する中央制御室や給電指令所などに設けられている情報処理装置 30 から送られてくる指示（以下、調整指示と称する。）に基づき、バルブ 7、位置調節機構 8、及び遮断器 9 を制御する。通信手段 50 は、例えば、専用線、インターネット、公衆通信網などである。

[0037] 図 2 は制御装置 10 のハードウェア構成である。同図に示すように、制御装置 10 は、中央処理装置 11、記憶装置 12、通信回路 13、制御回路 14などを備えている。中央処理装置 11 は、CPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit) 等を用いて構成されている。記憶装置 12 は、メモリ (RAM、ROM、NVRAM (Non Volatile RAM) 等) やハードディスクドライブ等を用いて構成されている。通信回路 13 は、情報処理装置 30 との間で通信（無線又は有線）を行う。制御回路 14 は、バルブ 7、位置調節機構 8、及び遮断器 9 を制御する。

[0038] 図 3 は第 1 実施形態に係る電力調整装置 1 の構成及び機能を説明する図である。同図に示すように、余剰電力の調整（消費）を行っていない状態では（同図における通常状態（a））、超伝導体 3 の全体が冷媒 4 に浸っている。このため、超伝導体 3 の全体は転移温度よりも低い温度に保持され、超伝導体 3 の全体が超伝導状態になっている。従って、超伝導体 3 における電気抵抗はゼロであり、この状態では送電線 2 に超伝導体 3 が介在していることによる送電線 2 の電力損失はゼロである。

[0039] 一方、余剰電力の調整を行っている状態では（同図における調整中の状態（b））、超伝導体 3 の一部の体積分が冷媒 4 の外に露出し、この露出部分は転移温度を超える温度になっている。このため、この体積分はクエンチ (quench) されて常伝導状態になっている。従って、この状態では、上記体積分における電気抵抗によって電力が消費される。

[0040] 同図において、制御装置 10 は、情報処理装置 30 から送られてくる調整指示に応じて位置調節機構 8 を制御し、超伝導体 3 の冷媒 4 からの露出量（超伝導体 3 の高さ）を調節する。情報処理装置 30 は、電力系統の現在の需

給バランスに応じて、調整指示の内容（消費すべき電力量）を決定する。例えば、情報処理装置 30 は、LFC（Load Frequency Control：負荷周波数制御）やGF（Governor Free：ガバナ・フリー）の必要調整量に応じて、調整指示の内容（消費すべき電力量）を決定する。

[0041] 図 4 は、電力調整装置 1 が情報処理装置 30 から送られてくる調整指示に応じて行う処理を説明するフローチャートである。同図に示すように、まず情報処理装置 30 が、電力系統の現在の需給バランスに応じて調整指示を生成し（S411）、生成した調整指示を制御装置 10 に送信する（S412）。

[0042] 制御装置 10 は、上記調整指示を受信すると（S421）、受信した調整指示に応じて位置調節機構 8 を制御し、超伝導体 3 の冷媒 4 からの露出量（超伝導体 3 の高さ位置）を調節する（S422）。

[0043] 露出量の調節が完了すると、制御装置 10 は完了報告を情報処理装置 30 に送信し（S423）、情報処理装置 30 が上記完了報告を受信する（S413）。尚、この完了報告には、超伝導体 3 の電気抵抗の実測値や、超伝導体 3 において消費される電力量の実測値などの情報を含ませてもよい。例えば中央制御室や給電指令所ではこれらの情報を用いて電力調整装置 1 の動作を監視することができる。

[0044] 以上に説明した処理は、例えば、需給バランスの調整が必要となった場合（例えばLFCやGFの調整量が不足する場合）などに随時行われる。また需給バランスの調整が不要になった場合は、超伝導体 3 の全体を超電導状態に相転移させるための調整指示が情報処理装置 30 から制御装置 10 に送られる。

[0045] 以上に説明したように、本実施形態の電力調整装置 1 によれば、電力系統に余剰電力が生じていない場合には、超伝導体 3 の全体を超伝導状態に保持することにより超伝導体 3 の全体を電気抵抗がゼロの送電線 2 として機能させ、一方、電力系統に余剰電力が生じている場合には、超伝導体 3 の少なくとも一部（体積分）を常伝導状態に保持して余剰電力を消費させる。このよ

うに、本実施形態の電力調整装置 1 によれば、電力系統に余剰電力が生じていない場合は超伝導体 3 の全体を超伝導状態に保持して効率よく送電を行うことができる。また電力系統に余剰電力が生じている場合は超伝導体 3 において余剰電力を消費させることができる。従って、本実施形態の電力調整装置 1 によれば、簡素な構成で電力系統の需給バランスの調整を効率よく行うことができる。

[0046] ところで、以上に説明した仕組みでは、超伝導体 3 で余剰電力が消費されることにより熱（ジュール熱）が発生するが、この熱は、例えば、図 5 に示すように熱交換器 40（再熱機）に取り込んで再利用（例えば火力発電所等の熱源として用いる）するようにしてもよい。また本実施形態の電力調整装置 1 は、例えば、短絡事故等の発生時に送電線 2 を流れる故障電流を抑制する限流器として機能させてもよい。

[0047] [第 2 実施形態]

図 6 は第 2 実施形態に係る電力調整装置 1 の構成及び機能を説明する図である。同図に示すように、第 2 実施形態の電力調整装置 1 では、送電線 2 で連結した複数の超伝導体 3 を介在させている。冷媒槽 5 には、隔壁 60 によって区画された複数の小室 55 が設けられており、超伝導体 3 の夫々は各小室 55 に個別に收容されている。

[0048] 同図に示すように、超伝導体 3 の夫々は、夫々の高さを段階的に変えた状態で保持されている。連結された複数の超伝導体 3 の全体は、その両端に位置する超伝導体 3 に接続している送電線 2 を位置調節機構 8 の支持部 81 によって支持することにより保持されており、支持部 81 を上下に移動させることにより複数の超伝導体 3 の全体の高さ位置を調節することができる。そのため、支持部 81 を上下に移動させて超伝導体 3 の全体を上下に移動させることにより、超伝導体 3 の夫々を、超伝導状態から常伝導状態に、もしくは常伝導状態から超伝導状態に、順次相転移させることができる。

[0049] 同図には示していないが、各隔壁 60 には、上下方向に所定の長さでスリットが形成されている。このスリットは超伝導体 3 を上下に移動させた際に

送電線 2 の通り道となる。また第 1 実施形態と同様に、本実施形態においても、前述した冷媒供給源 6、バルブ 7、遮断器 9、及び情報処理装置 30 と通信可能に接続された制御装置 10 が設けられている。

