

(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
2012年6月21日(21.06.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/081174 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 3/32 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01) H02P 9/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/006651
- (22) 国際出願日: 2011年11月29日(29.11.2011)
- (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 2010-278796 2010年12月15日(15.12.2010) JP
特願 2010-291894 2010年12月28日(28.12.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 杉本 和繁(SUGIMOTO, Kazushige). 川村 正英(KAWAMURA, Masahide). 古賀 毅(KOGA, Tsuyoshi). 坂田 健太郎(SAKATA, Kentaro). 小川 光哉(OGAWA, Mitsuchika). 津田 健太郎(TSUDA, Kentaro). 飯坂 豪文(IIZAKA, Takefumi).

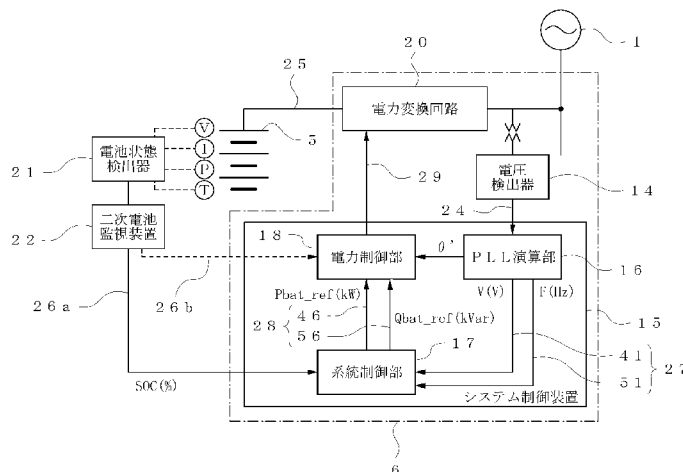
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所(PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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: ADJUSTMENT APPARATUS FOR INDEPENDENT POWER-SUPPLY SYSTEM, AND METHOD OF ADJUSTING INDEPENDENT POWER-SUPPLY SYSTEM

(54) 発明の名称: 自立電源系統調整装置および自立電源系統の調整方法

【図2】



- 14 VOLTAGE DETECTOR
15 SYSTEM CONTROL APPARATUS
16 PLL CALCULATION UNIT
17 SYSTEM CONTROL UNIT
18 POWER CONTROL UNIT
20 POWER CONVERSION CIRCUIT
21 BATTERY STATE DETECTOR
22 RECHARGEABLE BATTERY MONITORING APPARATUS

(57) Abstract: An independent power-supply system (1) of the present invention aims at maintaining stability and quality thereof, by achieving simple and highly-responsive control and adjusting the voltage and frequency of the power-supply system to be prescribed values, by installing a power conversion control apparatus (6) within a power storage facility comprising rechargeable batteries (5), and controlling active power and reactive power therewith.

(57) 要約: 本発明に係る自立電源系統(1)は、二次電池(5)を有する蓄電設備に、電力変換制御装置(6)を設けて、この電力変換制御装置(6)により、有効電力と無効電力を制御することにより、簡便で、応答速度の速い制御を実現して、電源系統の電圧と周波数を所定の値に調整することにより、自立電源系統の安定性と品質の維持を図る。

WO 2012/081174 A1



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：

自立電源系統調整装置および自立電源系統の調整方法

技術分野

[0001] 本発明は、商用の電源系統とは独立した自立電源系統に関し、詳しくは、電源品質の調整装置およびその方法に関する。

背景技術

[0002] 現在、通常の一般的な電力系統は電力会社が供給する商用の電力系統であるところ、商用の電力系統において電源品質の維持管理は主として電力会社によって行われている。そして、電源品質は法令・規則で定められた基準を満たすように、電力系統の運用が図られている。

[0003] 一般需要家は、特別な場合を除き、電源品質の維持管理を行う必要がなく、電力会社から供給される電力を消費している。

[0004] ところが商用の電力系統に接続されない自立電源系統においては、その電源品質の維持管理は自らが行う必要がある。このような自立電源系統の例として、商用の電力配電線から離れた場所の電源系統や船舶内における電源系統がある。また、自家発電設備を有する大規模工場において、系統に連系しない場合も自立電源系統となる。

[0005] 自立電源系統においては、その信頼性と品質が問題となるところ、信頼性は必要なときに必要とする電力が得られることで評価され、電力供給に対する信頼性を言う。一般に停電が発生しない電源が、信頼性が高い電源といえる。一方、品質に関しては、主として電圧と周波数の変動が所定の範囲内におさまっていることで評価される。更には電源に含まれる高調波も電源品質の一部を担う。

[0006] 電源の電圧と周波数とは電力の需給の変化によって変動し、原動機のガバナを調節してその変動を補償する他、発電設備の運転停止や無効電力補償装置を用いて調整を図ることもある。電源系統に太陽光発電や風力発電などの

自然エネルギーを利用した発電設備が接続されている場合、発電設備の出力変動に伴う電圧・周波数変動を補償するため、電源品質の維持は一層必要となる。

[0007] 図11は、従来技術（例えば、特許文献1）からなる船舶内における電源系統について、その一例を示す図である。船舶内の電源系統は、岸壁に係留中などの特別な場合を除き、商用の電力系統とは独立した自立電源系統となっている。近年の船舶において自然エネルギーを利用した発電設備を装備することがあり、太陽電池ユニット（103）が電力変換装置（104）を介して船内電源系統（101）に接続されている。そして、自然エネルギーを有効に活用するために二次電池（105）と電力変換装置（106）とからなる電力貯蔵設備が設けられている。

[0008] 図11の例では、2台のディーゼル発電機（107）により、船舶の運航に必要な電力が賄われる。これら2台のディーゼル発電機（107）は、船舶内の電力需要に応じて適宜必要な台数が運転される。船内電源系統（101）には、船内の照明や空調設備等の船内電力負荷（102）が接続されるほか、船舶の離接岸時に用いられるバウスラスト（108）が接続される。バウスラスト（108）は、モータで駆動され大きな電力を消費するので、その運転により船舶内の電源系統は大きな変動を受けることとなる。

[0009] 電力系統の調整装置として、風力発電機を系統電源に連系した場合における電力系統の安定化装置およびその方法に関するものが開示されている（例えば、特許文献2、特許文献3）。つまり、特許文献2、特許文献3では、風力発電機などの自然エネルギーを用いた電源を系統電源に連系させた電力系統において、その風力発電機などの出力変動により電力系統に発生する電圧および周波数変動を抑制するために系統安定化装置を設ける技術が公表されている。

[0010] このように電力変動を伴う風力発電機などの自然エネルギーを用いた電源や電力変動を伴う間欠負荷を系統電源（201）に連系させた電力系統では、電力変動による電力系統の電圧および周波数変動を抑制するための系統安

定化装置を設置するのが一般的である。

[0011] 図 1 2 はかかる系統安定化装置の概略構成を示す。この系統安定化装置は、同図に示すように例えば風力発電機（203）と系統電源（201）との間に設置され、系統母線（202）に電力変換機（206）を接続し、その直流側に鉛電池などの二次電池（205）を配設した構成を具備する。

[0012] 電力変換機（206）は、インバータ機能とコンバータ機能とを有する双方向形交直変換機で、系統母線（202）からの交流電力を直流変換して二次電池（205）に充電するコンバータ運転と、二次電池（205）に充電された直流電力を交流変換して系統母線（202）に供給するインバータ運転とに切り換え制御される。この切り換え制御は、計器用変圧器や変流器により検出された風力発電機（203）の発電量に基づいて行われる。

[0013] ここで、風力発電機（203）の出力は風速などの自然条件に応じて時々刻々と変動する。一方、風力発電機（203）は、ディーゼル発電機（207）を系統電源（201）として持つ小規模な電力系統と連系することが多い。この種の小規模な電力系統では、前述したように風力発電機（203）の出力変動が頻繁に現出すると、その風力発電機（203）の出力変動により電力系統に電圧または周波数変動を招く影響が大きい。

[0014] そのため、系統安定化装置では、前述した風力発電機（203）の出力変動を計器用変圧器や変流器により検出し、その風力発電機（203）の出力変動を打ち消すように電力変換機（206）のコンバータ運転またはインバータ運転により二次電池（205）を充放電させ、この電力変換機（206）のコンバータ運転またはインバータ運転による電力系統との電力のやり取りでもって、電力系統の電圧または周波数変動を抑制するように電力補償動作させている。

[0015] その他、太陽光発電機の出力変動を、二次電池を用いることなく補償する制御装置（例えば、特許文献4）、もしくは自然エネルギーによる発電機と熱電併給設備を有する電源系統の制御装置（例えば、特許文献5）なども開示されている。もっとも、これら特許文献2～5は、いずれも商用の電力系

統と連系したものであり、自立電源系統に関するものでない。

[0016] さらにまた、自然エネルギーを利用した発電として太陽光発電機の出力変動の影響を低減する制御方法も提案されている。例えば、特公平 2-61227 号公報（特許文献 6）には、太陽電池を利用した太陽光発電機を電力系統に連系する際に、太陽光発電機の出力変動が電力系統に及ぼす影響を抑制するために、太陽光発電機の出力を二次電池に蓄電して、太陽光発電機の出力が低下したときに二次電池から電力を供給して、日射条件により変動を受ける太陽光発電機の出力を補償する技術が開示されている。

[0017] 更に、特開昭 63-186538 号公報（特許文献 7）には、電力系統に二次電池と電力変換機からなる系統安定化装置を設けて、負荷変動が生じたときに、系統安定化装置からの出力を調整する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0018] 特許文献 1：特開 2010-116071 号公報
特許文献 2：特開 2001-286062 号公報
特許文献 3：特開 2002-101557 号公報
特許文献 4：特開 2005-312163 号公報
特許文献 5：特開 2005-151746 号公報
特許文献 6：特公平 2-61227 号公報
特許文献 7：特開昭 63-186538 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0019] 自立発電系統の電力容量（供給可能電力）は商用の電力系統のように大きくないので、負荷変動により電源品質の影響を受け易い。図 11 に示すような船内電源系統（101）において、大きな電力を消費するバウスラスト（108）を起動すると、船内電源系統（101）の電圧、周波数は大きく変動する。また、太陽電池ユニット（103）と電力変換装置（104）から

なる太陽光発電機は日照条件によりその出力が変動し、船内電源系統（自立電源系統）（１０１）に外乱を与える。一般に自立電源系統は電力容量が小さく、負荷等の変動を受けやすいので、電源品質の維持が難しい。

[0020] 電源品質の維持のために、風力発電機等の出力変動やモータの負荷変動を計測して、別途設けた二次電池からの充放電を制御することにより、発電機等の出力変動等を補償する技術が提案されている（例えば、特許文献４、特許文献５）。この方法によれば、発電機毎にその出力を計測し、かつモータ毎にその負荷を計測して、出力および負荷の変動量を算出する必要があり、制御が煩雑となる。特に、発電機台数やモータの台数が増えれば、より煩雑となり対応が困難となる。これは、発電機やモータ毎に電流と電圧を計測して電力を算出し、その変動分を計算するからである。更に、電力の計測は周波数や電圧の計測に比べて時間がかかるところ、発電電力や負荷電力を計測して電力制御するのでは、電力計測の遅れが生じて安定かつ正確な制御を阻害する。

[0021] 電源品質維持のために、別途設けた発電機を運転しておき、その運転停止を行うことにより、太陽光発電機の出力変動による電力系統の電圧と周波数の影響を受けることのないシステムが提案されている（例えば、特許文献２、特許文献３）。しかしながら、図１１における自立電源系統において、電源品質維持のためにディーゼル発電機（１０７）を余分に運転すれば、常に余分なディーゼル発電機を運転しておく必要があり、エネルギー損失となるという問題が生じる。

