

(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
2021年1月21日(21.01.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/010288 A1

(51) 国際特許分類:

H02P 9/14 (2006.01) *H02J 7/14* (2006.01)
H02P 101/25 (2015.01) *B60L 50/15* (2019.01)
H02P 101/35 (2015.01) *B60L 50/60* (2019.01)
H02P 101/40 (2015.01) *B60L 50/61* (2019.01)
H02P 103/20 (2015.01) *B60L 58/13* (2019.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/026894

(22) 国際出願日: 2020年7月9日(09.07.2020)

(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 2019-130155 2019年7月12日(12.07.2019) JP

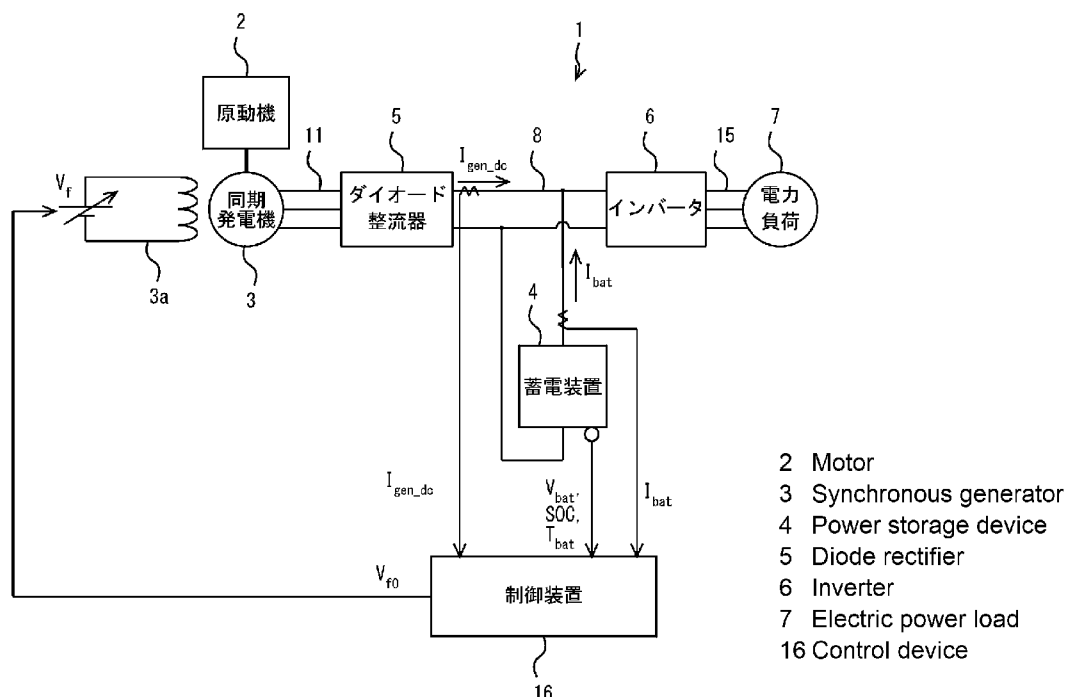
(71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 阪東 聡一郎 (BANDO, Soichiro). 山口 直輝 (YAMAGUCHI, Naoki). 後藤 良介 (GOTO, Ryosuke). 吉川 敦盛 (YOSHIKAWA, Atsumori).

(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).

(54) Title: SYNCHRONOUS GENERATOR CONTROL DEVICE AND ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: 同期発電機の制御装置およびこれを備えた電力供給システム



(57) Abstract: This electricity supply system is provided with: a winding-field-type synchronous generator; a diode rectifier rectifying first AC power outputted from the synchronous generator into DC power; an inverter for converting the DC power into second AC power and supplying the second AC power to an electric power load connected to the AC side; a DC wiring connecting the DC side of the diode rectifier and the DC side of the inverter; and a power storage device directly connected to the DC wiring, wherein the synchronous generator control device is configured to control the electric

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

power supplied by the synchronous generator by manipulating the field voltage of the synchronous generator.

(57) 要約: 電力供給システムは、巻線界磁型の同期発電機と、同期発電機から出力される第1交流電力を直流電力に整流するダイオード整流器と、直流電力を第2交流電力に変換し、交流側に接続される電力負荷に第2交流電力を供給するインバータと、ダイオード整流器の直流側と前記インバータの直流側とを接続する直流配線と、直流配線に直接的に接続される蓄電装置と、を備え、同期発電機の制御装置は、同期発電機が供給する電力を、同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御するように構成される。

明 細 書

発明の名称：

同期発電機の制御装置およびこれを備えた電力供給システム

技術分野

[0001] 本発明は、同期発電機の制御装置およびこれを備えた電力供給システムに関する。

背景技術

[0002] 船舶または鉄道等に設けられる電力供給システムとして、効率の高さまたは制御自由度の高さ等から発電機と、バッテリー等の蓄電装置と、を含むシリーズハイブリッドシステムが多く採用されている（例えば、下記特許文献１参照）。

[0003] 従来のハイブリッドシステムは、エンジン等の原動機に接続された発電機（同期発電機）から出力される交流電力を直流電力に変換するコンバータと、直流電力を交流電力に変換してモータ等の負荷に入力するインバータと、コンバータとインバータとの間の直流部に接続される蓄電装置と、発電機と蓄電装置との間で負荷分担を行うための制御装置と、を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００８－９９４６１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記従来の構成においては、発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を行うために、コンバータが、例えばPWM制御が可能な複数のスイッチング素子で構成されたPWMコンバータ等として構成され、制御装置がコンバータをスイッチング制御する。あるいは、これに加えてまたはこれに代えて、蓄電装置と直流部との間にDC-DCコンバータを設け、制御装置が、DC-DCコンバータをスイッチング制御する。このようにして、エンジン等の

動力を電力に変換し、その電力で負荷を駆動するとともに電力の過不足を蓄電装置の電力で補う構成となっている。

[0006] このように、従来の構成では、PWMコンバータまたはDC-DCコンバータのような複雑かつ高価な機器が必要であるため、システムが複雑かつ高価になるという問題がある。

[0007] 本発明は、上記課題を解決するものであり、簡単かつ安価な構成で、同期発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を実現することができる同期電動機の制御装置およびこれを備えた電力供給システム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] 本発明の一態様に係る同期発電機の制御装置は、電力供給システムにおける同期発電機の制御装置であって、前記電力供給システムは、巻線界磁型の前記同期発電機と、前記同期発電機から出力される第1交流電力を直流電力に整流するダイオード整流器と、前記直流電力を第2交流電力に変換し、交流側に接続される電力負荷に前記第2交流電力を供給するインバータと、前記ダイオード整流器の直流側と前記インバータの直流側とを接続する直流配線と、前記直流配線に直接的に接続される蓄電装置と、を備え、前記制御装置は、前記同期発電機が供給する電力を、前記同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御するように構成される。前記制御装置は、前記同期電動機が供給する電力を制御することにより、前記電力負荷に対する前記同期発電機と前記蓄電装置との間の負荷分担割合を調整する。

[0009] 上記構成によれば、同期発電機と直流配線の間には比較的安価なダイオード整流器が設けられ、直流配線には蓄電装置が直接的に接続される。同期発電機が供給する電力は、同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御される。この結果、電力負荷に対する同期発電機と蓄電装置との間の負荷分担割合が調整される。したがって、複数のスイッチング素子を含む複雑な機器（PWMコンバータ、DC-DCコンバータ）を不要とすることができ、簡単かつ安価な構成を実現しつつ、同期発電機と蓄電装置との間で電力の

負荷分担を実現することができる。

[0010] 前記制御装置は、前記蓄電装置の電圧または充電率が予め定めた基準範囲内にあるか否かを判定し、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲内にある場合に、前記蓄電装置に流れる第1電流が定常的に0になるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作するよう構成されてもよい。これによれば、蓄電装置の電圧または充電率が、蓄電装置への充電（電力吸収）および蓄電装置からの放電（電力供給）を十分に行い得る、予め定めた基準範囲内にあるときに、負荷変動が生じた場合、同期発電機より応答性の良い蓄電装置が負荷変動に応じてほとんどの電力変化分を電力負荷に供給または吸収する。この際、蓄電装置に流れる第1電流を定常的に0にするように同期発電機の界磁電圧が変更される。この結果、負荷変動後の定常状態において、電力負荷の変動分はすべて同期発電機から供給される電力（の変動分）により賄われる。したがって、同期発電機と蓄電装置との間に複雑な制御を要するスイッチング素子を含む機器がなくても、同期発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を容易に実現することができる。

[0011] 前記制御装置は、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限値を超えた場合に、前記第1電流として前記蓄電装置から放電する電流が流れるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作するよう構成されてもよい。また、前記制御装置は、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の下限値を下回った場合に、前記第1電流として前記蓄電装置を充電する電流が流れるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作するよう構成されてもよい。これによれば、蓄電装置の電圧または充電率が、基準範囲外となり、蓄電装置への充電または蓄電装置からの放電を要する場合に、充電または放電に応じた第1電流が蓄電装置に流れるように同期発電機の界磁電圧が変更される。この結果、電力負荷への電力供給を行いつつ蓄電装置を充電または放電して蓄電装置の電圧または充電率を、基準範囲内に戻すことができる。