[0050] 同図に示すように、位置調節機構 8 の支持部 81 を上昇させていくと、高い位置に存在する超伝導体 3 から順に冷媒 4 の外に露出していく（通常状態（a）→調整中の状態（b））。一方、位置調節機構 8 の支持部 81 を下降させていくと、低い位置に存在する超伝導体 3 から順に冷媒 4 に浸されていく（調整中の状態（b）→通常状態（a））。

[0051] 尚、支持部 81 の移動は、個々の超伝導体 3 の全体が完全に冷媒 4 に浸るかもしれない完全に冷媒 4 の外に露出するかのいずれかの状態になるように段階的（二値的）に行うようにしてもよい。

[0052] ここで第 1 実施形態における電力調整装置 1 のように、バルクな超伝導体 3 の一部（体積分）を常伝導状態に相転移させた場合には、冷媒 4 から露出して常伝導状態となっている部分で発生した熱（余剰電力が消費されることにより発生した熱）が超伝導状態の部分に伝達され、超伝導状態に保持すべき部分が常伝導状態に相転移してしまう可能性がある。また上記熱は冷媒 4 にも伝達されるので、冷媒 4 を無駄に消費してしまうことになる。

[0053] 本実施形態のように、個々の超伝導体 3 をその全体が完全に冷媒 4 に浸るかもしれない完全に冷媒 4 の外に露出するかのいずれかの状態になるように段階的（二値的）に上下させた場合には上記のような問題が生じない。また各超伝導体 3 は隔壁 60 によって区画された小室 55 内に個別に収容されているので、ある超伝導体 3 が常伝導状態に保持されている場合でも、他の超伝導体 3 への熱の伝達を防ぐことができる。

[0054] 各小室 55 の上部開口には、例えば、図 7 に示すような蓋体 71 を設けてもよい。蓋体 71 は、例えば、上部開口の縁部に蝶番や弾性機構を用いて支持するようにする。また同図に示すように、超伝導体 3 を小室 55 に出入りさせる際は蓋体 71 が小室 55 の上部開口を開放し、それ以外の場合は蓋体 71 が上部開口を封止するようにしてもよい。このようにすれば、超伝導体

3を冷媒4から出し入れする際の小室55の内外の熱の出入りを防ぐことができ、冷媒4の蒸発をより確実に防ぐことができる。

[0055] 図8に示すように、冷媒槽5は、各小室55が環状に配置された全体形状としてもよい。同図に示すように、この例では、冷媒槽5の内部をその面が冷媒槽5の中心軸を通るように配置した隔壁60によって区画することにより、上下面が扇状を呈する複数の小室55を形成している。冷媒槽5をこのような形態とした場合には、例えば、冷媒槽5の設置スペースを削減することができ、電力調整装置1の設置場所の選択肢が増えることになる。

[0056] 常伝導状態となっている部分において発生した熱は熱交換器（再熱機）に取り込んで再利用するようにしてもよい。また電力調整装置1は、例えば、短絡事故等の発生時に送電線2を流れる故障電流を抑制する限流器として機能させてもよい。

[0057] [第3実施形態]

図9は、第3実施形態に係る電力調整装置1の構成及び機能を説明する図である。第1実施形態及び第2実施形態では、位置調節機構8によって超伝導体3の位置を変化させることにより、超伝導体3の全部又は一部を超伝導状態又は常伝導状態に相転移させていたが、本実施形態では超伝導体3の位置は変えずに超伝導体3を相転移させる。

[0058] 同図に示すように、本実施形態の電力調整装置1では、送電線2に複数の超伝導体3を介在させている。また各超伝導体3を複数の小室55の夫々に個別に収容するようにしている。各小室55には冷媒供給源6が接続されている。各小室55には、バルブ7を介して冷媒供給源6から冷媒4が供給される。同図では省略しているが、第1実施形態と同様、前述した遮断器9、及び情報処理装置30と通信可能に接続された制御装置10が設けられている。

[0059] 同図に示すように、本実施形態においては、制御装置10が、情報処理装置30からの調整指示に応じてバルブ7の開閉を制御することにより各小室55の冷媒4の量を調節し、各小室55に収容されている超伝導体3の全部

又は一部を超伝導状態又は常伝導状態に相転移させる（通常状態（a）→調整中の状態（b）、もしくは通常状態（b）→調整中の状態（a））。このため、超伝導体 3 を移動させることなく超伝導体 3 を超伝導状態又は常伝導状態に相転移させることができる。従って、超伝導体 3 を移動させるための仕組みを設ける必要がなく、小室 5 5 への冷媒 4 の供給量を制御するだけで需給バランスの調整を行うことができる。また本実施形態では、送電線 2 や超伝導体 3 の位置を変化させないため、電力系統の需給バランスの調整に際し送電線 2 や超伝導体 3 の電氣的性質に与える影響も少ない。

[0060] 常伝導状態となっている部分において発生した熱は熱交換器（再熱機）に取り込んで再利用するようにしてもよい。また電力調整装置 1 は、例えば、短絡事故等の発生時に送電線 2 を流れる故障電流を抑制する限流器として機能させてもよい。

[0061] [応用例]

図 10 に示すように、第 1 乃至第 3 実施形態で説明した電力調整装置 1 は、需給家（負荷 9 1、分散型電源 9 2（化石エネルギー、自然エネルギー、廃熱等を利用する発電設備）、蓄電池 9 3 を含む）側に設けられている分散型電源 9 2 からの逆潮流に起因して電力系統に生じる電圧変動の抑制に用いることができる。この例では、変電所 9 5（又は発電所）と需給家とを結ぶ送電線 2 から分岐する各配電線 2 1（支線）に電力調整装置 1 を介在させ、分散型電源 9 2 から配電線 2 1 に流れ込む逆潮流に起因して生じる電圧変動を抑制するようにしている。尚、同図のような配置とした場合には、電力調整装置 1 を短絡事故等の発生時に配電線 2 1 を流れる故障電流を抑制するための限流器として機能させることもできる。

[0062] また図 11 に示すように、電力調整装置 1 は、例えば、樹枝状（常開ループ）配電系統の常開点に設置してループコントローラ（LPC）として機能させることもできる。電力調整装置 1 をループコントローラとして機能させる場合には、樹枝状配電系統に多数の分散型電源 9 2 が接続されている場合でも、電力系統に生じる電圧変動を抑制して需給バランスを適切に調整する