[0022] 本発明はかかる課題を解決するためになされたものであり、その目的は、煩雑な計測を行うことなく、負荷変動や自然エネルギー発電による擾乱を抑制して電源品質の維持を図るとともに、電源品質維持のために余分に運転されるディーゼル発電機を減らす自立電源系統調整装置および自立電源系統調整方法を提供することにある。

[0023] さらにまた、上述したように、従来技術において、二次電池と電力変換機からなる蓄電設備を用いて、電力系統の安定化を図り、電源系統の品質の維

持管理を行っている。しかし、二次電池の容量は有限であり、その容量を超えて使用しようとする、二次電池は過充電もしくは過放電状態となる。二次電池は過充電もしくは過放電状態になれば、二次電池は劣化して、電池寿命を短くする。これを避けるために二次電池の容量を大きくすれば、コストアップとなる。

[0024] また、適正な充電状態を維持していないと、過充電もしくは過放電に陥りやすい。すなわち、電池残量が少ない状態で二次電池を使用すれば過放電になりやすいし、満充電に近い状態で二次電池を使用すれば過充電になりやすい。

[0025] 電力システムの安定化のために、風力発電機等の出力変動や、モータの負荷変動を計測して、適宜、発電機の運転／停止を行う技術が提案されている（例えば、特許文献6）。この方法によれば、発電機やモータ毎にその電力を計測する必要があり、制御が煩雑となる。更に、電力の計測は周波数や電圧の計測に比べて時間がかかるので、電力計測に遅れが生じて安定で正確な制御を阻害する。

[0026] そこで本発明の他の目的は、二次電池の過充電および過放電を防止しつつ電力システムの安定化を図ることができる自立電源システム調整装置および自立電源システム調整方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0027] 上記の目的を達成するために本発明に係る自立電源システム調整装置は、原動機発電機と負荷設備とを有する自立電源システムにおいて、二次電池と電力変換機とを有する蓄電設備と、自立電源システムの周波数を計測する周波数計測手段と、自立電源システムの電圧を計測する電圧計測手段と、前記周波数計測手段と前記電圧計測手段とからの計測値を用いて、それぞれ有効電力の目標値と無効電力の目標値を算出する系統制御部と、前記系統制御部からの有効電力と無効電力の目標値に応じて有効電力および無効電力を出力する前記電力変換機とを備えている。

[0028] この構成によれば、二次電池と電力変換機とからなる蓄電設備において、

二次電池から電力変換機を介して出力される有効電力および無効電力を制御して、電源系統の周波数と電圧を調整する。

[0029] なお、ここで有効電力、無効電力を出力するとは、その符号を含んでいて流入と流出とを特に区別しないで説明することがある。また、蓄電設備において、二次電池の代わりにキャパシタを用いてもよい。キャパシタを用いれば蓄電設備として応答性が向上する。

[0030] 原動機発電機は、例えばディーゼルエンジンを原動機として用いる同期発電機であってもよく、原動機としてガスタービンや蒸気タービンであってもよい。発電機は誘導発電機であってもよい。

[0031] 本発明にいう自立電源系統とは、商用の電力系統とは独立した電源系統をいう。自立電源系統では、商用の電力系統のような系統電圧や系統周波数を支配する要素はなく、電力の需給により周波数と電圧は定まる。

[0032] ところで、自立電源系統の周波数は、原動機発電機の回転速度によって支配され、この回転速度の変動は、この原動機発電機に流れる負荷電流の有効分の増減によって生じる。従って、上記構成によれば、電力変換機からの有効電力の出力を制御することにより自立電源系統の周波数を制御することができる。そして、この有効電力の目標値が周波数計測手段からの計測値を用いて算出されるので、自立電源系統の周波数が周波数計測手段で計測される周波数に追従するように制御される。なお、自立電源系統の周波数が長期的に（長周期で）変動する場合にはこの制御は実質的に機能せず、当該変動は原動発電機のガバナ(governor)によって制御されて抑制される。また、換言すると、上記構成によれば、自立電源系統調整装置は、周波数の過渡的な変動のみに応答することができ、定常的に二次電池から電力が出力され続けることを防ぐことができる。

[0033] また、自立電源系統の電圧は、原動機発電機の端子電圧によって支配され、この端子電圧の変動は、この原動機発電機につながれた負荷の力率の変動によって生じる。従って、上記構成によれば、電力変換機からの無効電力の出力を制御することにより自立電源系統の電圧を制御することができる。そ

して、この無効電力の目標値が電圧計測手段からの計測値を用いて算出されるので、自立電源系統の電圧が電圧計測手段で計測される電圧に追従するように制御される。上記構成によれば、自立電源系統調整装置は、電圧の過渡的な変動のみに応答することができ、定常的に二次電池から電力が出力され続けることを防ぐことができる。

[0034] よって、本発明に係る自立電源系統調整装置は、煩雑な計測を行うことなく、負荷変動や自然エネルギー発電による擾乱を抑制して電源品質の維持を図ることができる。また、二次電池の過充電および過放電を防止しつつ電力系統の安定化を図ることができる。

[0035] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、前記二次電池に取り付けられた電池状態検出器と、前記電池状態検出器からの信号により前記二次電池のSOCを計算するSOC計測手段と、前記SOC計測手段からの出力とあらかじめ定めたSOC目標値との偏差により、前記有効電力の目標値を補正する手段を有する。

[0036] この構成によれば、SOC計測手段として、例えば、二次電池の端子電圧や充放電電流、電池温度やセル圧力などの電池状態を検出する検出器を設けてもよい。電池状態検出器からの検出値に異常がないか監視するために電池監視装置を設けてもよく、当該電池監視装置で電池のSOC (State of Charge) を計算してもよい。

[0037] ここでSOCとは、二次電池の充電状態を示す値であって、満充電された状態を100%SOCといい、二次電池に電気量がない状態を0%SOCという。二次電池を過充電や過放電状態にすると電池寿命に影響を与えて好ましくないので、一般に、電池は20%SOC～80%SOCの間で使用される場合が多い。

[0038] 本発明に係る自立電源系統調整装置は前記周波数計測手段および前記電圧計測手段が、自立電源系統の電圧を計測する電圧計と、前記電圧計の出力を位相同期演算するPLL演算部とを有する。

[0039] この構成によれば、三相交流の電源系統に接続された変成器を介して特定

の2相（例えば、RS相、ST相）の電圧の瞬時値を検出する。これを例えば計算機に取り込みPLL演算（Phase Locked Loop；位相同期演算）を施して、周波数と電圧を計算する。よって、電力計に比べ計測の遅れが小さいので、良好な応答性を得ることができる。

[0040] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、前記系統制御部における制御演算が比例制御である。

[0041] この構成によれば、有効電力調整ループおよび無効電力調整ループにおいて、制御演算は好ましくは比例制御となる。比例制御演算を行うことにより、他の発電設備と安定に負荷分担を行うことができる。比例制御演算を行なう代わりに、マイナーループとして比例積分制御（PI）演算を行い、全体としてドループを持たせた制御を行なってもよい。

[0042] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、前記周波数計測手段の出力に遅れ演算器を設けて時間遅れ演算を施して周波数目標値とし、かつ、前記電圧計測手段の出力に遅れ演算器を設けて時間遅れ演算を施して電圧目標値とする。

[0043] 遅れ演算器は時間遅れ処理を施す演算器であって、例えば、一次遅れであってもよい。また、移動平均や二次遅れであってもよい。各計測手段に低周波信号を遮断する高域通過フィルタ処理演算を施し、これに比例定数を乗じて、有効電力および無効電力の目標値としてもよい。

[0044] この構成によれば、周波数計測手段の出力及び電圧計測手段の出力にそれぞれ適切な遅れを持たせることにより、短期的（過渡的）な周波数変動及び電圧を好適に抑制することができる。

[0045] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、前記原動機発電機が複数台であって、原動機発電機の負荷状態に応じて、前記原動機発電機の起動停止を行う台数制御を有する。

[0046] この構成によれば、好ましくは原動機発電機の台数は少なくとも3台である。原動機発電機の負荷状態とは、運転中の原動機発電機の定格出力の合計に対する運転中の原動機発電機の出力の合計の割合をいう。しかしながら、

原動機発電機の個々の定格に対する出力をいうこともある。特に断わらない限り、前者をもって原動機発電機の負荷状態という。

[0047] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、自立電源系統に自然エネルギーを利用した発電機を接続してなる。

[0048] この構成によれば、自然エネルギーを利用した発電機として、太陽電池を用いた太陽光発電機であってもよく、風力エネルギーを利用した風力発電機であってもよい。海洋を航海する船舶にとって太陽光や風力の自然エネルギーに恵まれている。自然エネルギーの有効活用を図れば省エネルギーとCO₂削減に寄与することができる。

[0049] 本発明に係る自立電源系統の調整方法は、原動機発電機と負荷設備と二次電池と当該二次電池の電力変換機とを有する自立電源系統において、自立電源系統の電圧から無効電力の目標値を計算して、自立電源系統の周波数から求めた有効電力の目標値に二次電池の状態から求めた電池のSOCとSOC目標値との偏差に応じた補正を行い、前記無効電力の目標値および前記有効電力の目標値となるように、前記電力変換器からの無効電力および有効電力を調整する。

[0050] 本発明に係る自立電源系統の調整方法は、自立電源系統の電圧信号から位相同期演算により自立電源系統の周波数と電圧とを算出する。

[0051] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、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。

発明の効果

[0052] 本発明は、以上に説明した構成を有し、簡便でかつ計測に遅れの生じない系統周波数と系統電圧の調整を行うことができる。そして、負荷変動や自然エネルギー発電による擾乱を抑制して電源品質の維持を図り、自立電源系統の電源品質の向上を図ることができる。更には、電源品質維持のために余分に運転されるディーゼル発電機を減らすことにより省エネルギーの実現を図ることができる。また、二次電池の過充電および過放電を防止しつつ電力系統の安定化を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0053] [図1]本発明の実施形態にかかる自立電源系統の電源系統成図である。
- [図2]本発明の実施形態にかかる自立電源系統の調整装置の制御ブロックを示す図である。
- [図3a]図2の制御ブロックにおいて、系統電圧及び系統周波数を算出するPLL演算部の説明図である。
- [図3b]図2の制御ブロックにおいて、系統電圧及び系統周波数を算出するPLL演算部の説明図である。
- [図4]図2の制御ブロックにおいて、系統制御部内の電圧安定化制御回路を示すブロック図である。
- [図5]図2の制御ブロックにおいて、系統制御部内の周波数電圧安定化制御回路を示すブロック図である。
- [図6]図2の制御ブロックにおいて、系統制御部内のSOC補正制御回路を示すブロック図である。
- [図7]図2の制御ブロックにおいて、電力制御部の詳細を説明する図である。
- [図8]SOCの計算方法を説明する図である。
- [図9]ディーゼル発電機の台数制御を説明するためのフローチャートである。
- [図10a]本発明に係る自立電源系統制御装置のシミュレーション試験結果を示す図である。
- [図10b]本発明に係る自立電源系統制御装置のシミュレーション試験結果を示す図である。
- [図11]従来技術による船舶内の電源系統を示す図である。
- [図12]従来技術による船舶内の電源系統を示す図である。
- [図13]従来技術による制御ループを説明する図である。

発明を実施するための形態

- [0054] 以下、本発明に係る実施形態を図面に従って説明するが、本発明はこの実施形態に限定されるものではない。
- [0055] 図1に本発明の実施形態に係る自立電源系統の電源系統図を示す。電源系

統（１）は、特に実体があるというものでなく、強いていえば、配線とこれにつながる各種の発電機や負荷設備等から構成されているといえることができる。

[0056] 自立電源系統（１）（以下、単に「電源系統（１）」と称す）には３相交流電力が流れるところ、表記を簡単化するために単線系統図として表されている。図１に示す電源系統は、船舶内におけるものであるが、船舶以外であっても自立電源系統であれば本発明の適用が可能である。