[0012] 前記制御装置は、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限

値を超えた場合に、前記同期発電機を停止させてもよい。これによれば、蓄電装置の電圧または充電率が、基準範囲外となり、蓄電装置からの放電を要する場合に、同期発電機が停止されるため、蓄電装置が電力負荷への電力供給を行うことにより、蓄電装置の電圧または充電率を、基準範囲内に戻すことができる。さらに、同期発電機を駆動する原動機を停止することで、燃費低減を図ることができる。

[0013] 前記制御装置は、前記同期発電機の停止後、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限値より小さい予め定められた起動基準値以下になった場合に、前記同期発電機の運転を再開してもよい。これにより、蓄電装置の電圧または充電率が基準範囲の上限値付近で変動した場合に、同期発電機の運転および停止が頻繁に起きることを防止することができる。

[0014] 前記制御装置は、前記蓄電装置の電圧または充電率を含む所定の蓄電装置パラメータから前記第1電流の電流目標値を生成する電流目標値生成部と、前記電流目標値から、計測した前記第1電流を差し引いた第1電流偏差を算出する第1電流偏差算出部と、前記第1電流偏差に基づいて前記同期発電機の界磁電圧目標値を生成する界磁電圧目標値生成部と、を含んでもよい。

[0015] 前記電流目標値生成部は、前記蓄電装置の電圧または充電率が予め定めた基準範囲内にあるか否かを判定し、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲内にある場合に、前記電流目標値を0に設定するように構成されてもよい。

[0016] 前記界磁電圧目標値生成部は、前記第1電流偏差から所定の第1係数を有する伝達関数に基づいて前記界磁電圧目標値を生成するよう構成され、前記第1係数は、前記第1電流偏差が所定値から0に収束するまでの収束時間が前記同期発電機を駆動する原動機の応答性能に合わせた収束時間となるように設定されてもよい。これによれば、界磁電圧の変化速度を、同期発電機を駆動する原動機の応答性能に合わせたものとすることができ、電力負荷の急変が生じて原動機が過負荷となることを防止することができる。

[0017] 前記界磁電圧目標値生成部は、前記第1電流偏差から所定の第1係数を有

する伝達関数に基づいて発電機電流目標値を生成する第1目標値生成部と、前記発電機電流目標値から、計測した発電機電流を差し引いた第2電流偏差を生成する第2電流偏差算出部と、前記第2電流偏差から所定の第2係数を有する伝達関数に基づいて前記界磁電圧目標値を生成する第2目標値生成部と、を含んでもよい。これによれば、第1電流偏差から同期発電機に流れる発電機電流の目標値が生成され、その発電機電流目標値と現在の発電機電流との偏差から界磁電圧目標値が生成される。これにより、発電機電流が制御パラメータの1つとして用いられるため、制御系をより安定化させることができる。また、この構成によれば、発電機電流が制御パラメータの1つとして用いられるため、発電機電流に制限を設けることが容易となる。したがって、負荷変動によって意図しない過電流が同期発電機に流れることを防止することができる。

[0018] 本発明の他の態様に係る、電力供給システムは、巻線界磁型の同期発電機と、前記同期発電機から出力される第1交流電力を直流電力に整流するダイオード整流器と、前記直流電力を第2交流電力に変換し、交流側に接続される電力負荷に前記第2交流電力を供給するインバータと、前記ダイオード整流器の直流側と前記インバータの直流側とを接続する直流配線と、前記直流配線に直接的に接続される蓄電装置と、前記同期発電機を制御する制御装置を備え、前記制御装置は、前記同期発電機が供給する電力を、前記同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御するように構成される。

[0019] 上記構成によれば、同期発電機と直流配線との間には比較的安価なダイオード整流器が設けられ、直流配線には蓄電装置が直接的に接続される。同期発電機が供給する電力は、同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御される。この結果、電力負荷に対する同期発電機と蓄電装置との間の負荷分担割合が調整される。したがって、複数のスイッチング素子を含む複雑な機器（PWMコンバータ、DC-DCコンバータ）を不要とすることができ、簡単かつ安価な構成を実現しつつ、同期発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を実現することができる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、簡単かつ安価な構成で、同期発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、本発明の一実施の形態に係る電力供給システムの概略構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、図1に示すダイオード整流器を構成する複数のダイオード素子の配置例を示す図である。

[図3]図3は、図1に示すインバータを構成する複数のスイッチング素子の配置例を示す図である。

[図4]図4は、図1に示す制御装置の制御ブロックの一例を示す模式図である。

[図5]図5は、本実施の形態における同期発電機の制御シミュレーションの結果を示すグラフである。

[図6]図6は、本実施の形態における同期発電機の制御シミュレーションの結果を示すグラフである。

[図7]図7は、本実施の形態における同期発電機の制御シミュレーションの結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、以下では全ての図を通じて同一または同じ機能を有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。

[0023] 図1は、本発明の一実施の形態に係る電力供給システムの概略構成を示すブロック図である。本実施の形態における電力供給システム1は、エンジン等の原動機2から発電を行う同期発電機3と、蓄電装置4と、を電力供給源として備えている。

[0024] 同期発電機3は、巻線界磁型の同期発電機であり、励磁部3aに印加される界磁電圧 V_f によって同期発電機3から出力される交流電力が変化するよう

に構成されている。蓄電装置 4 は、充電および放電が可能に構成されている。蓄電装置 4 は、例えば二次電池またはキャパシタ等である。

[0025] 電力供給システム 1 は、同期発電機 3 から出力される第 1 交流電力を直流電力に整流するダイオード整流器 5 と、直流電力を第 2 交流電力に変換するインバータ 6 と、を備えている。インバータ 6 の出力（交流側）にはモータ等の電力負荷 7 が接続される。これにより、電力負荷 7 には、第 2 交流電力が供給される。電力負荷 7 は、例えば複数の推進用モータを含んでいてもよい。

[0026] 蓄電装置 4 は、ダイオード整流器 5 の直流側とインバータ 6 の直流側とを接続する直流配線 8 に直接的に接続される。

[0027] 図 2 は、図 1 に示すダイオード整流器を構成する複数のダイオード素子の配置例を示す図である。図 2 に示すように、ダイオード整流器 5 は、複数（6 つ）のダイオード素子 9 を備えている。ダイオード整流器 5 は、2 つダイオード素子 9 が直列接続された一対のダイオード素子列 10 が 3 対並列に接続されている。

[0028] 各ダイオード素子列 10 における 2 つのダイオード素子 9 の接続点のそれぞれに、同期発電機 3 からの三相交流配線 11 における各相の配線が接続される。ダイオード整流器 5 の一端部（カソード側端部）と他端部（アノード側端部）とが直流配線 8 に接続される。

[0029] 図 3 は、図 1 に示すインバータを構成する複数のスイッチング素子の配置例を示す図である。図 3 に示すように、インバータ 6 は、複数（6 つ）のスイッチ素子 12 と、各スイッチ素子 12 にそれぞれ並列に接続された複数（6 つ）の還流ダイオード 13 とを備えている。

[0030] インバータ 6 は、2 つのスイッチ素子 12 が直列接続された一対のスイッチ素子列 14 が 3 対並列に接続されている。各スイッチ素子列 14 における 2 つのスイッチ素子 12 の接続点のそれぞれに、電力負荷 7 に接続される三相交流配線 15 における各相の配線が接続される。インバータ 6 の一端部と他端部とが直流配線 8 に接続される。

- [0031] 電力供給システム 1 は、同期発電機 3 を制御する制御装置 16 を備えている。制御装置 16 は、後述する態様で界磁電圧目標値 V_{f0} を設定し、同期発電機 3 に出力する。制御装置 16 は、例えば CPU 等の演算部、ROM、RAM 等を備えた、マイクロコントローラ等のコンピュータにより構成される。後述する制御態様を実現する制御装置 16 は、同期機の励磁装置内に設けられた自動電圧調整器 (AVR) の一機能として構成されてもよいし、AVR とは別の制御装置として構成されてもよい。
- [0032] 制御装置 16 は、同期発電機 3 が供給する電力を、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作することにより、制御するように構成される。同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作することにより、同期発電機 3 が電力負荷 7 に供給する電力が制御され、電力負荷 7 に対する同期発電機 3 と蓄電装置 4 との間の負荷分担割合が調整される。このために、制御装置 16 は、蓄電装置 4 に流れる第 1 電流 I_{bat} を取得する。なお、本明細書において、第 1 電流 I_{bat} は、蓄電装置 4 から出る方向（蓄電装置 4 から放電される電流が流れる向き）を正の方向としている。
- [0033] さらに、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC (State Of Charge) と、温度 T_{bat} とを含む所定の蓄電装置パラメータを計測により取得する。さらに、制御装置 16 は、同期発電機 3 に流れる発電機電流を計測により取得する。本実施の形態において、制御装置 16 は、発電機電流として、ダイオード整流器 5 によって直流に変換された後の発電機電流（直流配線 8 を流れる電流） I_{gen_dc} を計測により取得する。なお、これに代えて、制御装置 16 は、発電機電流として、ダイオード整流器 5 によって直流に変換される前の交流電流を取得してもよい。
- [0034] 図 4 は、図 1 に示す制御装置の制御ブロックの一例を示す模式図である。図 4 に示すように、制御装置 16 は、制御ブロックとして電流目標値生成部 17 と、電流偏差算出部 18 と、界磁電圧目標値生成部 19 とを含んでいる。
- [0035] 電流目標値生成部 17 は、上記蓄電装置パラメータ V_{bat} , SOC, T_{bat}