ことができる。また同図のような配置とした場合には、電力調整装置 1 を短絡事故等の発生時に送電線 2（又は配電線 2 1）を流れる故障電流を抑制するための限流器として機能させることもできる。

[0063] 以上に説明した実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれることは勿論である。

符号の説明

[0064] 1 電力調整装置、2 送電線、2 1 配電線、3 超伝導体、4 冷媒、5 冷媒槽、7 バルブ、8 位置調節機構、8 1 支持部、8 2 駆動部、1 0 制御装置、3 0 情報処理装置、5 5 小室、6 0 隔壁、7 1 蓋体、9 1 負荷、9 2 分散型電源、

請求の範囲

- [請求項1] 超伝導状態に保持した超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体の少なくとも一部を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった部分において電力系統に生じた余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することを特徴とする電力調整方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の電力調整方法であって、冷媒に浸すことにより超伝導状態に保持した超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた体積分を前記冷媒の外に出すことにより前記体積分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の電力を調整することを特徴とする電力調整方法。
- [請求項3] 請求項2に記載の電力調整方法であって、冷媒に浸すことにより超伝導状態に保持した複数の超伝導体を送電線に介在させて送電を行い、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を前記冷媒の外に出すことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することを特徴とする電力調整方法。
- [請求項4] 請求項3に記載の電力調整方法であって、前記超伝導体の夫々を、夫々の高さを段階的に変えた状態で前記冷媒に浸すことにより前記超伝導体の夫々を超伝導状態に保持し、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を、高い位置にある前記超伝導体から順に前記冷媒の外に出していくことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の電力を調整することを特徴とする電力調整方法。
- [請求項5] 請求項3又は4のいずれか一項に記載の電力調整方法であって、複数の前記超伝導体の夫々を、前記冷媒が供給される複数の小室の夫々

に個別に収容し、前記小室の上方に開口を設け、前記超伝導体が前記小室の内外を移動する際に前記開口を開放し、それ以外の場合は前記開口を封止するように機能する蓋体を設けることを特徴とする電力調整方法。

[請求項6] 請求項3又は4のいずれか一項に記載の電力調整方法であって、複数の前記超伝導体の夫々を、前記冷媒が供給される環状に配置された複数の小室の夫々に個別に収容することを特徴とする電力調整方法。

[請求項7] 請求項1に記載の電力調整方法であって、複数の超伝導体の夫々を複数の小室の夫々に個別に収容し、前記小室の夫々に冷媒を供給することにより前記超伝導体を超伝導状態に保持して送電を行い、前記小室の冷媒の量を前記余剰電力の大きさに応じて調節することにより、前記超伝導体の前記余剰電力の大きさに応じた体積分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の電力を調整することを特徴とする電力調整方法。

[請求項8] 請求項1乃至7のいずれか一項に記載の電力調整方法であって、前記超伝導体のうち常伝導状態に相転移した部分において発生した熱を熱源として用いる再熱機を設けることを特徴とする電力調整方法。

[請求項9] 送電線に介在される超伝導体と、前記超伝導体の少なくとも一部を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった部分において電力系統に生じた余剰電力を消費させることにより電力系統の需給バランスを調整する制御装置と、を備えることを特徴とする電力調整装置。

[請求項10] 請求項9に記載の電力調整装置であって、前記超伝導体を超伝導状態に保持するための冷媒が収容される冷媒槽を備え、前記制御装置は、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた体積分を前記冷媒の外に出すことにより前記体積分部分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の需給バランスを調整することを特徴とする電力調整装置。

[請求項11] 請求項10に記載の電力調整装置であって、複数の前記超伝導体を

超伝導状態に保持するための冷媒が収容される冷媒槽を備え、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を前記冷媒の外に出すことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の需給バランスを調整することを特徴とする電力調整装置。

[請求項12] 請求項11に記載の電力調整装置であって、前記超伝導体の夫々を、夫々の高さを段階的に変えた状態で前記冷媒に浸すことにより前記超伝導体の夫々を超伝導状態に保持し、前記制御装置は、前記超伝導体のうち前記余剰電力の大きさに応じた数の前記超伝導体を、高い位置にある前記超伝導体から順に前記冷媒の外に出していくことにより前記超伝導体を常伝導状態に相転移させ、常伝導状態となった前記超伝導体において前記余剰電力を消費させることにより電力系統の需給バランスを調整することを特徴とする電力調整装置。

[請求項13] 請求項11又は12のいずれか一項に記載の電力調整装置であって、複数の前記超伝導体の夫々を個別に収容し、前記冷媒が供給される複数の小室を備え、前記小室の上方には開口が設けられ、前記超伝導体が前記小室の内外を移動する際にのみ前記開口を開放し、それ以外の場合は前記開口を封止するように機能する蓋体を設けたことを特徴とする電力調整装置。

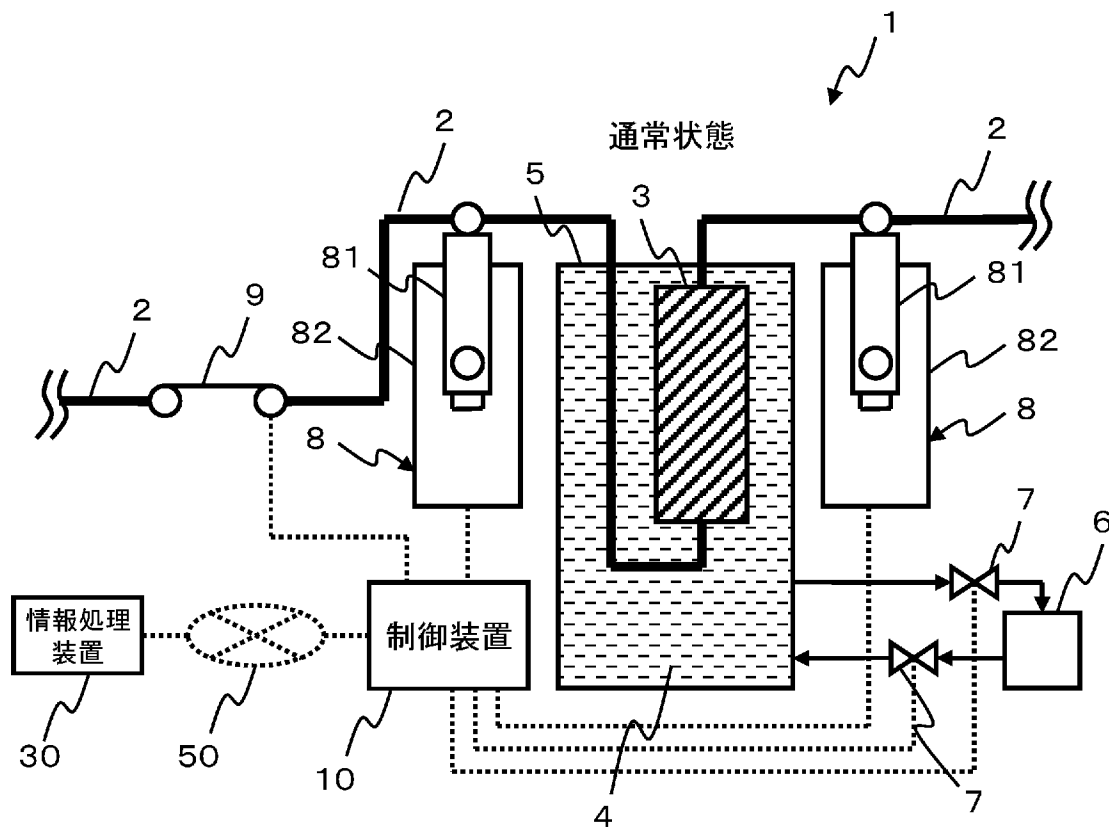
[請求項14] 請求項11又は12のいずれか一項に記載の電力調整装置であって、前記複数の小室は環状に配置されていることを特徴とする電力調整装置。