[0057] 電源系統（１）は、公称電圧４４０Ｖ、公称周波数６０Ｈｚの三相交流であって、その系統には、各種の設備が接続されている。すなわち、太陽電池ユニット（３）と電力変換機（４）とからなる太陽光発電機（１０）、二次電池（５）と電力変換制御装置（６）とからなる蓄電設備（１１）および３台のディーゼル発電機（７ａ、７ｂ、７ｃ）とが、図１の左側に接続されている。

[0058] 図１の右側には船内電力負荷（２）とバウスラスト（８）とが接続されている。船内の照明や空調のほか船内で消費される電力が船内電力負荷（２）となる。バウスラスト（８）は、タグボートの助けを借りずに入港時に船舶を岸壁に移動するために設けられており、大型の誘導電動機により駆動される。バウスラストの起動時には大きな起動電流が流れて、船内電圧の低下等の電源系統（１）に大きな影響を与える。

[0059] バウスラスト（８）の運転が行われない場合は、通常、１台のディーゼル発電機（例えば７ａ）が運転され、船内に必要な電力を供給する。ディーゼル発電機（７）の定格出力は１，０８０ｋＷであって、バウスラスト（８）を駆動する図示しない誘導電動機の定格出力は１，３５０ｋＷである。

[0060] 本発明に係る電源系統調整装置の設置する以前においては、バウスラスト（８）の運転前に、その所要電力を供給するために２台のディーゼル発電機（７）が運転され、誘導電動機の始動時の電源系統の安定化のために更に１台のディーゼル発電機（７）が運転され、合計３台のディーゼル発電機（７）が運転される。しかし、図１に示すように電源系統調整装置が設置されてい

る場合は、バウスラスト（８）の運転前に、不足電力を補うために１台のディーゼル発電機（７）が運転されるが、電源系統の安定化のためにディーゼル発電機（７）の運転の必要がない。合計２台のディーゼル発電機（７）が運転される。

[0061] 本発明の実施形態に係る自立電源系統の調整装置について、図２に示す制御ブロックを用いて説明する。図２において、ディーゼル発電機（７）や太陽光発電機（１０）やバウスラスト（８）等は省略してある。自立電源系統の調整装置は、電力変換制御装置（６）と、電池状態検出器（２１）と、二次電池監視装置（２２）と、二次電池（５）とを備える。

[0062] 二次電池（５）は直流電力ライン（２５）を介して、電力変換制御装置（６）の電力変換回路（２０）に接続されている。この電力変換回路（２０）は図示しないパワー半導体素子を高速にＯＮ／ＯＦＦを行うことにより、二次電池（５）からの直流電力を所定の交流電力に変換して電源系統（１）に出力する、もしくは電源系統（１）からの交流電力を直流電力に変換して二次電池（５）を充電する。

[0063] 電源系統（１）には電源系統電圧を検出するために電圧検出器（１４）が設置されており、電圧検出器（１４）の出力は配線（２４）を介して、システム制御装置（１５）のＰＬＬ演算部（１６）に接続されている。電圧検出器（１４）はＰＴとして知られる変成器である。

[0064] システム制御装置（１５）は、ＰＬＬ演算部（１６）、系統制御部（１７）と電力制御部（１８）から構成されており、ＰＬＬ演算部（１６）からの系統状態信号（２７）は系統制御部（１７）に送られ、系統制御部（１７）からの電力指令信号（２８）は電力制御部（１８）に送られる。

[0065] 電力制御部（１８）からのゲート駆動信号（２９）は電力変換回路（１９）に送られる。ゲート駆動信号（２９）は、パワー半導体素子のゲートをＰＷＭ制御することにより、二次電池（５）の直流電力は所望の電圧、周波数、位相の交流電力に変換されるとともに電源系統（１）からの交流電力は直流電力に変換されて、二次電池（５）を充電する。

[0066] 二次電池（５）には二次電池の状態を検出するための電圧、電流、温度、圧力等の電池状態検出器（２１）が取り付けられており、二次電池監視装置（２２）において二次電池の状態を監視する他、二次電池（５）のＳＯＣの計算を行う。

[0067] 二次電池監視装置（２２）は配線（２６ａ）を介してシステム制御装置（１５）の系統制御部（１７）に接続され、二次電池監視装置（２２）で算出されたＳＯＣが系統制御部（１７）に送出される。また、二次電池の異常信号は配線（２６ｂ）を介して二次電池監視装置（２２）から電力制御部（１８）に送られる。

[0068] 次に、図３～図８を用いて本発明の実施形態に係る自立電源系統の調整装置の動作について説明をする。

[0069] （１）ＰＬＬ演算

図３は、電源系統（１）の電圧及び周波数を算出するＰＬＬ演算部について説明する図である。すなわち、図３（ａ）は、ＰＬＬ演算ブロック図であり、図３（ｂ）は、ＰＬＬ演算部（１６）における演算処理を示すブロック図である。

[0070] 電源系統（１）の周波数・位相は電圧検出器（１４）からの電圧値に基づき、ＰＬＬ演算部（１６）において計算で求められる。すなわち、電力変換制御装置（６）内に設置された電圧検出器（１４）により電源系統（１）の線間電圧の瞬時値 V_{RS} 、 V_{ST} が計測され、ＰＬＬ演算部（１６）に入力される（図７参照）。ＰＬＬ演算部（１６）において、この電圧の瞬時値 V_{RS} 、 V_{ST} を用いて電源系統（１）の周波数・位相の推定が行われる。

[0071] ＰＬＬ演算部（１６）の演算ブロック図を図３に示す。ＰＬＬ演算部（１６）は、線間電圧値（ V_{RS} 、 V_{ST} ）から位相 θ を算出する部分とＰＬＬ演算部（１６）内で推定された位相 θ' との偏差を求める位相比較器（３２）と、位相偏差から電源系統（１）の角速度（周波数）を推定するループフィルタ（３４）および推定された角速度を積算し、推定位相 θ' を算出する積算器（３５）とで構成されている。

[0072] 電源系統の位相は、電圧検出器（１４）から得られた系統線間電圧の瞬時値 v_{ab} （ $=V_{RS}$ ）と v_{bc} （ $=V_{ST}$ ）を $\alpha\beta$ 変換することで求める。系統側の各相の相電圧の瞬時値を、 v_a 、 v_b 、 v_c とし、瞬時値ベクトル $v_{\alpha\beta}$ を次式のように定義する。

[0073] [数1]

$$v_{\alpha\beta} = \sqrt{\frac{2}{3}} \left(v_a + v_b \varepsilon^{j\frac{2\pi}{3}} + v_c \varepsilon^{j\frac{4\pi}{3}} \right)$$

[0074] オイラーの式（ $\varepsilon^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$ ）より瞬時値 v ベクトル $v_{\alpha\beta}$ は以下のよう表現することができる。

[0075] [数2]

$$v_{\alpha\beta} = v_{\alpha} + jv_{\beta} = \sqrt{\frac{2}{3}} \left\{ \left(v_a - \frac{1}{2}v_b - \frac{1}{2}v_c \right) + j \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_b - \frac{\sqrt{3}}{2}v_c \right) \right\}$$

[0076] [数3]

$$\begin{bmatrix} v_{\alpha} \\ v_{\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}$$

[0077] ここで瞬時値ベクトル $v_{\alpha\beta}$ は a 相を基準にした固定座標系（ $\alpha\beta$ 軸）を角速度 ω で回転するベクトルとなる。

[0078] 実際の電力変換制御装置（６）内の電圧検出器（１４）で計測された系統瞬時線間電圧 v_{ab} 、 v_{bc} と瞬時相電圧 v_a 、 v_b 、 v_c は次のような関係にある。

[0079] [数4]

$$v_{ab} = v_a - v_b$$

[0080] [数5]

$$v_{bc} = v_b - v_c$$

[0081] 従って瞬時値ベクトルは瞬時線間電圧から、

[0082] [数6]

$$v_a = \sqrt{\frac{2}{3}} \left(v_a - \frac{1}{2} v_b - \frac{1}{2} v_c \right) = \sqrt{\frac{2}{3}} \left(v_a - v_b + \frac{1}{2} v_b - \frac{1}{2} v_c \right) = \sqrt{\frac{2}{3}} (v_{ab} + v_{bc})$$

[0083] [数7]

$$v_\beta = \sqrt{\frac{2}{3}} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} v_b - \frac{\sqrt{3}}{2} v_c \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} v_{bc}$$

[0084] で求められる。また、次式より $\cos \theta$ と $\sin \theta$ が計算されて、位相 θ が求まる。

[0085]

[数8]

$$\cos \theta = \frac{v_{\alpha}}{\sqrt{v_{\alpha}^2 + v_{\beta}^2}}$$

[0086] [数9]

$$\sin \theta = \frac{v_{\beta}}{\sqrt{v_{\alpha}^2 + v_{\beta}^2}}$$

[0087] 位相比較器（32）は、系統電圧の瞬時値から求めた位相 θ とPLL演算部（16）内で推定された位相 θ' の偏差を求める。位相偏差 $\theta - \theta'$ はオイラーの式より、

[0088] [数10]

$$\sin(\theta - \theta') = \sin \theta \cos \theta' - \cos \theta \sin \theta'$$

[0089] $\theta - \theta'$ が十分小さい場合、この値がほぼ位相差と判断される。

[0090] ループフィルタ（34）は、位相比較器（32）で求められた位相偏差から、系統の角速度 ω を求める。系統周波数は、ループフィルタ（34）の出力 ω から求まる。ループフィルタの伝達関数 $G(s)$ は次式で表される。

[0091]

[数11]

$$G(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right)$$

[0092] 推定角速度 ω を積算器（35）にて積算して、位相 θ' の推定を行う。系統電圧 V は、瞬時値ベクトル $v_{\alpha\beta}$ から次式で求められる。

[0093] [数12]

$$V = \sqrt{v_{\alpha}^2 + v_{\beta}^2}$$

[0094] 以上に述べた電圧、周波数の検出方法は電源系統に連系する電力変換制御装置に組み込まれているものであることから、本発明を実施するにあたり、新たに検出装置を追加する必要がない。

[0095] また、周波数、位相がコンピュータプログラムでの計算により求められているので、応答速度が速い。本発明では周波数・電圧計測の応答速度が設備の性能に影響するが、本方式により、十分な性能が得られる。

[0096] PLL演算部（16）で算出された系統電圧 V は系統電圧信号（41）として、また、系統周波数 F は系統周波数信号（51）として系統制御部（17）に送られる。更に、推定位相 θ' がPLL演算部（16）から電力制御部（18）に送られる。

（2）電圧安定化制御

本発明の実施形態に係る電源系統調整装置は、電源系統（1）の電圧変動を監視し、その変動を抑制するように充放電電力（無効電力）を算出する。電源系統（1）の電圧はディーゼル発電機（7）の自動電圧調整器（AVR）により一定に維持されているが、負荷変動や他の発電機の発電電力変動が

あった場合、電圧が変動する。また負荷が消費する無効電力によっても電圧は変動する。

[0097] 系統制御部（１７）の内部回路である電圧安定化制御回路（４０）の制御ブロック（図４）を用いて、電圧安定化制御の動作について説明する。

[0098] 図４に示す電圧安定化制御回路（４０）は電圧の変動を検知して、蓄電設備（１１）からの無効電力を調整することにより系統電圧の変動を抑制する。

[0099] 電圧安定化制御回路（４０）にはPLL演算部（１６）で算出された系統電圧信号（４１）が入力される。系統電圧信号（４１）は、遅れ演算器（４２）において時間遅れ処理が施されて系統電圧目標値 V_{ref} となり、減算器（４３）に送出される。遅れ演算器（４２）の出力は系統電圧の目標値（ V_{ref} ）を与えることとなる。