から蓄電装置4に流れる第1電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を生成する。電流偏差算出部18は、電流目標値 I_{bat0} から、計測した第1電流 I_{bat} を差し引いた第1電流偏差 ΔI_{bat} を算出する。電流偏差算出部18は、例えば減算器により構成される。界磁電圧目標値生成部19は、第1電流偏差 ΔI_{bat} に基づいて同期発電機3の界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する。

[0036] 例えば、制御装置16は、蓄電装置4の充電率SOCが予め定められた基準範囲A内にあるか否かを判定し、それに応じて第1電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を生成する。制御装置16は、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲A内にある場合に、第1電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を0に設定する。界磁電圧目標値生成部19は、第1電流 I_{bat} を電流目標値 $I_{bat0}=0$ にするような界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する。

[0037] この結果、同期発電機3には、界磁電圧 V_f として、生成された界磁電圧目標値 V_{f0} が印加され、同期発電機3は、それに応じた交流電力を出力する。このように、制御装置16は、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲A内にある場合に、蓄電装置4に流れる第1電流 I_{bat} が定常的に0になるように、同期発電機の界磁電圧 V_f を操作するよう構成されている。

[0038] 上記基準範囲Aは、蓄電装置4への充電（電力吸収）および蓄電装置4からの放電（電力供給）を十分に行い得る範囲として設定される。例えば、上記基準範囲Aは、充電率SOCが30%以上70%以下である範囲に設定される。これに代えて、蓄電装置4の電圧 V_{bat} に基づいた基準範囲Aを用いる場合、上記充電率SOCの範囲に対応する電圧範囲が基準範囲Aとして設定され得る。すなわち、充電率SOCが30%であるときの蓄電装置4の電圧 V_{bat} を V_{30} とし、充電率SOCが70%であるときの蓄電装置4の電圧 V_{bat} を V_{70} とすると、基準範囲Aは、 $V_{30} \leq A \leq V_{70}$ に設定され得る。以下の説明においても蓄電装置4の充電率SOCは、蓄電装置4の電圧 V_{bat} に適宜読み替えることが可能である。

[0039] また、制御装置16は、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲Aの上限値（例えば充電率SOCが70%）を超えた場合に、第1電流 I_{bat} の電流目標

値 I_{bat0} を所定の正の固定値 $C (> 0)$ に設定する。界磁電圧目標値生成部 19 は、第 1 電流 I_{bat} を電流目標値 $I_{bat0} = C (> 0)$ にするような界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する。

[0040] この結果、同期発電機 3 には、界磁電圧 V_f として、生成された界磁電圧目標値 V_{f0} が印加され、同期発電機 3 は、それに応じた交流電力を出力する。このように、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の充電率 SOC が基準範囲 A の上限値を超えた場合に、第 1 電流 I_{bat} として蓄電装置 4 から放電する電流が流れるように、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作するように構成されている。

[0041] また、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が基準範囲 A の下限値（例えば充電率 SOC が 30%）を下回った場合に、第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を所定の負の固定値 $-C (< 0)$ に設定する。界磁電圧目標値生成部 19 は、第 1 電流 I_{bat} を電流目標値 $I_{bat0} = -C (< 0)$ にするような界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する。

[0042] この結果、同期発電機 3 には、界磁電圧 V_f として、生成された界磁電圧目標値 V_{f0} が印加され、同期発電機 3 は、それに応じた交流電力を出力する。このように、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が基準範囲 A の下限値を下回った場合に、第 1 電流 I_{bat} として蓄電装置 4 を充電する電流が流れるように、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作するように構成されている。

[0043] なお、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が基準範囲 A 外になった後、蓄電装置 4 の電圧または充電率が予め定められた復帰基準値になった場合、制御装置 16 は、蓄電装置 4 に流れる第 1 電流 I_{bat} が定常的に 0 になるように、同期発電機の界磁電圧 V_f を操作する制御に復帰する。例えば、復帰基準値は、基準範囲 A の上限値より低い値かつ基準範囲 A の下限値より高い値に設定される。例えば、基準範囲 A の上限値が 70% で、下限値が 30% に設定される場合、復帰基準値は 50% に設定される。蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が基準範囲 A の上限値を超えた場合の復帰基準値と、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が基準範囲 A の下限値を下回った

場合の復帰基準値とを異なる値としてもよい。

[0044] さらに、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が予め定められた基準温度範囲 B1 内にあるか否かを判定し、それに応じて第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を生成する。例えば、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が基準温度範囲 B1 外である場合、第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} の大きさに制限を加える。

[0045] 例えば、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が基準温度範囲 B1 外である場合、電流目標値 I_{bat0} の大きさの最大値を D ($< C$) に設定する。これにより、蓄電装置 4 への充電または蓄電装置 4 からの放電を行う場合に、電流目標値 I_{bat0} の大きさが C より小さい電流値 D に制限される（充電の場合、電流目標値 I_{bat0} が C から D になり、放電の場合、電流目標値 I_{bat0} が $-C$ から $-D$ になる）。なお、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が基準温度範囲 B1 内である場合、電流目標値 I_{bat0} を制限しないでもよい。

[0046] さらに、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が基準温度範囲 B1 より広い許容温度範囲 B2 外となったか否かを判定してもよい。例えば、制御装置 16 は、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} が許容温度範囲 B2 外である場合、第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を、蓄電装置 4 の充電率 SOC によらず 0 としてもよい。なお、蓄電装置パラメータには、蓄電装置 4 の温度 T_{bat} は、含まれていなくてもよい（温度 T_{bat} による上記制限は行われなくてもよい）。

[0047] 上記構成によれば、同期発電機 3 と直流配線 8 との間には比較的安価なダイオード整流器 5 が設けられ、直流配線 8 には蓄電装置 4 が直接的に接続される。同期発電機 3 が供給する電力は、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作することにより、制御される。この結果、電力負荷 7 に対する同期発電機 3 と蓄電装置 4 との間の負荷分担割合が調整される。したがって、複数のスイッチング素子を含む複雑な機器（PWM コンバータ、DC-DC コンバータ）を不要とすることができ、簡単かつ安価な構成を実現しつつ、同期発電機 3 と蓄電装置 4 との間で電力の負荷分担を実現することができる。

[0048] さらに、上記構成によれば、蓄電装置 4 の電圧 V_{bat} または充電率 SOC が

、蓄電装置4への充電（電力吸収）および蓄電装置4からの放電（電力供給）を十分に行い得る、予め定めた基準範囲A内にあるときに、負荷変動が生じた場合、同期発電機3より応答性の良い蓄電装置4が負荷変動に応じて余剰電力のほとんどを吸収したり、不足電力のほとんどを電力負荷7に供給したりする。これは、一般的に蓄電装置4の内部抵抗が同期発電機3の巻線インピーダンスより小さいためである。そして、このような負荷変動が生じた際には、蓄電装置4に流れる第1電流 I_{bat} を定常的に0にするように同期発電機3の界磁電圧 V_f が変更される。

[0049] この結果、負荷変動後の定常状態において、電力負荷7の変動分はすべて同期発電機3から供給される電力（の変動分）により賄われる。したがって、同期発電機3と蓄電装置4との間に複雑な制御を要するスイッチング素子を含む機器がなくても、同期発電機3と蓄電装置4との間で電力の負荷分担を容易に実現することができる。

[0050] さらに、蓄電装置4の電圧 V_{bat} または充電率SOCが、基準範囲A外となり、蓄電装置4への充電または蓄電装置4からの放電を要する場合に、充電または放電に応じた第1電流 I_{bat} が蓄電装置4に流れるように同期発電機3の界磁電圧 V_f が変更される。この結果、電力負荷7への電力供給を行いつつ蓄電装置4を充電または放電して蓄電装置4の電圧または充電率を、基準範囲A内に戻すことができる。

[0051] 以下、界磁電圧目標値生成部19のより具体的な構成について説明する。本実施の形態において、界磁電圧目標値生成部19は、第1目標値生成部20と、第2電流偏差算出部21と、第2目標値生成部22とを含んでいる。

[0052] 第1目標値生成部20は、第1電流偏差 ΔI_{bat} から所定の第1係数を有する伝達関数 $G_1(s)$ に基づいて発電機電流目標値 I_{gen0} を生成する。第1目標値生成部20は、第1電流 I_{bat} に基づく発電機電流 I_{gen_dc} （界磁電圧 V_f ）の制御波形を決定するように構成されている。第1目標値生成部20は、例えばPI制御器として構成される。この場合、伝達関数 $G_1(s)$ は、 $G_1(s) = K_{p1} (1 + 1/T_{i1}s)$ と表される。ここで、 K_{p1} は第1比例ゲ