[請求項15] 請求項9に記載の電力調整装置であって、複数の超伝導体の夫々が個別に収容される複数の小室を備え、前記制御装置は、前記小室の夫々に冷媒を供給することにより前記超伝導体を超伝導状態に保持して送電を行い、前記小室の冷媒の量を前記余剰電力の大きさに応じて調節することにより、前記超伝導体の前記余剰電力の大きさに応じた体

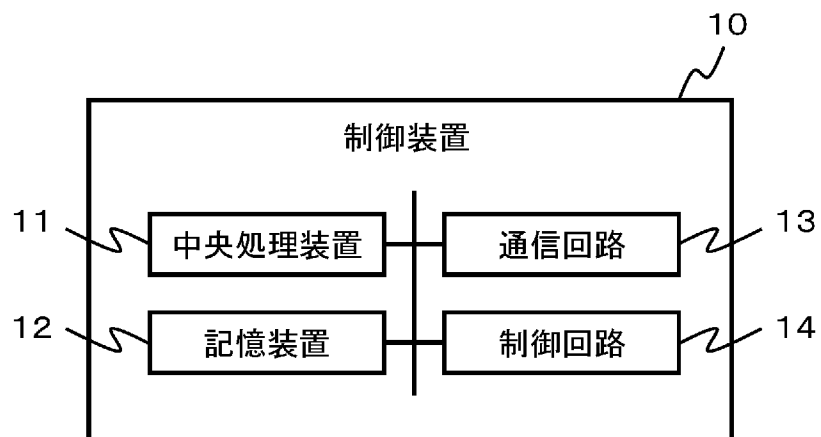
積分を常伝導状態に相転移させ、前記余剰電力を前記体積分において消費させることにより電力系統の需給バランスを調整することを特徴とする電力調整装置。

[請求項16] 請求項9乃至15のいずれか一項に記載の電力調整装置であって、前記超伝導体のうち常伝導状態に相転移した部分において発生した熱を熱源として用いる再熱機を備えることを特徴とする電力調整装置。

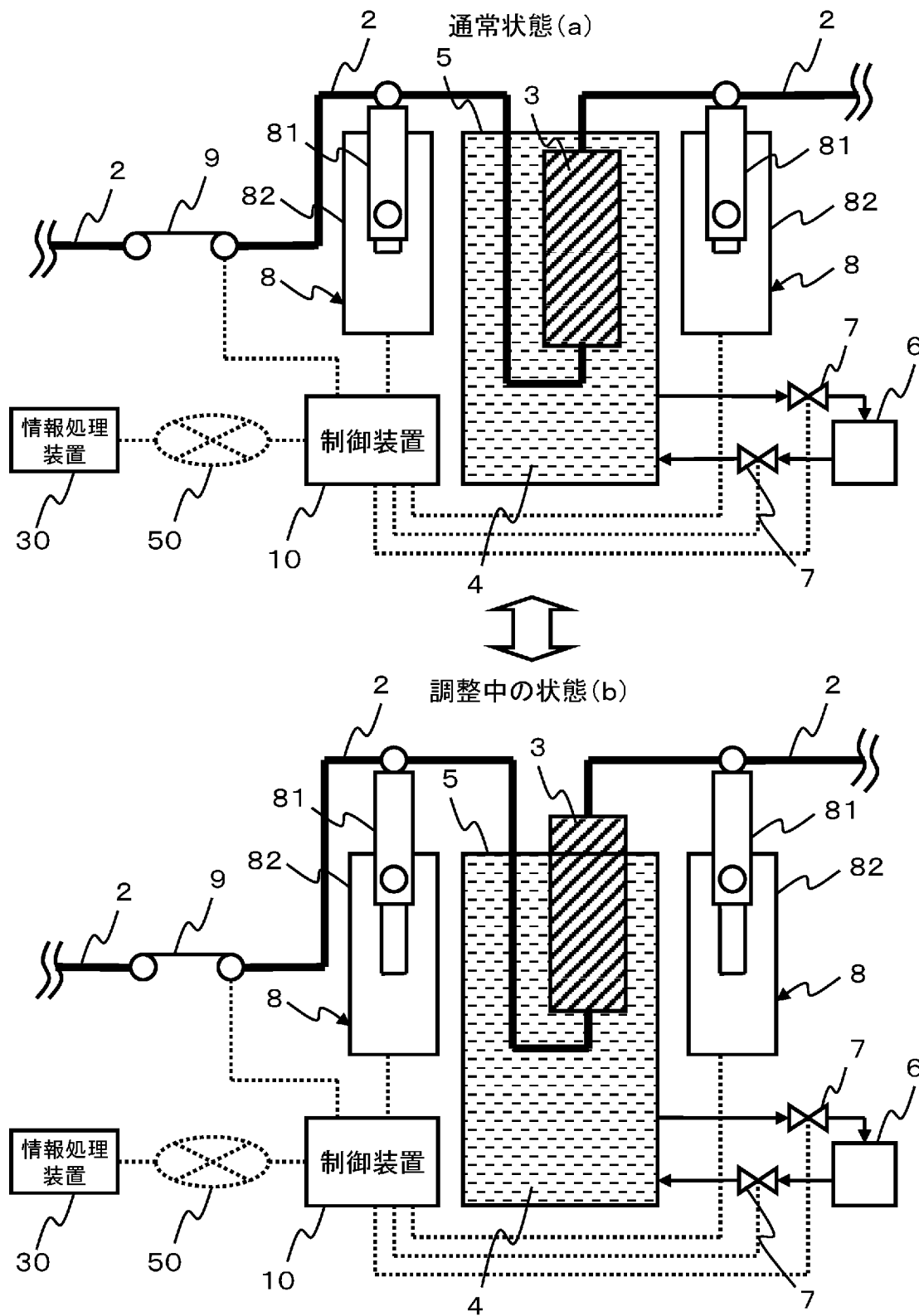
[図1]