[0100] 減算器（４３）は系統電圧目標値 V_{ref} から系統電圧 V を減算して、比例制御器（４４）に出力する。比例制御器（４４）は、減算器（４３）の出力（ $=V_{ref}-V$ ）に比例定数 K_v を乗じて、次段の上下限リミッタ（４５）に送る。そして、上下限リミッタ（４５）にて比例制御器（４４）の出力は Q_{bat_max} と Q_{bat_min} の間に制限されて、無効電力指令信号（５６）として出力される。

[0101] 遅れ演算器（４２）は系統電圧目標値 V_{ref} を系統電圧の整定値に漸近させる。これにより、電圧安定化制御は電圧の過渡的な変動のみに応答し、定常的に無効電力を出力しつづけることがない。ここで遅れ演算器（４２）は、好ましくは一次遅れ演算を実行するように構成されている。その時定数 T は試験運転時に調整され、本実施形態においては、１分とした。なお、遅れ演算器（４２）は二次遅れ演算を実行するものであってもよく、時間遅れ処理を施すものであれば他の演算であってもよい。系統電圧目標値 V_{ref} とプロセス量である系統電圧 V との差が制御誤差 ε_v となる。制御誤差 ε_v の算出に当り、系統電圧信号（４１）に高域通過フィルタ演算を施し、求めてもよい。

（３）周波数安定化制御部

本発明の実施形態に係る電源系統調整装置は、電源系統（１）の周波数変動を監視し、その変動を抑制するように充放電電力（有効電力）を算出する。電源系統（１）の周波数はディーゼル発電機（７）の回転速度制御装置（ガバナ）により一定に維持されているが、負荷変動や他の発電装置の発電電力に変動があった場合、ディーゼル発電機（７）の出力と負荷電力がバランスしなくなり、結果として周波数が一時的に変動する。

[0102] 系統制御部（１７）の内部回路である周波数安定化制御回路（５０）の制御ブロック（図５）を用いて、周波数安定化制御の動作について説明する。

図５に示す周波数安定化制御回路（５０）は周波数の変動を検知し、ディーゼル発電機（７）の出力と負荷電力のアンバランス分を、蓄電設備（１１）の発生する有効電力で補償することにより一時的な周波数変動を抑制する。

[0103] 周波数安定化制御回路（５０）にはPLL演算部（１６）で算出された系統周波数信号（５１）が入力される。系統周波数信号（５１）は、遅れ演算器（５２）において時間遅れ処理が施されて系統周波数目標値 F_{ref} となり、減算器（５３）に送出される。遅れ演算器（５２）の出力は系統周波数の目標値（ F_{ref} ）を与えることとなる。

[0104] 減算器（５３）は系統周波数目標値 F_{ref} から系統周波数 F を減算して、比例制御器（５４）に出力する。比例制御器（５４）は、減算器の出力（ $=F_{ref}-F$ ）に比例定数 K_f を乗じて、次段の上下限リミッタ（５５）に送る。そして、上下限リミッタ（５５）にて比例制御器（５４）の出力は P_{bat_max} と P_{bat_min} の間に制限される。この上下限リミッタ（５５）の出力は、加算器（５７）にて、SOC補正制御回路（６０）からの有効電力補正 P_{soc_cmp} が加算されて、有効電力指令信号（４６）として周波数安定化制御回路（５０）から出力される。

[0105] 遅れ演算器（５２）は周波数安定化制御回路（５０）の周波数目標値を系統周波数の整定値に漸近させる。これにより、周波数安定化制御は周波数の過渡的な変動のみに応答し、定常的に有効電力を出力しつづけることがない。ここで遅れ演算器（５２）は、好ましくは一次遅れ演算を実行するように

構成されている。その時定数 T は試験運転時に調整され、本実施形態においては、1分とした。なお、遅れ演算器(42)は二次遅れ演算を実行するものであってもよく、時間遅れ処理を施すものであれば他の演算であってもよい。系統周波数目標値 F_{ref} とプロセス量である系統周波数 F との差が制御誤差 ε_f となる。制御誤差 ε_f の算出に当り、系統周波数信号(51)に高域通過フィルタ演算を施し、求めてもよい。

(4) SOC補正制御(二次電池の保護制御)

二次電池(5)には二次電池の状態を検出するための電圧計、電流計、温度計、圧力計等の電池状態検出器(21)が取り付けられており、二次電池監視装置(22)で、二次電池の状態監視を行うとともに、二次電池のSOCが計算される。なお、二次電池(5)に異常が発生すれば、電力変換回路(20)の作動を停止させて、二次電池(5)の保護を図る。SOC制御の説明の前に、SOCの求め方について説明する。

[0106] 電池の充電状態(SOC)を計算する方法として、充放電電流を積算する方法(積算SOC法)と電池電圧・電流・温度等から充電状態を推定する方法(瞬時SOC法)とがある。ここで、積算SOC法は短期間の運用では精度良く計測できる反面、電流の計測誤差、自己放電の影響が累積され、長時間運用した場合、誤差が拡大する問題がある。

[0107] 一方、瞬時SOC法は累積誤差の影響はない反面、充放電電流の時間変化等により、誤差が生じる。本発明に係る実施形態においては、補正SOC法を用いてSOCの計算を行っている(図8参照)。すなわち、積算SOC法でSOCを計算して、瞬時SOCとの偏差を求め、その偏差を補正するように充放電電流値に補正を加えて、補正SOCを求める。本方式は、積算SOC法で生じる累積誤差を瞬時SOC法で補正することにより、長期間の使用により誤差の累積が抑制され、長期運用を可能としている。

[0108] ディーゼル発電機(7)の周波数と電圧は、必ずしも定格値で整定するとは限らず、系統周波数と系統電圧に定常的に偏差が残る場合がある。

[0109] 系統電圧は配電線の電圧降下により、場所により偏差が残る。また、ディ

ーゼル発電機（７）の出力電圧も所定の電圧を維持しているとは限らないことから、定常的な制御偏差により、充電や放電が継続することとなり、二次電池が過充電状態や過放電状態となる恐れがある。

[0110] また、電圧安定化制御回路（４０）では遅れ演算器（４２）を用いることにより、電圧目標値を系統電圧の定常値に漸近させて、定常的に無効電力を出力しないようにしている。同様に、定常的な周波数偏差により、充電や放電が継続することとなり、二次電池が過充電状態や過放電状態となる恐れがある。

[0111] 本発明の実施形態において、遅れ演算器（４２、５２）を設けて、電圧目標値を系統電圧の定常値に漸近させ、かつ、周波数目標値を系統周波数の定常値に漸近させて、定常的に無効電力および有効電力が出力されることにより、充電や放電が継続されないようにして、二次電池（５）の保護を図っている。

[0112] ここで、遅れ演算器（４２、５２）を用いずに、周波数および電圧の各計測手段に低周波信号を遮断する高域通過フィルタ処理演算を施して、これに比例定数を乗じて有効電力および無効電力の目標値としてもよい。

[0113] さらにまた、二次電池は過充電（ $SOC > 100\%$ ）や過放電（ $SOC < 0\%$ ）になると、電池性能の劣化を招く恐れがあるし、電池電圧が下がり過ぎると、装置が停止する恐れがある。そこで電池使用範囲の上限 80% とし、下限を 20% として二次電池の運用を図っている。このため、 80% と 20% の中間の値（ 50% ）をSOC目標値 SOC_{ref} としている。

[0114] 二次電池（５）が適正な充電状態を維持するために、あらかじめ定められたSOCの目標値（ SOC_{ref} ）と二次電池監視装置（２２）で計算されたSOCの偏差から、SOC補正電力を計算する。図６を用いてSOC補正制御の動作について説明する。

[0115] 図６は系統制御部（１７）の内部回路であるSOC補正制御回路（６０）の制御ブロックを示す図である。減算器（６３）の出力が上下限リミッタ（６４）にて、単位変換と上下制限を受ける。そして上下限リミッタ（６４

）の出力は一次遅れ演算器（６６）にて時定数が１分の一次遅れ処理が施されて、ＳＯＣ補正信号（６５）として周波数安定化制御回路（５０）に送出される。ＳＯＣ補正制御回路（６０）には二次電池監視装置（２２）で算出された二次電池のＳＯＣが配線（２６）を介して入力される。このＳＯＣがＳＯＣ補正制御回路（６０）の内部に設定されたＳＯＣ目標値 $SO C_{ref}$ と減算器（６３）にて比較減算される。

[0116] ＳＯＣが目標値（ $SO C_{ref}$ ）を下回っている場合、周波数安定化制御回路（５０）から出力される有効電力指令値（ P_{bat_ref} ）が充電側となるよう補正する（ $P_{soc_cmp} < 0$ ）。

[0117] 逆にＳＯＣが目標値（ $SO C_{ref}$ ）を上回っている場合、有効電力指令値（ P_{bat_ref} ）が放電側となるよう補正する（ $P_{soc_cmp} > 0$ ）。このように、ＳＯＣ補正制御により二次電池の充電状態を一定に保つように制御される。

[0118] 減算器（６３）の出力が上下限リミッタ（６４）にて、単位変換と上下制限を受ける。そして上下限リミッタ（６４）の出力は一次遅れ演算器（６６）にて時定数が１分の一次遅れ処理が施されて、ＳＯＣ補正信号（６５）として周波数安定化制御回路（５０）に送出される。

[0119] 従来技術からなる電力系統の安定化装置において、二次電池が過充電もしくは過放電となる原因の考察を行ったところ、常に電力変換機が作動するためであるとの結論に到達した。すなわち、通常の制御装置において、与えられた目標値に対してプロセス量との差が少なくなるように操作量が計算されて、その操作量に対してプラントが応答してプロセス量の変化となって現れて、フィードバック制御が行われる。図１３に示す従来の制御ループにおいて、周波数の目標値は規格等で定められた値、例えば６０Ｈｚであり、プロセス量は電力系統の変成器から計測された系統周波数である。制御ループが比例制御であれば、制御偏差が残り、操作量はゼロとなることはない。つまり、電力変換機は何がしかの出力を出し続けることとなる。

[0120] ところが、電力系統に連系した二次電池と電力変換機とからなる蓄電設備において、突発的に生じた電圧や周波数の変動に対して、電力系統の安定化

を図るために動作する。当該蓄電設備は電力系統を支配するだけの容量を有していないので、恒常的な変動（時間スパンの長い変動）に対しては、応答は遅いが容量の大きな発電機の運転で対応して系統の安定化を図ることになる。

[0121] このような電力系統の安定化に対する考察から、当該蓄電装置は、発電機が対応できない比較的時間の短い瞬時的な変動に対応すればよく、長期的な変動に対しては応答感度を落として、二次電池の充放電を抑えることにより、二次電池の過充電と過放電を防止することを考えた。目標値を規格で定められた60Hzとせず、プロセス量の時間遅れを目標値とすれば、瞬時的な変動には対応するが恒常的な変動にはほとんど出力応答のない制御を実現できることに気付いた。

（５）電力制御

以上のように電圧検出器（１４）からの信号に基づきPLL演算部（１６）で系統周波数と系統電圧とが算出され、系統制御部（１７）で有効電力指令 P_{bat_ref} と無効電力指令 Q_{bat_ref} が算出されて、電力指令信号（２８）として電力制御部（１８）に送られる。

[0122] 電力制御部（１８）は、有効電力指令 P_{bat_ref} と無効電力指令 Q_{bat_ref} に基づき、電力変換回路（２０）にパワー半導体素子のON/OFFを行うゲート駆動信号（２９）を送出する。パワー半導体は、有効電力および無効電力が、それぞれ有効電力指令 P_{bat_ref} と無効電力指令 Q_{bat_ref} になるようPWM制御される。

[0123] 電力制御の詳細について、図７に示す電力制御ブロック図を用いて説明する。電力変換制御装置（６）内に設置された電流検出器（１３）により蓄電設備（１１）に流れる線電流の瞬時値が計測され、電力制御部（１８）に伝えられる。この電流値についてPLL演算部（１６）から送られてくる位相 θ に基づき d q 変換をして、 d 軸電流と q 軸電流が計算される。