インであり、 T_{i1} は、第1積分時間である。

[0053] 第2電流偏差算出部21は、発電機電流目標値 I_{gen0} から、計測した発電機電流 I_{gen_dc} を差し引いた第2電流偏差 ΔI_{gen} を生成する。第2目標値生成部22は、第2電流偏差 ΔI_{gen} から所定の第2係数を有する伝達関数 $G_2(s)$ に基づいて界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する。第2目標値生成部22も、例えばPI制御器として構成される。この場合、伝達関数 $G_2(s)$ は、 $G_2(s) = K_{p2}(1 + 1/T_{i2}s)$ と表される。ここで、 K_{p2} は第2比例ゲインであり、 T_{i2} は、第2積分時間である。

[0054] これによれば、第1電流偏差 ΔI_{bat} から同期発電機3に流れる発電機電流 I_{gen_dc} の目標値として発電機電流目標値 I_{gen0} が生成され、その発電機電流目標値 I_{gen0} と現在の発電機電流 I_{gen_dc} との偏差 ΔI_{gen} から界磁電圧目標値 V_{f0} が生成される。これにより、発電機電流 I_{gen_dc} が制御パラメータの1つとして用いられるため、制御系をより安定化させることができる。

[0055] また、この構成によれば、発電機電流 I_{gen_dc} が制御パラメータの1つとして用いられるため、発電機電流 I_{gen_dc} に制限を設けることが容易となる。例えば、第1目標値生成部20は、伝達関数 $G_1(s)$ に基づいて生成された発電機電流目標値 I_{gen0} を所定の電流範囲に制限する制限器（リミッタ）を備えてもよい。これにより、負荷変動によって意図しない過電流が同期発電機3に流れることを防止することができる。

[0056] 第1目標値生成部20における第1係数は、第1電流偏差 ΔI_{bat} が所定値から0に収束するまでの収束時間が同期発電機3を駆動する原動機2の応答性能に合わせた収束時間となるように設定され得る。伝達関数 $G_1(s)$ が収束時間に寄与する複数の係数を含む場合、そのうちの1つの係数が上記のように調整されてもよいし、複数の係数のうちの2以上の係数が上記のように調整されてもよい。

[0057] 本実施の形態において、伝達関数 $G_1(s)$ は、第1係数として利用可能な係数として、第1比例ゲイン K_{p1} および第1積分時間 T_{i1} を含んでいる。すなわち、第1目標値生成部20における第1比例ゲイン K_{p1} および／または

第1積分時間 T_{i1} は、第1電流偏差 ΔI_{bat} が所定値から0に収束するまでの収束時間が同期発電機3を駆動する原動機2の応答性能に合わせた収束時間となるように設定され得る。例えば、第1比例ゲイン K_{p1} を大きくすることで収束時間は短くなり、第1比例ゲイン K_{p1} を小さくすることで収束時間は長くなる。また、例えば、第1積分時間 T_{i1} を小さくすることで収束時間は短くなり、第1積分時間 T_{i1} を大きくすることで収束時間は長くなる。

[0058] これによれば、負荷変動時における発電機電流 I_{gen_dc} の応答（速度変化）を、同期発電機3を駆動する原動機2の応答性能に合わせることができる。これにより、電力負荷の変動に対して同期発電機3に接続された原動機2への負荷変動が緩やかになる。このため、原動機2の燃費を向上し得る。また、原動機2がガスエンジン等である場合には、黒鉛の排出を抑制することもできる。また、発電機電流 I_{gen_dc} の速度変化が原動機2の出力変化の制限範囲内になるように収束時間を調整することにより、電力負荷7の急変が生じても原動機2がトリップすることを未然に防止することができる。

[0059] なお、収束時間は、第2目標値生成部22における第2係数（第2比例ゲイン K_{p2} および／または第2積分時間 T_{i2} ）を変化させることによっても変化し得る。ただし、第1目標値生成部20における第1比例ゲイン K_{p1} および／または第1積分時間 T_{i1} を用いて収束時間を設定することにより、第1電流 I_{bat} の第1電流偏差 ΔI_{bat} に対する収束時間としてより直接的な設定を行うことができる。

[0060] [シミュレーション結果]

図5から図7は、本実施の形態における同期発電機の制御シミュレーションの結果を示すグラフである。図5は、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲A（30%～70%）内にある場合の各種電流および電圧値の時間的变化を示すグラフである。図5において、グラフ（5a）は、直流配線8における直流電圧のグラフである。グラフ（5b）は、第1電流 I_{bat} および電流目標値 I_{bat0} のグラフである。グラフ（5c）は、発電機電流 I_{gen_dc} および発電機電流目標値 I_{gen0} のグラフである。グラフ（5d）は、界磁電圧 V_f の

グラフである。グラフ（5 e）は、電力負荷 7 に流れる負荷電流 I_{load} を発電機電流 I_{gen_dc} および第 1 電流 I_{bat} とともに表したグラフである。

[0061] 図 5 に示すシミュレーションでは、グラフ（5 d）に示されるように、シミュレーション開始時に同期発電機 3（原動機 2）を始動し、開始から 2 秒後に負荷電流 I_{load} が 0 から 200 A にステップ的に（階段状に）増加し、開始から 6 秒後に負荷電流 I_{load} が元の 0 にステップ的に戻る場合をシミュレートしている。

[0062] 開始から 2 秒後に負荷電流が増加すると、グラフ（5 b）に示すように、同期発電機 3 より応答性の良い蓄電装置 4 が負荷変動に応じて不足電力を電力負荷 7 に供給するべく、第 1 電流 I_{bat} が瞬時に放電側（正の方向）に立ち上がる。これにより、グラフ（5 d）に示すように、制御装置 16 は、第 1 電流 I_{bat} を定常的に 0 にする（戻す）ように同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を増大させる。この結果、グラフ（5 c）に示すように、発電機電流 I_{gen_dc} が第 1 電流 I_{bat} の立ち上がり遅れて増加し始める。この際、発電機電流 I_{gen_dc} は、PI 制御に基づいて増加する。

[0063] 発電機電流 I_{gen_dc} が増加し始めることにより、第 1 電流 I_{bat} は減少し、第 1 電流 I_{bat} が 0 になったところで静定する。この結果、グラフ（5 e）に示すように、電力負荷 7 に供給される電力は、すべて同期発電機 3 から供給される電力で賄われる。

[0064] 開始から 6 秒後に負荷電流が減少すると、グラフ（5 b）に示すように、同期発電機 3 より応答性の良い蓄電装置 4 が負荷変動に応じて余剰電力を吸収するべく、第 1 電流 I_{bat} が瞬時に充電側（負の方向）に立ち上がる。これにより、グラフ（5 d）に示すように、制御装置 16 は、第 1 電流 I_{bat} を定常的に 0 にする（戻す）ように同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を減少させる。この結果、グラフ（5 c）に示すように、発電機電流 I_{gen_dc} が第 1 電流 I_{bat} の負の方向の立ち上がり遅れて減少し始める。この際、発電機電流 I_{gen_dc} は、PI 制御に基づいて減少する。

[0065] 発電機電流 I_{gen_dc} が減少し始めることにより、第 1 電流 I_{bat} は減少（

0に近づき)し、第1電流 I_{bat} が0になったところで静定する。この結果、グラフ(5e)に示すように、電力負荷7に供給される電力は、すべて同期発電機3から供給される電力で賄われる。

[0066] このように、図5のグラフによれば、本シミュレーションによって、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲A内にあるときに、負荷変動が生じた場合、同期発電機3より応答性の良い蓄電装置4が負荷変動に応答し、その後、同期発電機3の界磁電圧 V_f の変化により、その負荷変動後の電力が同期発電機3により賄われることが、本実施の形態における電力供給システム1によって実現されることが示されている。

[0067] 図6は、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲Aの下限值(30%)未満になる場合の各種電流値、電圧値および充電率の時間的変化を示すグラフである。図6において、グラフ(6a)は、直流配線8における直流電圧のグラフである。グラフ(6b)は、蓄電装置4の充電率SOCのグラフである。グラフ(6c)は、第1電流 I_{bat} および電流目標値 I_{bat0} のグラフである。グラフ(6d)は、電力負荷7に流れる負荷電流 I_{load} を発電機電流 I_{gen_dc} とともに表したグラフである。

[0068] 図6に示すシミュレーションでは、グラフ(6d)に示されるように、シミュレーション開始時に同期発電機3(原動機2)を始動し、開始から2秒後から徐々に(ランプ関数的に)負荷電流が増加する場合をシミュレートしている。

[0069] 開始時において、蓄電装置4の充電率SOCは、基準範囲A内(30%以上70%以下)である。開始から2秒後から徐々に負荷電流 I_{load} が増加すると、図5に示すシミュレーションと同様に、蓄電装置4が負荷変動に応答し、第1電流 I_{bat} が立ち上がる(グラフ(6c))。これに伴い、制御装置16は、第1電流 I_{bat} を定常的に0にする(戻す)ように同期発電機3の界磁電圧 V_f を増加させる。