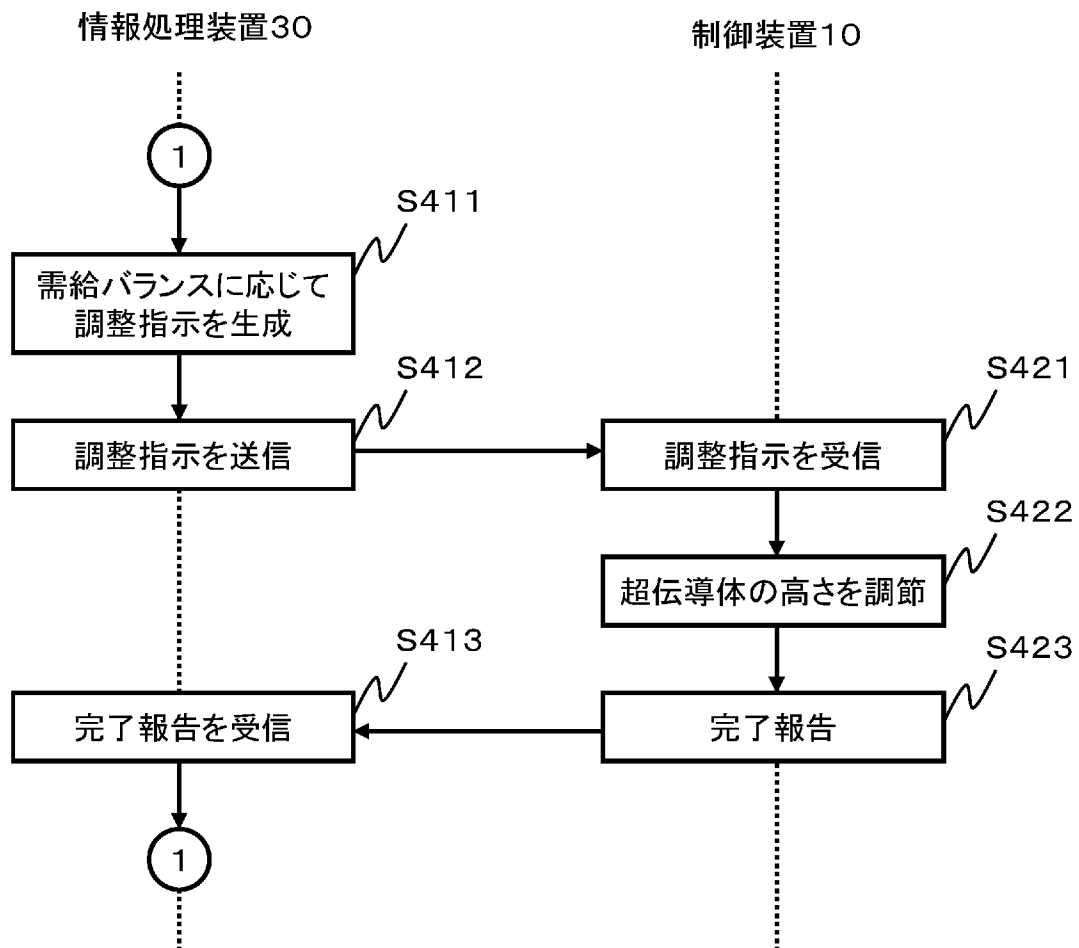
[図2]



[図3]

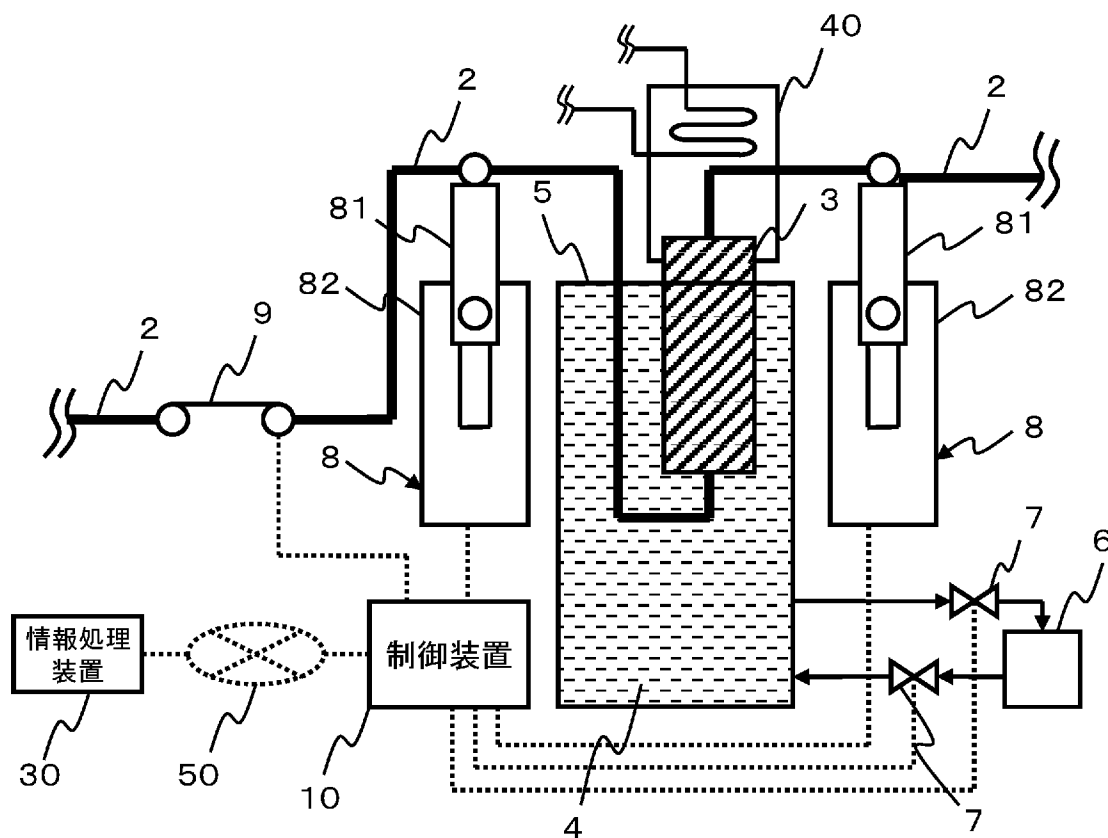


[図4]