[0124] 一方、系統制御部（１７）から送られてきた有効電力指令 P_{bat_ref} と無効電力指令 Q_{bat_ref} とは d 軸電流目標値と q 軸電流目標値とに変換されて、電

流検出器（１３）から求めたｄ軸電流およびｑ軸電流と比較され、ＰＩ制御器を通り、ｄｑ逆変換されて、ゲート駆動信号（２９）となり電力変換回路（２０）に送られる。

[0125] 二次電池監視装置（２２）において、二次電池に異常が見つければ、電池異常信号を配線２６ｂにて、システム制御装置（１５）の電力制御部（１８）に送り、ゲート駆動信号（２９）の送出を停止して、電力変換回路（２０）の作動を停止させて、二次電池（５）の保護を図る。二次電池の異常としては、過電流、電圧低下、過電圧、過充電、過放電、電池温度異常、電池圧力異常、装置異常等がある。

（６）ディーゼル発電機の台数制御

図１に示したディーゼル発電機（７ａ、７ｂ、７ｃ）の運転制御について説明する。バウスラスタ（８）を運転していないときは船内電力負荷（２）をまかなうために１台のディーゼル発電機（７）が運転されている。

[0126] 入出航時にバウスラスタ（８）を運転する前に、事前にディーゼル発電機（７）を起動しておき、船内の電源系統の安定化を図る。すなわち、バウスラスタ（８）の運転に必要な電力を供給するために１台のディーゼル発電機（７）が起動され、更に誘導電動機始動時の電源系統の安定化のためにディーゼル発電機（７）が起動され、都合２台のディーゼル発電機（７）が運転される。ディーゼル発電機（７）の起動もしくは停止は運転員が運転ボタンを押下することにより行われる。ディーゼル発電機（７）は手動により運転／停止が可能となっている。

[0127] 基本的には、船内で必要な電力はディーゼル発電機（７）によりまかなわれ、本発明に係る蓄電設備（１１）は、ディーゼル発電機（７）が追従できないような過渡的な負荷変動や太陽光発電機（１０）による系統への擾乱を補償するために設けられたものである。

[0128] ディーゼル発電機（７）にはＤＧ台数制御装置（９）が設けられており、図９に示すフローチャートによりディーゼル発電機（７）の運転台数が自動で制御される。ディーゼル発電機（７）の負荷が８０％以上の状態が５分以

上継続する場合は（Ｓ６で「Ｙ；ＹＥＳ」）、ディーゼル発電機（７）の運転台数を増やし（Ｓ７、Ｓ８）、負荷が３０％以下の状態が５分以上継続する場合は（Ｓ９で「Ｙ；ＹＥＳ」）、ディーゼル発電機（７）の運転台数を減らす（Ｓ１０、Ｓ１１）。

[0129] 本発明に係る電源系統調整装置を設置すれば、電源系統の安定化のためにディーゼル発電機（７）を余分に運転する必要がなくなり、燃料消費率の改善を図ることができる。

（７）試験結果

図１０に電源系統（１）において負荷が４００ｋＷ（力率０．８）から６００ｋＷ（力率０．８）に急変し、その後４００ｋＷ（力率０．８）に減少した場合について、本発明に係る電源系統調整装置による制御がある場合とない場合の電圧および周波数変動の差異を示す。図１０（ａ）は系統電圧を縦軸にとり、時間（秒）を横軸にとり、負荷投入の影響を示している。図１０（ｂ）は系統周波数を縦軸にとり、時間（秒）を横軸にとり、負荷投入の影響を示している。系統安定化制御を行う蓄電設備（１１）を導入することにより、電圧および周波数の変動が抑制され、系統の電源品質が向上して、系統安定度が増していることがわかる。

[0130] 電源系統（１）の安定度が増していることから、系統安定度を確保するため、余分に運転しているディーゼル発電機を停止させることが可能となり、燃料消費効率を改善することを可能としている。

[0131] 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、その構造及び／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

[0132] 本発明に係る自立電源系統調整装置は、船舶内における電源系統の品質の維持管理の制御装置としてとして好適に用いることができる。また、陸上の

一般の自立電源系統にも活用することができる。

[0133] また、本発明に係る自立電源系統調整装置は、二次電池の過充電および過放電を防止しつつ、船舶内における電源系統の品質の維持管理の制御装置としてとして好適に用いることができる。また、陸上の一般の電力系統にも活用することができる。

符号の説明

- [0134]
- 1 自立電源系統
 - 2 船内電力負荷
 - 3 太陽電池ユニット
 - 4 電力変換装置
 - 5 二次電池
 - 6 電力変換制御装置
 - 7 ディーゼル発電機
 - 8 バウスラスタ
 - 9 D／G台数制御装置（ディーゼル発電機台数制御装置）
 - 10 太陽光発電機
 - 11 蓄電設備
 - 13 電流検出器
 - 14 電圧検出器
 - 15 システム制御装置
 - 16 PLL演算部
 - 17 系統制御部
 - 18 電力制御部
 - 20 電力変換回路
 - 21 電池状態検出器
 - 22 二次電池監視装置
 - 24 配線
 - 25 直流電力ライン

- 2 6 配線
- 2 7 系統状態信号
- 2 8 電力指令信号
- 2 9 ゲート駆動信号 (PWM信号)
- 3 2 位相比較器
- 3 4 ループフィルタ
- 3 5 積算器
- 4 0 電圧安定化制御回路
- 4 1 系統電圧信号
- 4 2 遅れ演算器
- 4 3 減算器
- 4 4 比例制御器
- 4 5 上下限リミッタ
- 4 6 有効電力指令
- 5 0 周波数安定化制御回路
- 5 1 系統周波数信号
- 5 2 遅れ演算器
- 5 3 減算器
- 5 4 比例制御器
- 5 5 上下限リミッタ
- 5 6 無効電力指令
- 5 7 加算器
- 6 0 SOC補正制御回路
- 6 1 SOC目標値
- 6 3 減算器
- 6 4 上下限リミッタ
- 6 5 SOC補正信号
- 6 6 一次遅れ演算器

- 1 0 1 船内電源系統
- 1 0 2 船内電力負荷（需要家）
- 1 0 3 太陽電池ユニット
- 1 0 4 電力変換装置
- 1 0 5 二次電池
- 1 0 6 電力変換装置
- 1 0 7 ディーゼル発電機
- 1 0 8 バウスラスタ
- 1 0 9 風力発電機

請求の範囲

- [請求項1] 原動機発電機と負荷設備とを有する自立電源系統において、
二次電池と電力変換機とを有する蓄電設備と、
自立電源系統の周波数を計測する周波数計測手段と、
自立電源系統の電圧を計測する電圧計測手段と、
前記周波数計測手段と前記電圧計測手段とからの計測値を用いて、
それぞれ有効電力の目標値と無効電力の目標値を算出する系統制御部
と、
前記系統制御部からの有効電力と無効電力の目標値に応じて有効電力
および無効電力を出力する前記電力変換機と、を備えた自立電源系
統調整装置。
- [請求項2] 前記二次電池に取り付けられた電池状態検出器と、
前記電池状態検出器からの信号により前記二次電池のSOCを計算
するSOC計測手段と、
前記SOC計測手段からの出力とあらかじめ定めたSOC目標値と
の偏差により、前記有効電力の目標値を補正する手段を有する請求項
1に記載の自立電源系統調整装置。
- [請求項3] 前記周波数計測手段および前記電圧計測手段が、
自立電源系統の電圧を計測する電圧計と、
前記電圧計の出力を位相同期演算するPLL演算部とを有する請求
項1または請求項2に記載の自立電源系統調整装置。
- [請求項4] 前記系統制御部における制御演算が比例制御である請求項1～請求
項3のいずれか1項に記載の自立電源系統調整装置。
- [請求項5] 前記周波数計測手段の出力に遅れ演算器を設けて時間遅れ演算を施
して周波数目標値とし、かつ、前記電圧計測手段の出力に遅れ演算器
を設けて時間遅れ演算を施して電圧目標値とする請求項1～請求項4
のいずれか1項に記載の自立電源系統調整装置。
- [請求項6] 前記原動機発電機が複数台であって、

原動機発電機の負荷状態に応じて、前記原動機発電機の起動停止を行う台数制御する請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の自立電源系統調整装置。