[0070] しかし、負荷電流は増大し続けるため、蓄電装置4から放電される電流(第1電流) I_{bat} は減少に転じることなく増加し続け、この結果、グラフ(6

b) に示すように、蓄電装置4の充電率SOCは低下し続ける。このとき、グラフ(6d)に示すように、発電機電流 I_{gen_dc} も増加し続けるが、応答遅れの分だけ、負荷電流より第1電流 I_{bat} の負担分だけ少ない電流値で推移(増加)する。

[0071] 開始から5.4秒あたりで充電率SOCが基準範囲Aの下限值である30%に達すると、制御装置16は、第1電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} を所定の負の固定値 $-C$ (<0)に設定する(グラフ(6c))。本シミュレーションにおいて、所定の負の固定値 $-C$ は、 $-50A$ である。

[0072] これに伴い、制御装置16は、蓄電装置4を充電するように同期発電機3の界磁電圧 V_f を増加させる。このとき、グラフ(6d)に示すように、発電機電流 I_{gen_dc} は、負荷電流 I_{load} より大きくなり、その差分が蓄電装置4を充電する電流(グラフ(6c))となる。これによって、グラフ(6b)に示すように、蓄電装置4の充電率SOCは上昇に転じる。なお、本シミュレーションにおいては、復帰基準値が50%に設定されている。したがって、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲Aの下限值(30%)以上となっても充電率SOCの上昇が継続される。

[0073] このように、図6のグラフによれば、本シミュレーションによって、蓄電装置4の充電率SOCが基準範囲Aから外れた場合に、蓄電装置4を充電(または放電)するような第1電流 I_{bat} が流れるように同期発電機3の界磁電圧 V_f が調整されることが示されている。

[0074] 図7は、図5に示すシミュレーションを、界磁電圧目標値生成部19(第1目標値生成部20)の第1ゲイン K_{p1} を小さくすることで収束時間を長くした場合(T_{c1} から T_{c2} ($<T_{c1}$)にした場合)の各種電流および電圧値の時間的変化を示すグラフである。図7において、グラフ(7a)は、直流配線8における直流電圧のグラフである。グラフ(7b)は、第1電流 I_{bat} および電流目標値 I_{bat0} のグラフである。グラフ(7c)は、発電機電流 I_{gen_dc} および発電機電流目標値 I_{gen0} のグラフである。グラフ(7d)は、界磁電圧 V_f のグラフである。グラフ(7e)は、電力負荷7に流れる負荷電流

を発電機電流 I_{gen_dc} および第1電流 I_{bat} とともに表したグラフである。

[0075] 図7に示すシミュレーションでは、グラフ(7d)に示されるように、シミュレーション開始時に同期発電機3(原動機2)を始動し、開始から2秒後に負荷電流が0から150Aにステップ的に(階段状に)増加する場合をシミュレートしている。

[0076] 図7に示すシミュレーションにおいても、図5に示すシミュレーションと同様に、開始から2秒後の負荷変動によって、同期発電機3より応答性の良い蓄電装置4が負荷変動に応答し、その後、同期発電機3の界磁電圧 V_f の変化により、その負荷変動後の電力が同期発電機3により賄われる。

[0077] ただし、本シミュレーションにおいては、収束時間 T_{c2} が図5のシミュレーションにおける収束時間 T_{c1} より長く設定されているため、立ち上がった第1電流 I_{bat} が再び0に戻るまでの時間が図5に示すシミュレーションより2秒程度長くなっている。このように、図7のグラフによれば、本シミュレーションによって、図5に示すシミュレーションに比べて同期発電機3ひいては原動機2の負荷変動を緩やかにすることが示されている。

[0078] [他の実施の形態]

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変更、修正が可能である。

[0079] 例えば、上記実施の形態においては、発電機電流 I_{gen_dc} を制御パラメータの1つとして用いて界磁電圧目標値 V_{f0} を生成する態様を説明したが、これに限られない。例えば、界磁電圧目標値生成部19は、電流偏差算出部18から出力される第1電流偏差 ΔI_{bat} をそのまま界磁電圧目標値 V_{f0} として出力してもよいし、第1電流偏差 ΔI_{bat} に所定の係数を掛けた値を界磁電圧目標値 V_{f0} として出力してもよい。また、界磁電圧目標値生成部19は、電流偏差算出部18から出力される第1電流偏差 ΔI_{bat} に対して所定のフィルタ処理等を適用して界磁電圧目標値 V_{f0} を生成してもよい。

[0080] また、制御装置16が同期発電機3(励磁部3a)に出力する信号は、界

磁電圧目標値 V_{fo} に代えて、界磁電圧 V_f を生成するために励磁部 3 a に設けられた PWM 電源の通流率（デューティ比）を直接示す信号であってもよい。

[0081] また、上記実施の形態においては、制御装置 1 6 が、蓄電装置 4 の電圧または充電率が予め定めた基準範囲 A の上限値を超えた場合に、第 1 電流 I_{bat} として蓄電装置 4 から放電する電流が流れるように、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作する態様を例示したが、これに代えて、蓄電装置 4 の電圧または充電率が基準範囲 A の上限値を超えた場合に、同期発電機 3 を停止させてもよい。

[0082] 例えば、制御装置 1 6 は、原動機 2 を停止させることにより、同期発電機 3 を停止させる。これにより、電力負荷 7 における負荷上昇分は、すべて蓄電装置 4 が負担することになるため、蓄電装置 4 から電力が電力負荷 7 に供給される。この結果、蓄電装置 4 の電圧または充電率は、低減し、蓄電装置 4 の電圧または充電率を、基準範囲 A 内に戻すことができる。さらに、同期発電機 3 を駆動する原動機 2 を停止することで、燃費低減を図ることができる。

[0083] さらに、制御装置 1 6 は、蓄電装置 4 の電圧または充電率が基準範囲 A の上限値を超えた場合に、第 1 電流 I_{bat} として蓄電装置 4 から放電する電流が流れるように、同期発電機 3 の界磁電圧 V_f を操作し、さらに、その上限値より大きい許容値を超えた場合に、同期発電機 3 を停止させてもよい。すなわち、蓄電装置 4 の電圧または充電率が基準範囲 A の上限値より大きく許容値以下の場合に、上記実施の形態と同様の制御を行い、許容値を超えた場合に、同期発電機 3 を停止させてもよい。

[0084] なお、同期発電機 3 を停止させるためには、必ずしも原動機 2 を停止させなくてもよい。例えば、原動機 2 と同期発電機 3 との間に、両者の接続を解除可能なクラッチ機構を備え、基準範囲 A の上限値を超えた場合または許容値を超えた場合に、当該クラッチ機構により同期発電機 3 を原動機 2 から切り離し、同期発電機 3 を停止させてもよい。また、同期発電機 3 の停止時に

同期発電機 3 とダイオード整流器 5 との接続を解除してもよい。例えば、同期発電機 3 とダイオード整流器 5 との間に遮断器を設け、同期発電機 3 の停止時にその遮断器を開くようにしてもよい。

[0085] また、同期発電機 3 を停止させた後、蓄電装置 4 の電圧または充電率が予め定められた再開基準値以下になった場合、制御装置 16 は、同期発電機 3 の運転を再開する。例えば、再開基準値は、蓄電装置 4 の電圧または充電率が基準範囲 A の上限値より低い値に設定される。例えば蓄電装置 4 の充電率における基準範囲 A の上限値が 70%である場合、再開基準値は、50%に設定されてもよい。これにより、蓄電装置 4 の電圧または充電率が基準範囲 A の上限値付近で変動した場合に、同期発電機 3 の運転および停止が頻繁に起きることを防止することができる。

[0086] また、上記実施の形態において、基準範囲 A の上限値を超えた場合に設定される第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} の大きさと基準範囲 A の下限値を下回った場合に設定される第 1 電流 I_{bat} の電流目標値 I_{bat0} の大きさととは同じ値 (C) としたが、これに限られず、符号が異なるだけでなく、互いに異なる大きさに設定されてもよい。

[0087] また、上記実施の形態で説明した電力供給システム 1 は、例えば、船舶、鉄道、航空機等の移動体の電源装置、または、マイクログリッド等の分散型電源システムにおける電源装置等、同期発電機を用いた種々の電源装置に適用可能である。

産業上の利用可能性

[0088] 本発明は、簡単かつ安価な構成で、同期発電機と蓄電装置との間で電力の負荷分担を実現するために有用である。

符号の説明

- [0089] 1 電力供給システム
3 同期発電機
4 蓄電装置
5 ダイオード整流器

- 6 インバータ
- 7 電力負荷
- 8 直流配線
- 1 6 制御装置
- 1 7 電流目標値生成部
- 1 8 第 1 電流偏差算出部
- 1 9 界磁電圧目標値生成部
- 2 0 第 1 目標値生成部
- 2 1 第 2 電流偏差算出部
- 2 2 第 2 目標値生成部