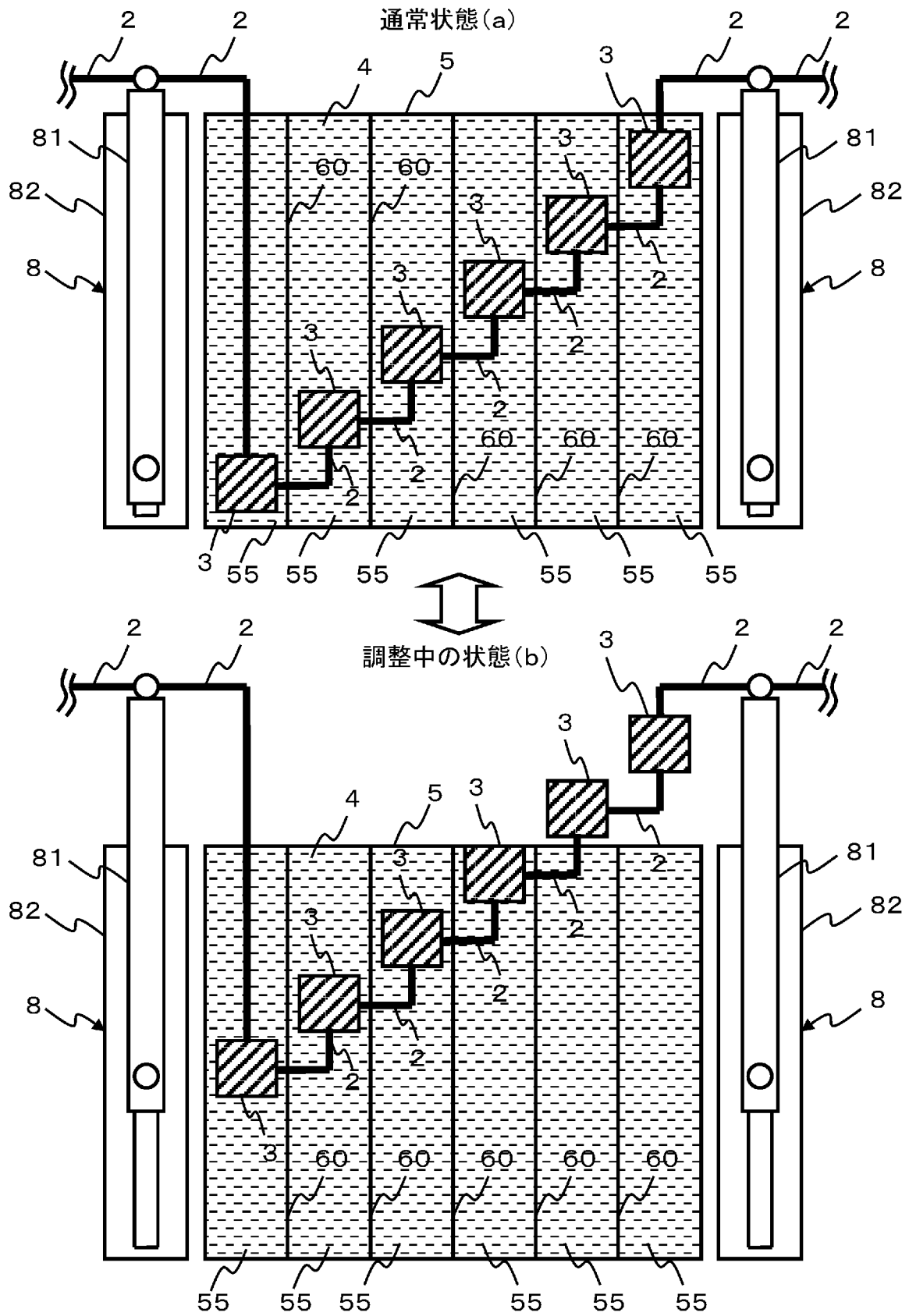


[図5]