[請求項7] 自立電源系統に自然エネルギーを利用した発電機を接続した請求項 1 ～請求項 6 のいずれか 1 項に記載の自立電源系統調整装置。

[請求項8] 原動機発電機と負荷設備と二次電池と当該二次電池の電力変換機とを有する自立電源系統において、

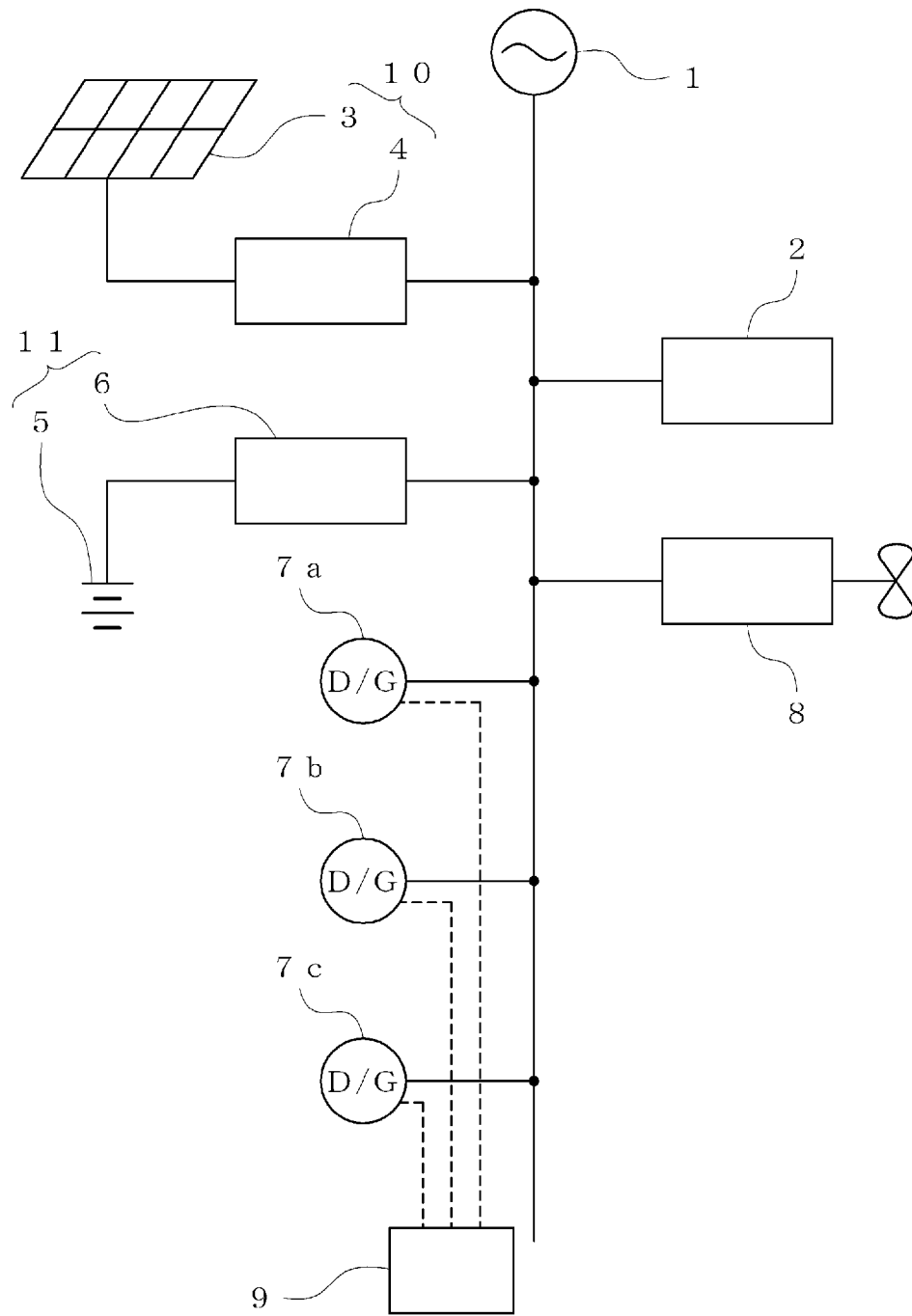
自立電源系統の電圧から無効電力の目標値を計算して、

自立電源系統の周波数から求めた有効電力の目標値に二次電池の状態から求めた電池の SOC と SOC 目標値との偏差に応じた補正を行い、

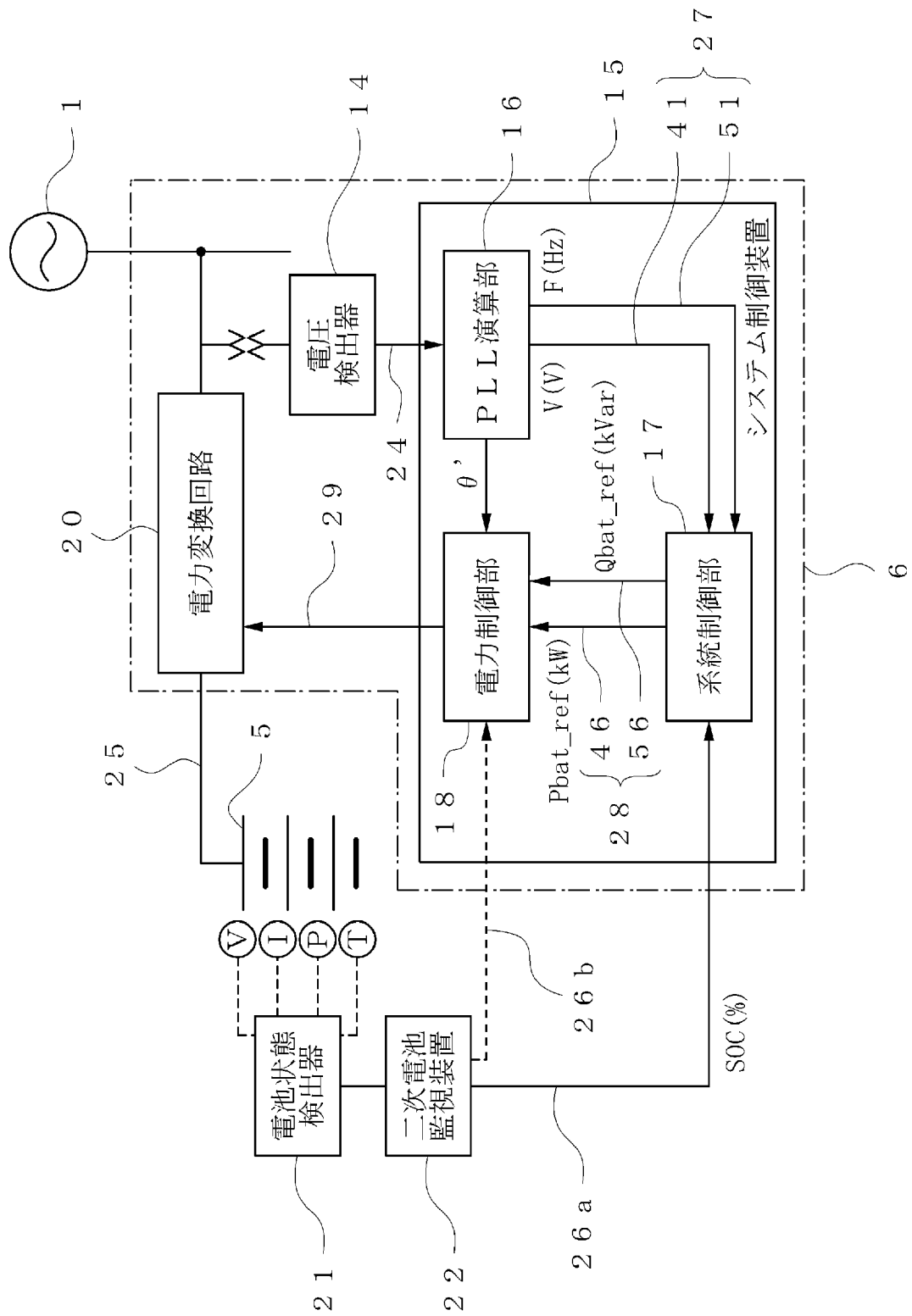
前記無効電力の目標値および前記有効電力の目標値となるように前記電力変換機からの有効電力および無効電力を調整する自立電源系統調整方法。

[請求項9] 自立電源系統の電圧信号から位相同期演算により自立電源系統の周波数と電圧とを算出する請求項 8 に記載の自立電源系統の調整方法。

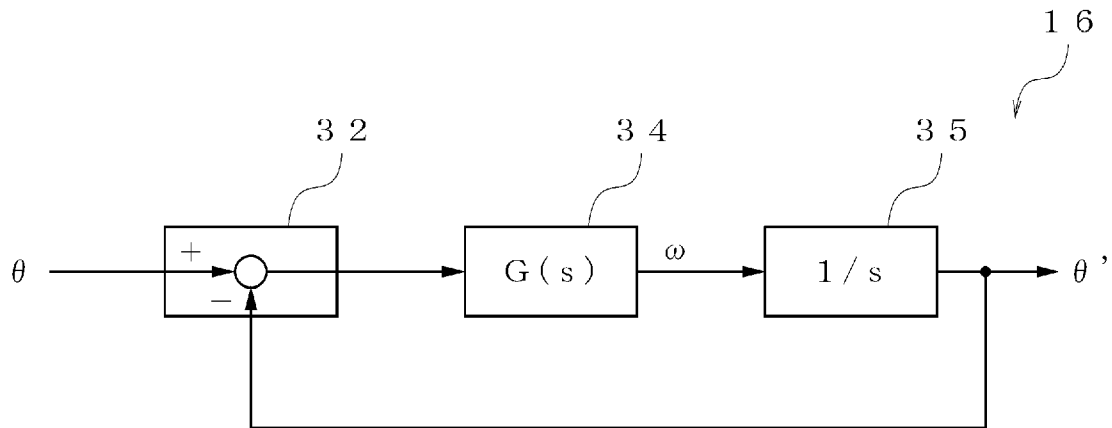
[図1]



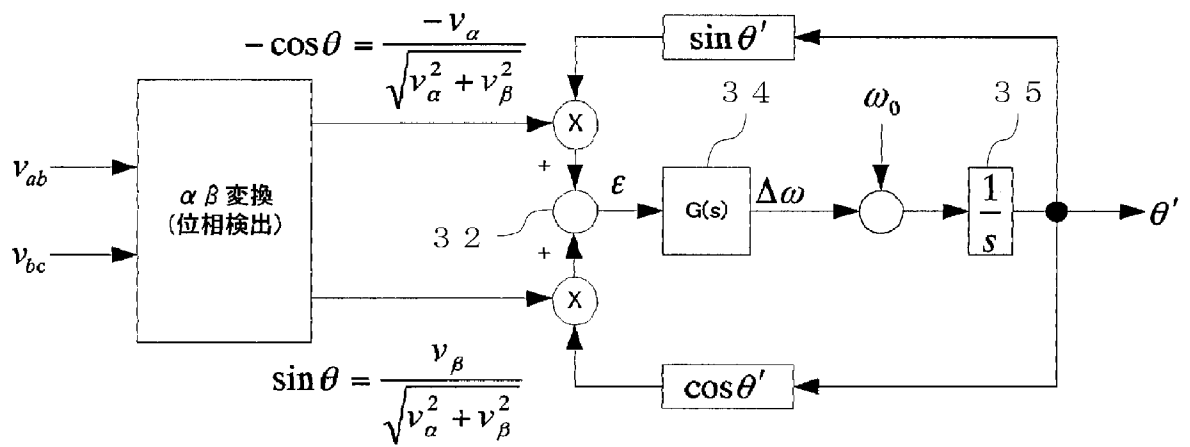
[図2]



[図3a]

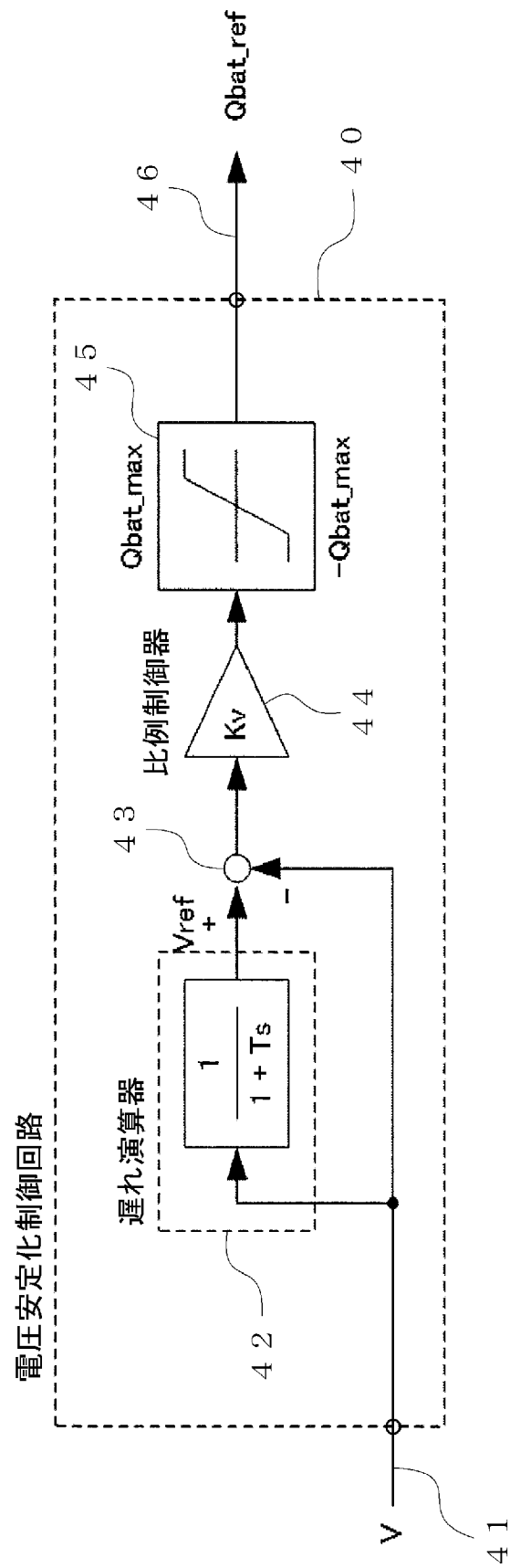


[図3b]