請求の範囲

- [請求項1] 電力供給システムにおける同期発電機の制御装置であって、
前記電力供給システムは、
巻線界磁型の前記同期発電機と、
前記同期発電機から出力される第1交流電力を直流電力に整流するダイオード整流器と、
前記直流電力を第2交流電力に変換し、交流側に接続される電力負荷に前記第2交流電力を供給するインバータと、
前記ダイオード整流器の直流側と前記インバータの直流側とを接続する直流配線と、
前記直流配線に直接的に接続される蓄電装置と、を備え、
前記制御装置は、前記同期電動機が供給する電力を、前記同期発電機の界磁電圧を操作することにより、制御するように構成される、同期発電機の制御装置。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記同期電動機が供給する電力を制御することにより、前記電力負荷に対する前記同期発電機と前記蓄電装置との間の負荷分担割合を調整する、請求項1に記載の同期発電機の制御装置。
- [請求項3] 前記蓄電装置の電圧または充電率が予め定めた基準範囲内にあるか否かを判定し、
前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲内にある場合に、前記蓄電装置に流れる第1電流が定常的に0になるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作する、請求項1または2に記載の同期発電機の制御装置。
- [請求項4] 前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限値を超えた場合に、前記第1電流として前記蓄電装置から放電する電流が流れるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作する、請求項3に記載の同期発電機の制御装置。
- [請求項5] 前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限値を超えた

場合に、前記同期発電機を停止させる、請求項 3 に記載の同期発電機の制御装置。

[請求項6] 前記制御装置は、前記同期発電機の停止後、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の上限値より小さい予め定められた起動基準値以下になった場合に、前記同期発電機の運転を再開する、請求項 5 に記載の同期発電機の制御装置。

[請求項7] 前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲の下限値を下回った場合に、前記第 1 電流として前記蓄電装置を充電する電流が流れるように、前記同期発電機の界磁電圧を操作する、請求項 3 から 6 の何れかに記載の同期発電機の制御装置。

[請求項8] 前記蓄電装置の電圧または充電率を含む所定の蓄電装置パラメータから前記第 1 電流の電流目標値を生成する電流目標値生成部と、

前記電流目標値から、計測した前記第 1 電流を差し引いた第 1 電流偏差を算出する第 1 電流偏差算出部と、

前記第 1 電流偏差に基づいて前記同期発電機の界磁電圧目標値を生成する界磁電圧目標値生成部と、を含む、請求項 1 から 7 の何れかに記載の同期発電機の制御装置。

[請求項9] 前記電流目標値生成部は、前記蓄電装置の電圧または充電率が予め定めた基準範囲内にあるか否かを判定し、前記蓄電装置の電圧または充電率が前記基準範囲内にある場合に、前記電流目標値を 0 に設定するように構成される、請求項 8 に記載の同期発電機の制御装置。

[請求項10] 前記界磁電圧目標値生成部は、

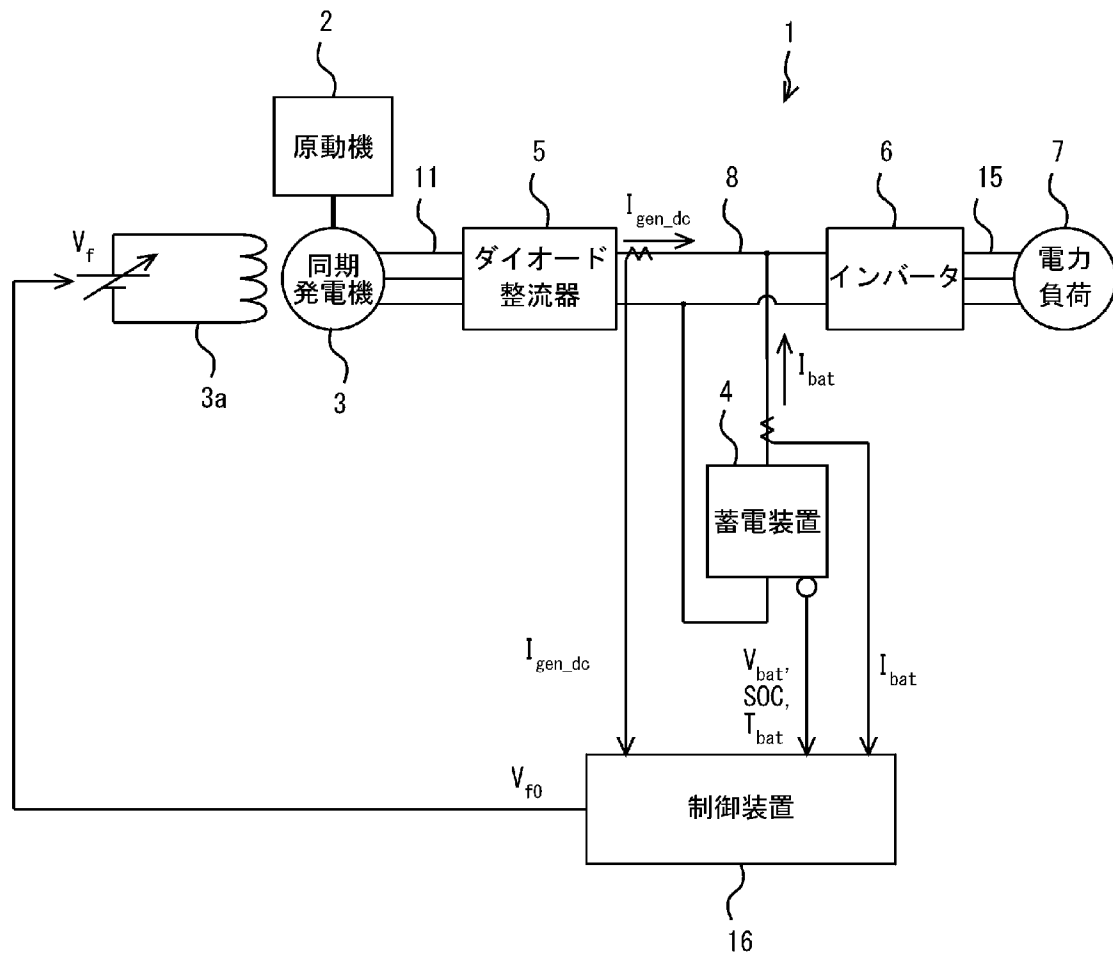
前記第 1 電流偏差から所定の第 1 係数を有する伝達関数に基づいて前記界磁電圧目標値を生成するよう構成され、

前記第 1 係数は、前記第 1 電流偏差が所定値から 0 に収束するまでの収束時間が前記同期発電機を駆動する原動機の応答性能に合わせた収束時間となるように設定される、請求項 8 または 9 に記載の同期発電機の制御装置。

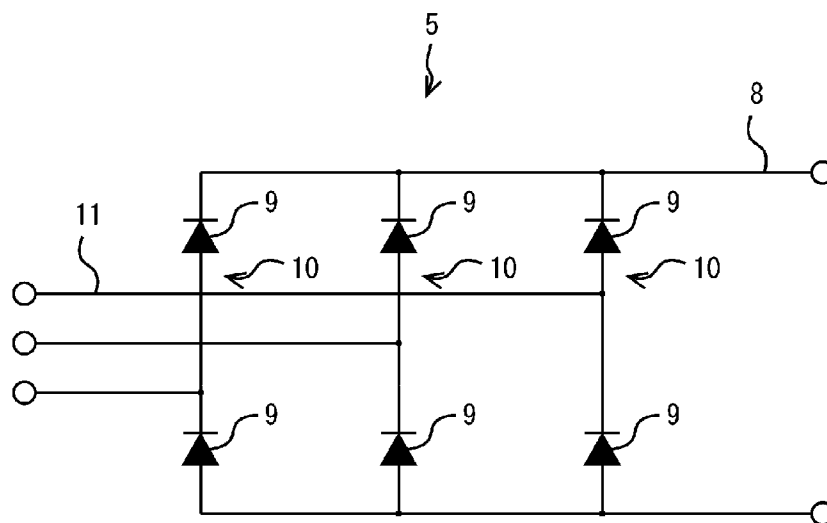
[請求項11] 前記界磁電圧目標値生成部は、
前記第1電流偏差から所定の第1係数を有する伝達関数に基づいて
発電機電流目標値を生成する第1目標値生成部と、
前記発電機電流目標値から、計測した発電機電流を差し引いた第2
電流偏差を生成する第2電流偏差算出部と、
前記第2電流偏差から所定の第2係数を有する伝達関数に基づいて
前記界磁電圧目標値を生成する第2目標値生成部と、を含む、請求項
8から10の何れかに記載の同期発電機の制御装置。

[請求項12] 巻線界磁型の同期発電機と、
前記同期発電機から出力される第1交流電力を直流電力に整流する
ダイオード整流器と、
前記直流電力を第2交流電力に変換し、交流側に接続される電力負
荷に前記第2交流電力を供給するインバータと、
前記ダイオード整流器の直流側と前記インバータの直流側とを接続
する直流配線と、
前記直流配線に直接的に接続される蓄電装置と、
前記同期発電機を制御する制御装置を備え、
前記制御装置は、前記同期電動機が供給する電力を、前記同期発電
機の界磁電圧を操作することにより、制御するように構成される、電
力供給システム。