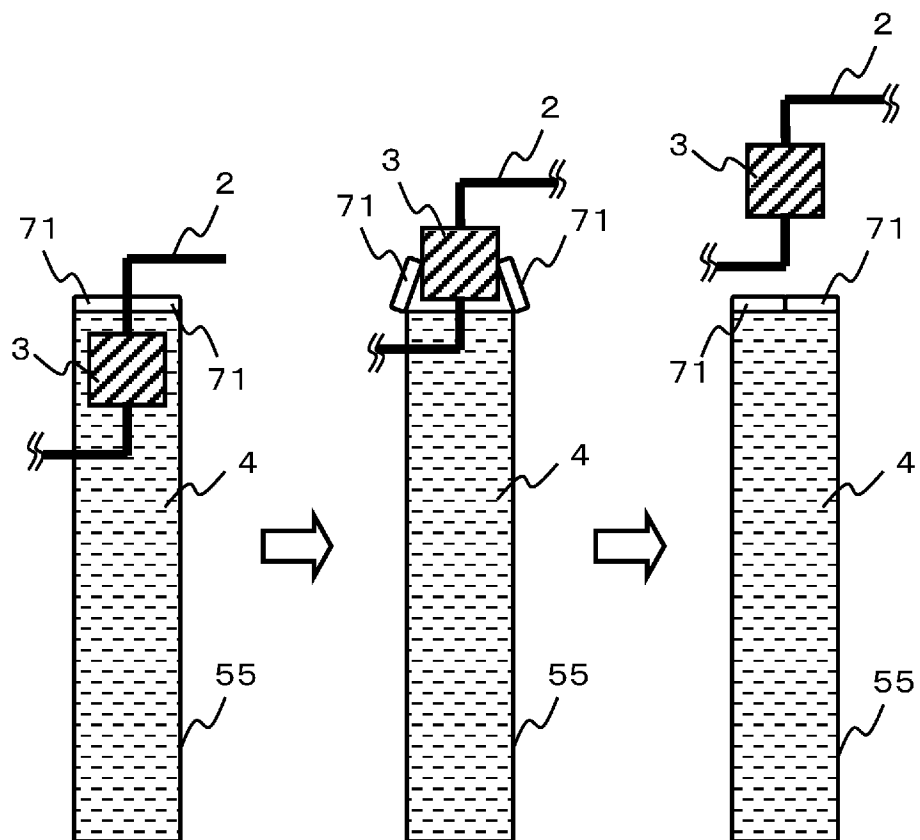
調整中の状態



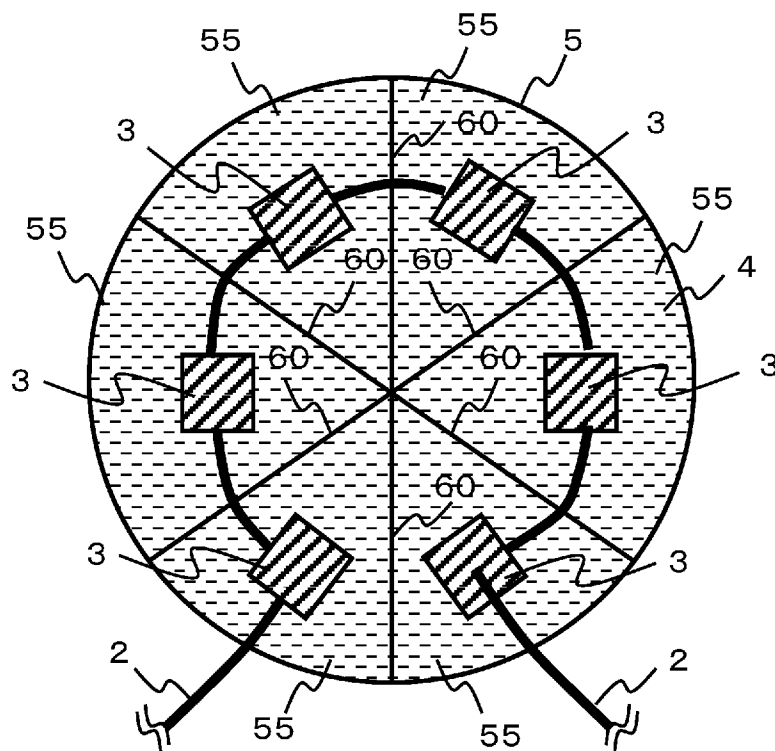
[図6]



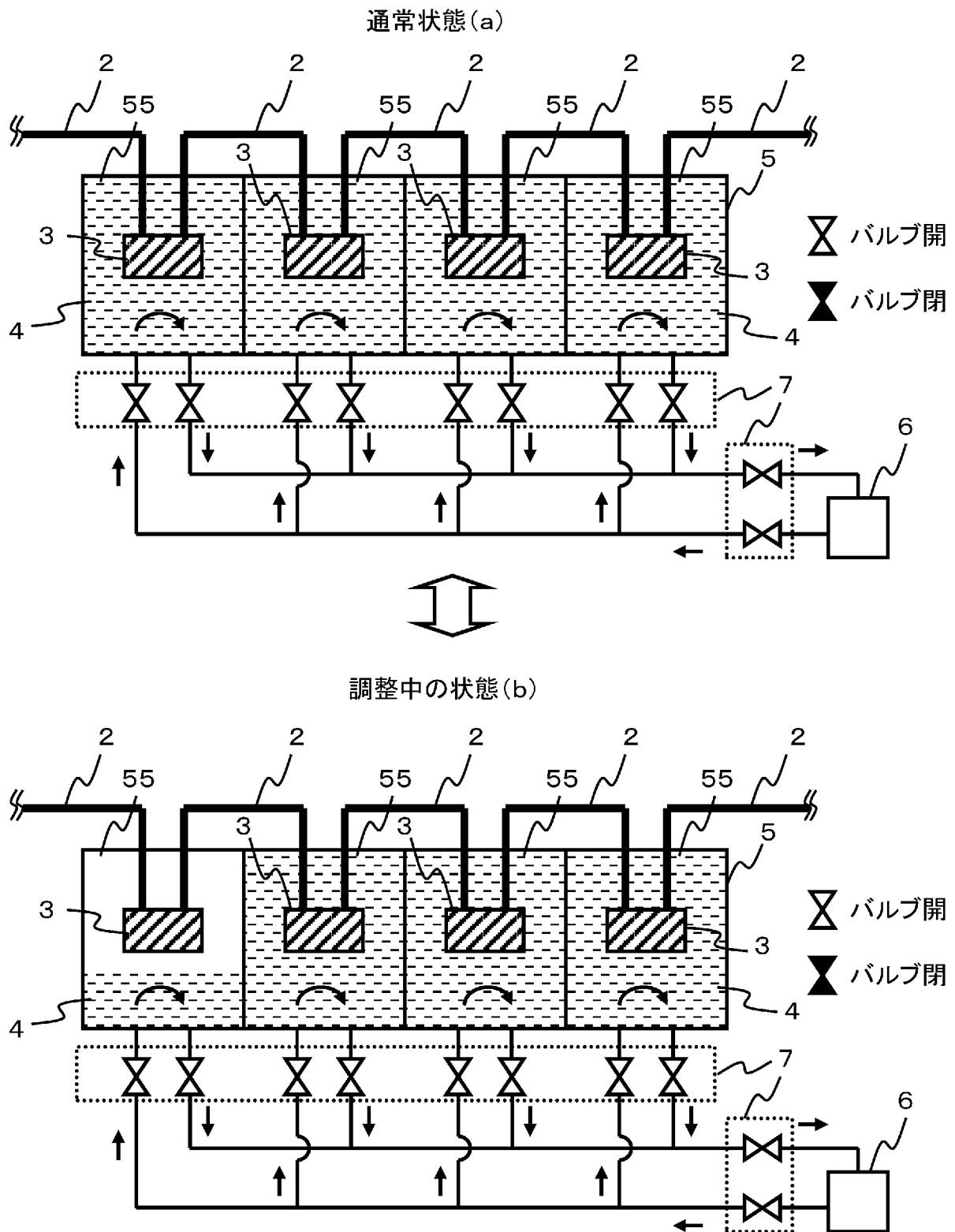
[図7]