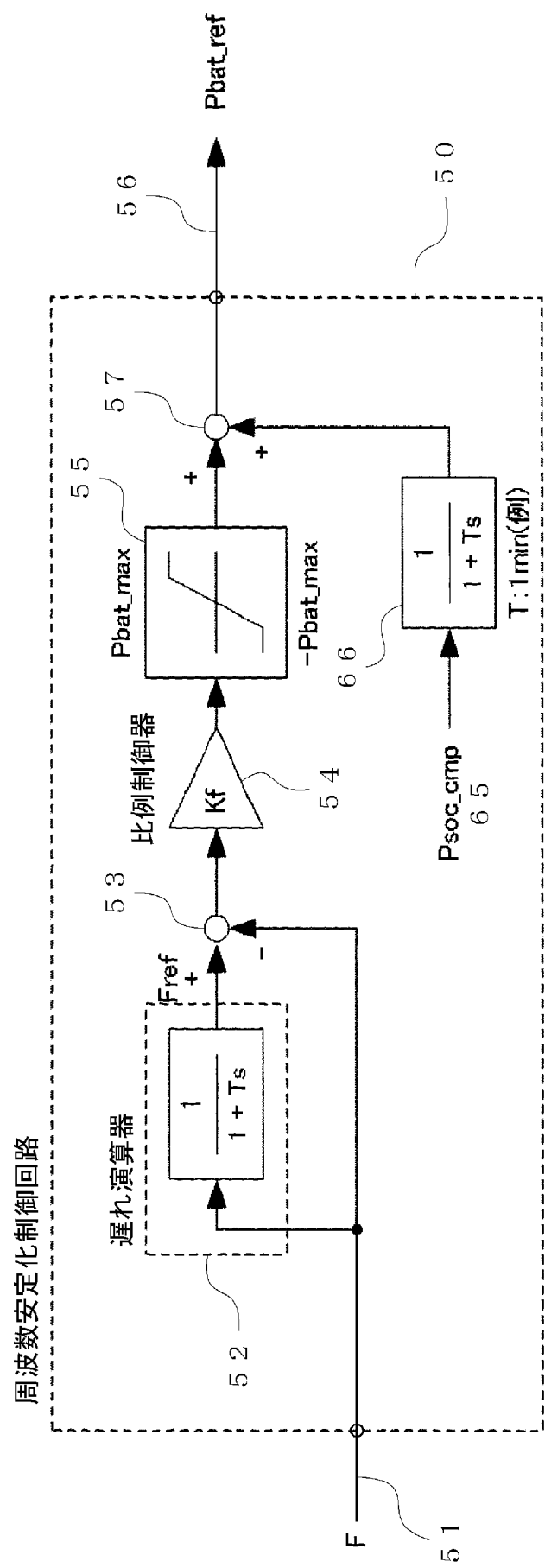


$$\epsilon = \sin(\theta - \theta') \quad G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right)$$

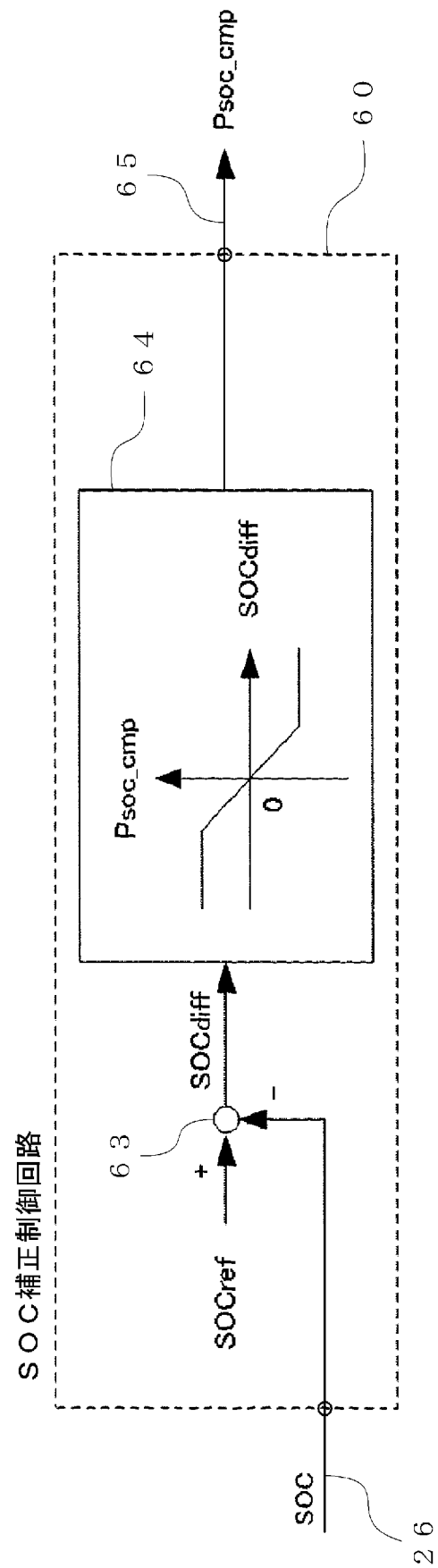
[図4]



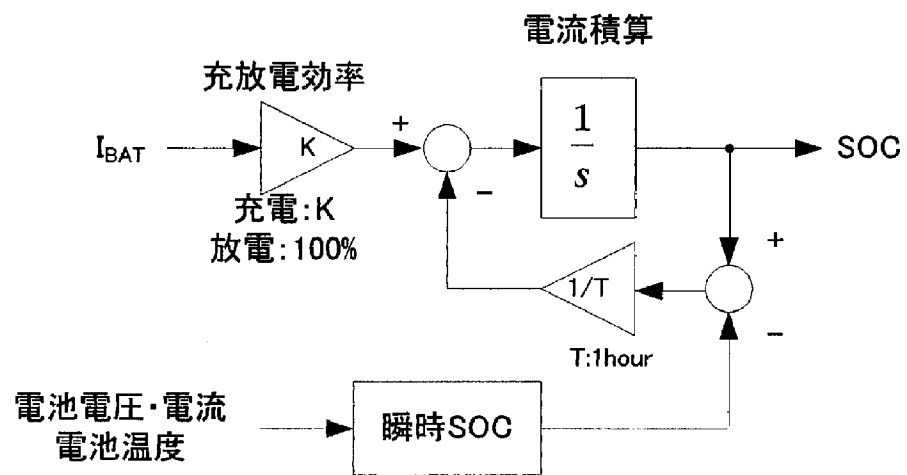
[図5]



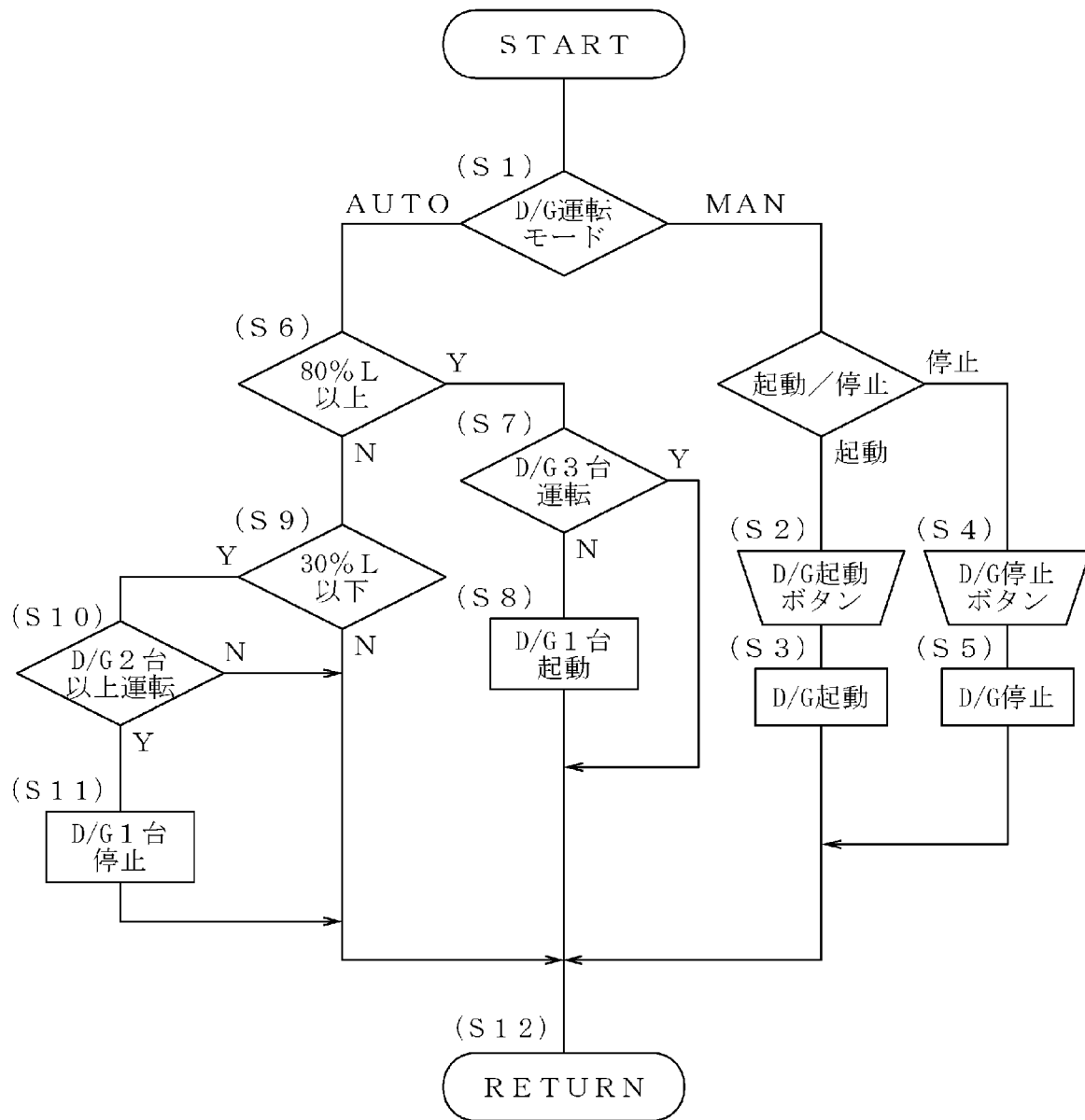
[図6]



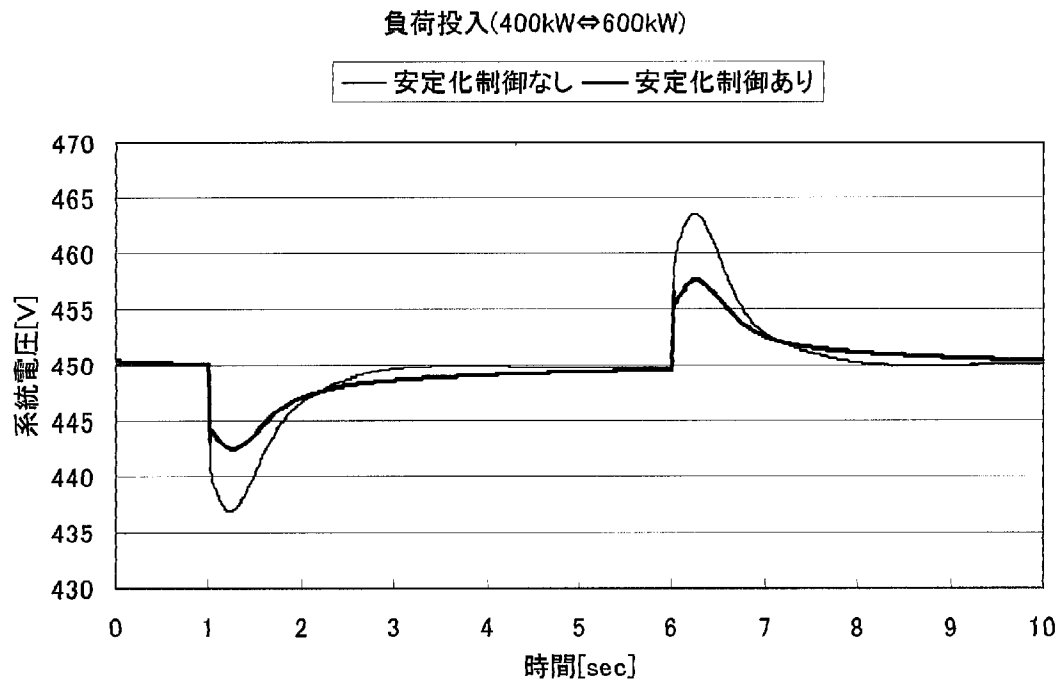
[図8]