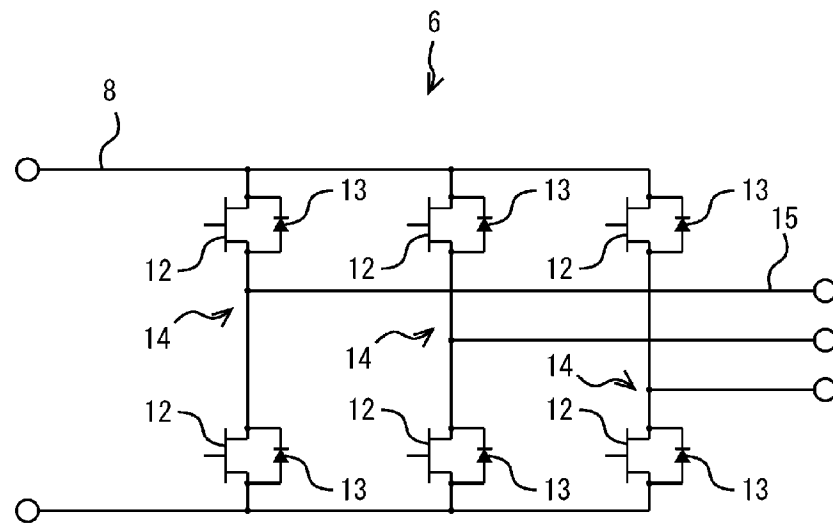
[図1]



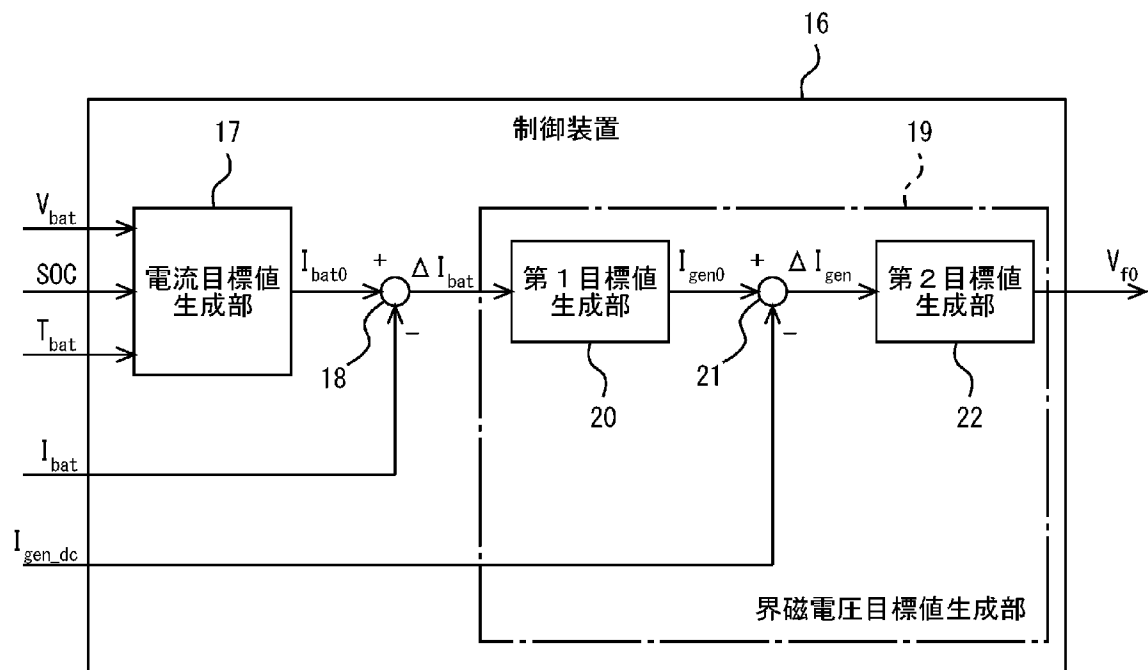
[図2]



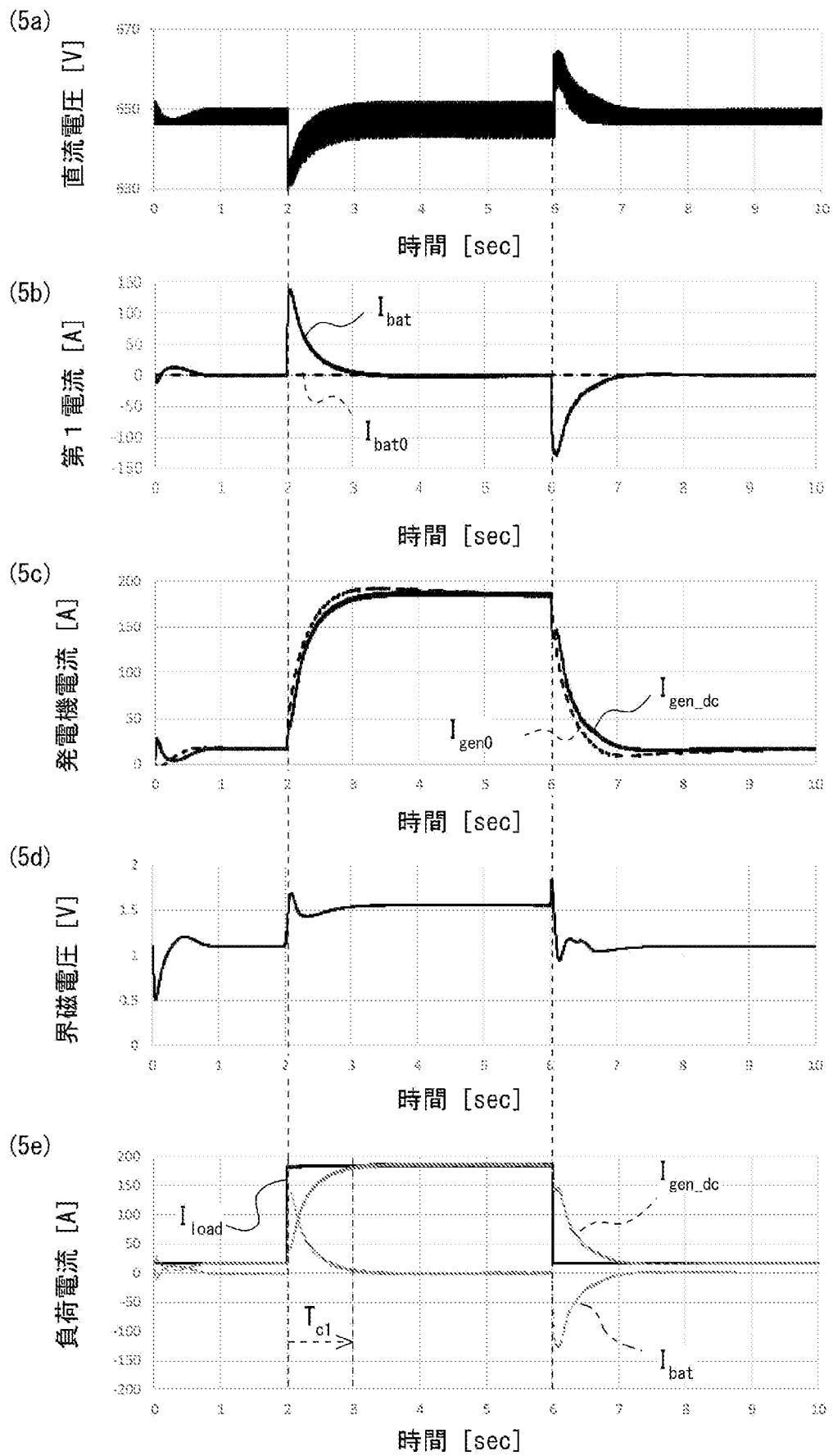
[図3]