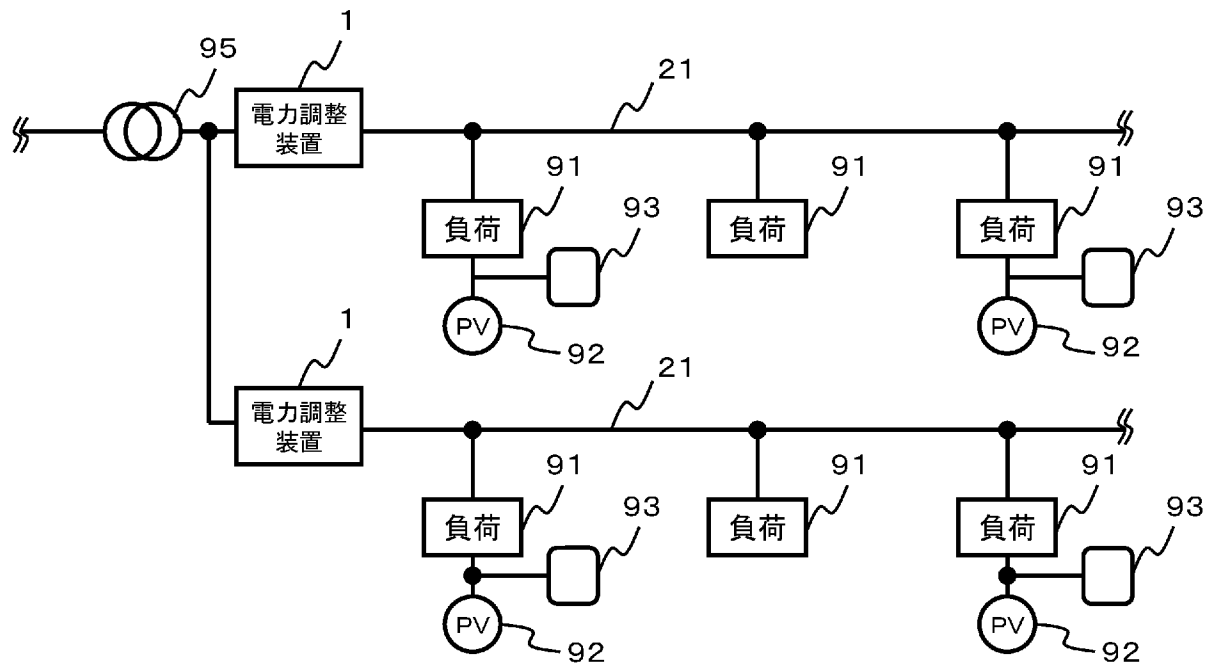
[図8]



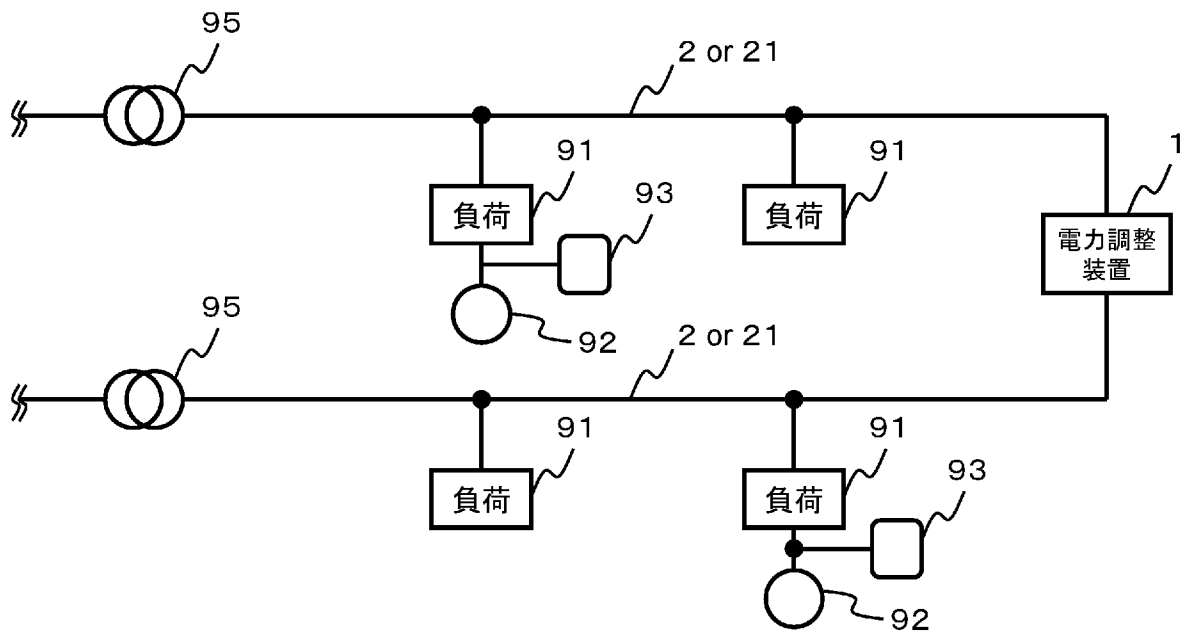
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/067330

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/00(2006.01)i, H02J3/12(2006.01)i, H02J3/24(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)

H02J3/00, H02J3/12, H02J3/24

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 1-138927 A (Toshiba Corp.), 31 May 1989 (31.05.1989), entire text; fig. 1 (Family: none)	1, 9 8, 16 2-7, 10-15
Y	JP 2002-291160 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 04 October 2002 (04.10.2002), paragraph [0017]; fig. 1 (Family: none)	8, 16
A	JP 11-111542 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 23 April 1999 (23.04.1999), paragraphs [0004] to [0007]; fig. 6 (Family: none)	1-16



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

27 October, 2011 (27.10.11)

Date of mailing of the international search report

08 November, 2011 (08.11.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J3/00(2006.01)i, H02J3/12(2006.01)i, H02J3/24(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. H02J3/00, H02J3/12, H02J3/24

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 1-138927 A（株式会社東芝）1989.05.31, 全文、第1図（ファミリーなし）	1、9 8、16 2-7、10-15
Y	JP 2002-291160 A（東洋電機製造株式会社）2002.10.04, 【0017】、図1（ファミリーなし）	8、16
A	JP 11-111542 A（工業技術院長）1999.04.23, 【0004】－【0007】、図6（ファミリーなし）	1-16

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 7 . 1 0 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 8 . 1 1 . 2 0 1 1

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）

麻川 倫広

5 T

4 4 4 8

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