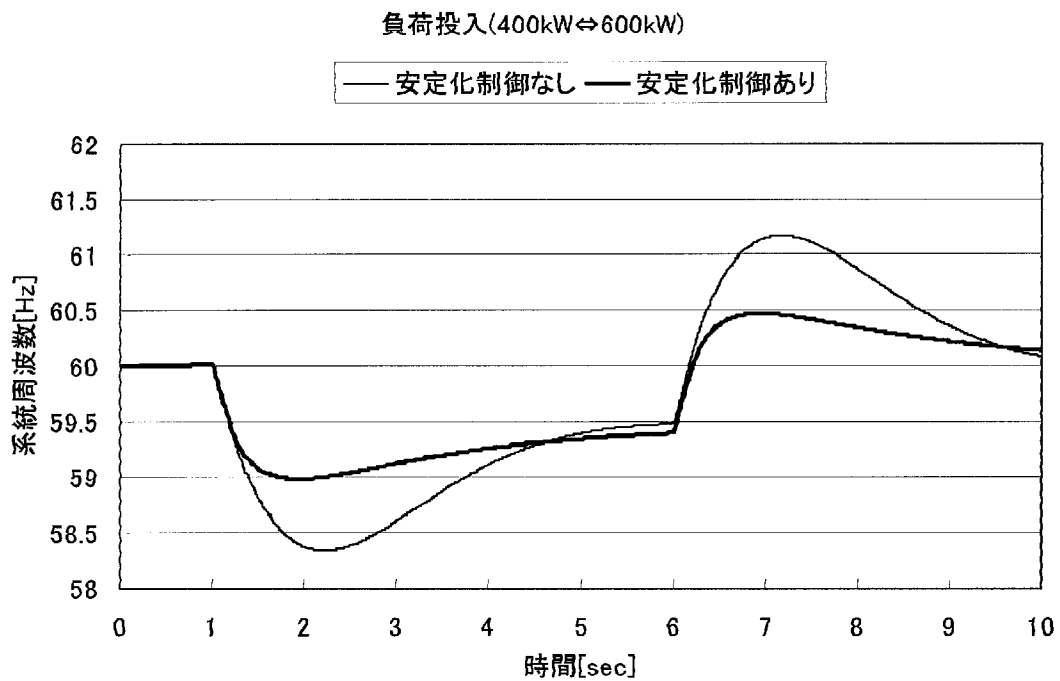
[図9]



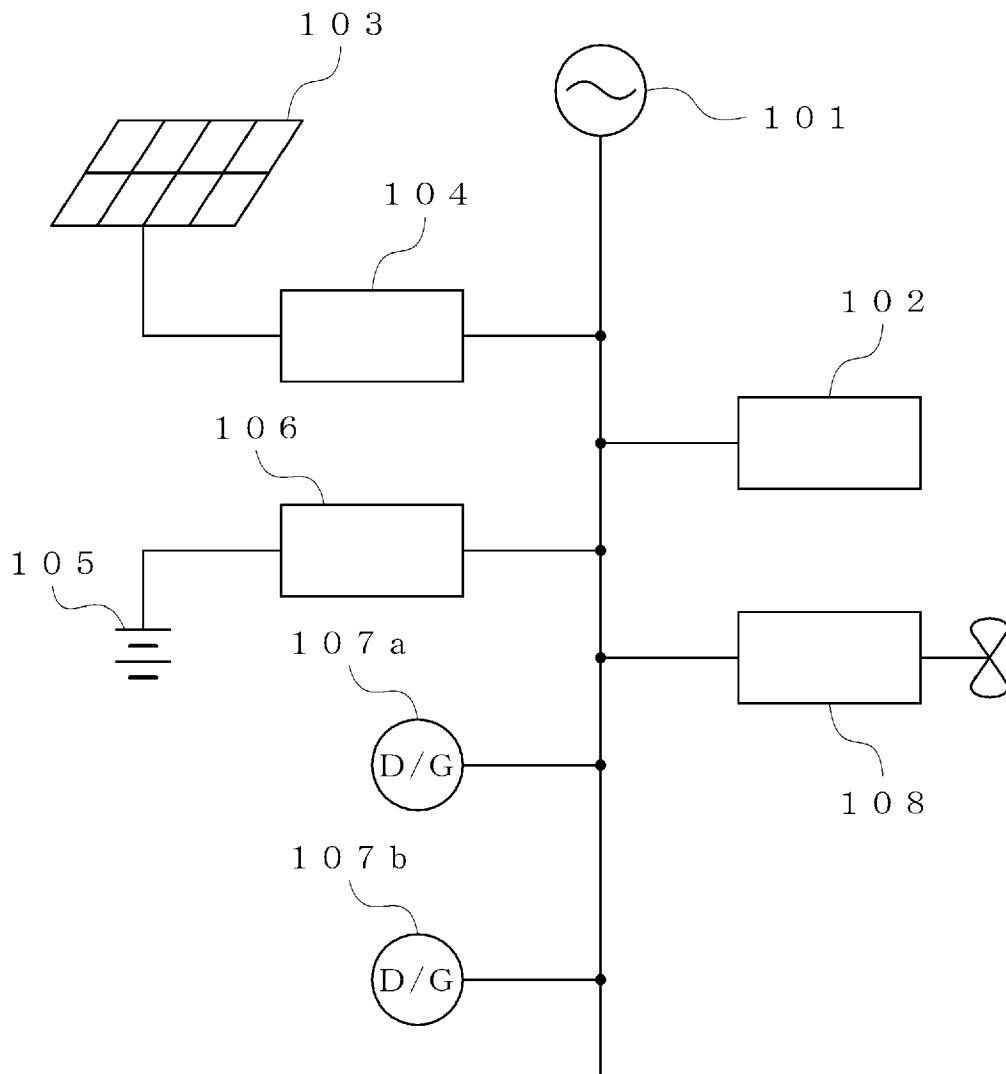
[図10a]



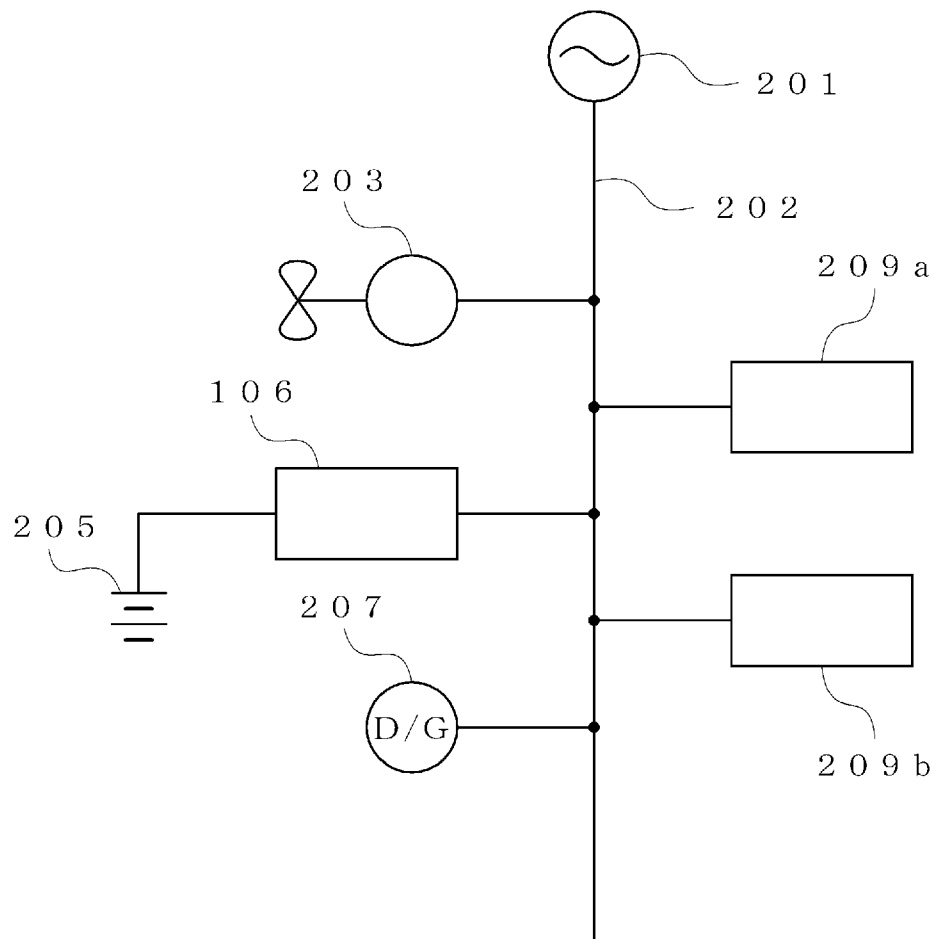
[図10b]



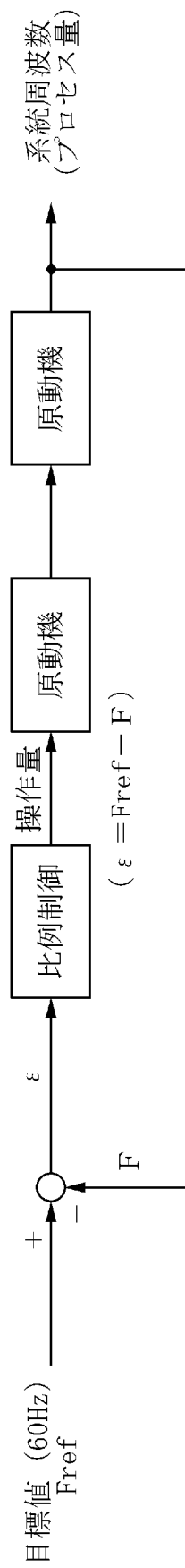
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/32(2006.01)i, H02J3/38(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i, H02P9/00(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)

H02J3/32, H02J3/38, H02J7/00, H02P9/00

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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	JP 2010-119250 A (Meidensha Corp.), 27 May 2010 (27.05.2010), paragraphs [0001] to [0034]; fig. 3 to 6 (Family: none)	1, 4, 5, 7 2, 3, 6, 8, 9
Y	JP 2001-157364 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 08 June 2001 (08.06.2001), paragraphs [0001] to [0006], [0020] to [0021]; fig. 1 (Family: none)	2, 8, 9
Y	JP 2007-020361 A (Meidensha Corp.), 25 January 2007 (25.01.2007), paragraph [0020]; fig. 1, 2, 5 (Family: none)	3, 9



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

30 January, 2012 (30.01.12)

Date of mailing of the international search report

07 February, 2012 (07.02.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006651

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 2010-116071 A (Nishishiba Electric Co., Ltd.), 27 May 2010 (27.05.2010), paragraph [0010] (Family: none)	6
Y	JP 2007-336704 A (Yanmar Co., Ltd.), 27 December 2007 (27.12.2007), paragraph [0013]; fig. 1 & WO 2007/145034 A1	6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J3/32(2006.01)i, H02J3/38(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i, H02P9/00(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（I P C））

Int.Cl. H02J3/32, H02J3/38, H02J7/00, H02P9/00

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	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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 2010-119250 A（株式会社明電舎）2010.05.27, 段落【0001】 －【0034】，図3－6（ファミリーなし）	1, 4, 5, 7 2, 3, 6, 8, 9
Y	JP 2001-157364 A（日新電機株式会社）2001.06.08, 段落【0001】 －【0006】，【0020】－【0021】，図1（ファミリーなし）	2, 8, 9
Y	JP 2007-020361 A（株式会社明電舎）2007.01.25, 段落【0020】， 図1, 2, 5（ファミリーなし）	3, 9

☒ 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

3 0 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 2 . 2 0 1 2

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）

宮本 秀一

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T

3 3 5 7

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 2010-116071 A (西芝電機株式会社) 2010.05.27, 段落【0010】 (ファミリーなし)	6
Y	JP 2007-336704 A (ヤンマー株式会社) 2007.12.27, 段落【0013】, 図1 & WO 2007/145034 A1	6