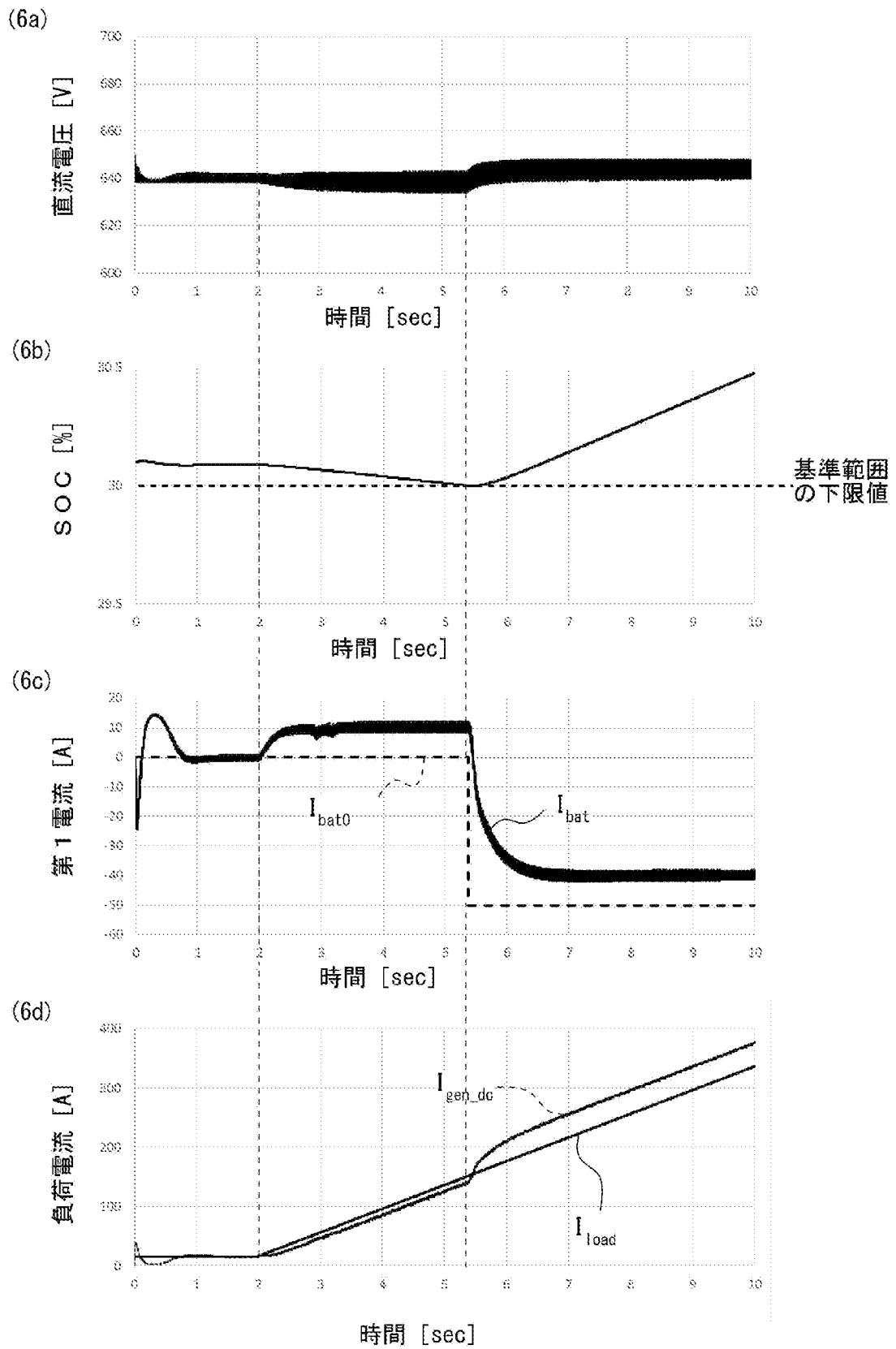
[図4]



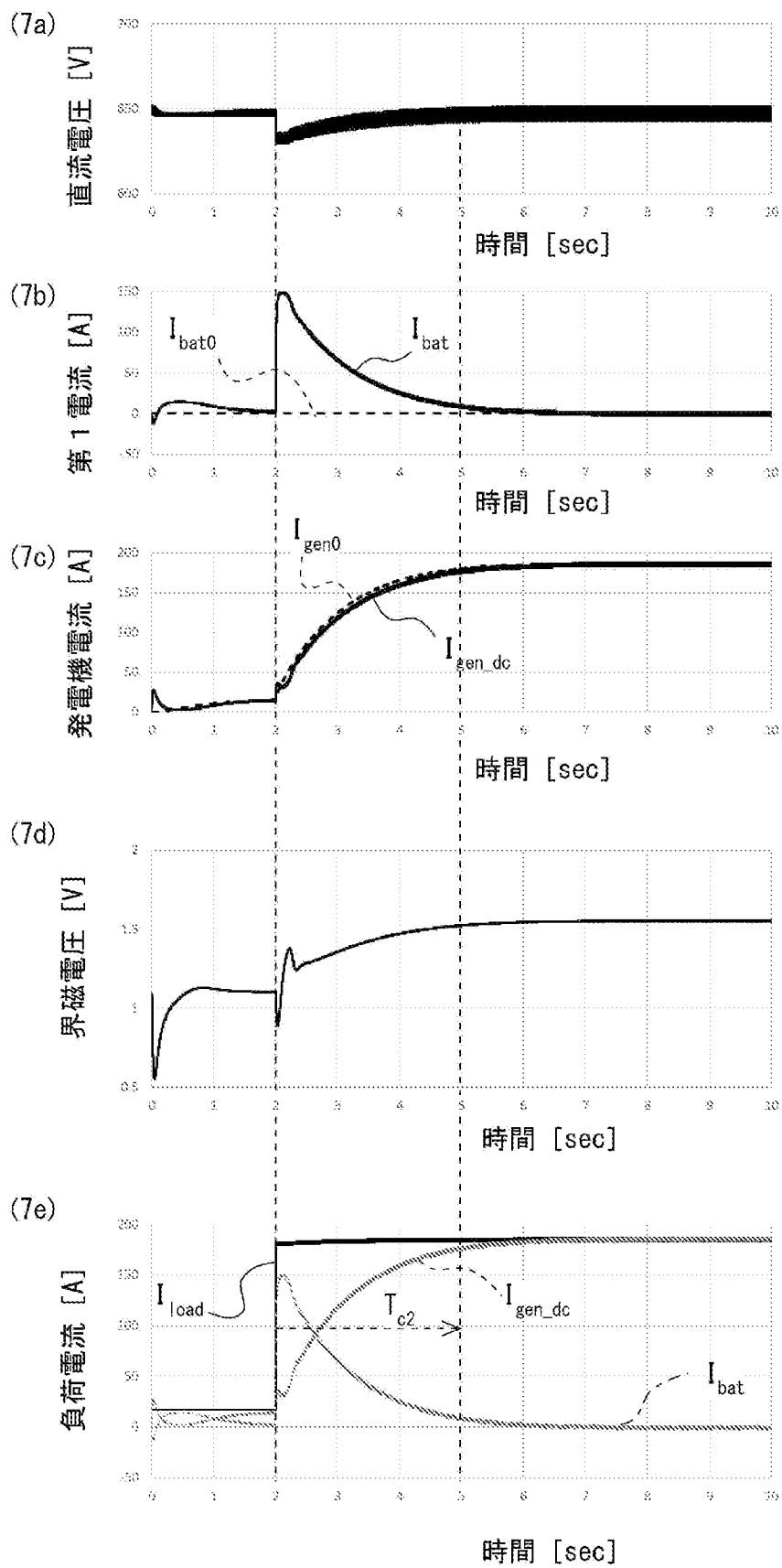
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/026894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 9/14 (2006.01)i; H02P 101/25 (2015.01)n; H02P 101/35 (2015.01)n; H02P 101/40 (2015.01)n; H02P 103/20 (2015.01)n; H02J 7/14 (2006.01)i; B60L 50/15 (2019.01)i; B60L 50/60 (2019.01)i; B60L 50/61 (2019.01)i; B60L 58/13 (2019.01)i

FI: H02P9/14 H; B60L50/61; B60L58/13; B60L50/60; H02J7/14 A;
B60L50/15 ZHV; H02P101 :25; H02P101 :35; H02P101:40; H02P103:20

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)

H02P9/14; H02P101/25; H02P101/35; H02P101/40; H02P103/20; H02J7/14;
B60L50/15; B60L50/60; B60L50/61; B60L58/13

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2015-33193 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 16.02.2015 (2015-02-16) paragraphs [0021]-[0099], fig. 1-4	1-2, 12 3-11
X Y	JP 2013-13308 A (YAMABIKO CORPORATION) 17.01.2013 (2013-01-17) paragraphs [0055]-[0302], fig. 1-31	1-2, 12 3-11
Y	JP 2008-99461 A (HITACHI, LTD.) 24.04.2008 (2008- 04-24) paragraphs [0012]-[0045], fig. 1-12	3-11



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
08 September 2020 (08.09.2020)

Date of mailing of the international search report
06 October 2020 (06.10.2020)

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/026894

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-33193 A	16 Feb. 2015	(Family: none)	
JP 2013-13308 A	17 Jan. 2013	(Family: none)	
JP 2008-99461 A	24 Apr. 2008	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 9/14(2006.01)i; H02P 101/25(2015.01)n; H02P 101/35(2015.01)n; H02P 101/40(2015.01)n; H02P 103/20(2015.01)n; H02J 7/14(2006.01)i; B60L 50/15(2019.01)i; B60L 50/60(2019.01)i; B60L 50/61(2019.01)i; B60L 58/13(2019.01)i FI: H02P9/14 H; B60L50/61; B60L58/13; B60L50/60; H02J7/14 A; B60L50/15 ZHV; H02P101:25; H02P101:35; H02P101:40; H02P103:20																				
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02P9/14; H02P101/25; H02P101/35; H02P101/40; H02P103/20; H02J7/14; B60L50/15; B60L50/60; B60L50/61; B60L58/13 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年										
日本国実用新案公報	1922-1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971-2020年																			
日本国実用新案登録公報	1996-2020年																			
日本国登録実用新案公報	1994-2020年																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2015-33193 A（富士電機株式会社）16.02.2015（2015-02-16） 段落0021-0099、図1-4</td> <td>1-2, 12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2013-13308 A（株式会社やまびこ）17.01.2013（2013-01-17） 段落0055-0302、図1-31</td> <td>1-2, 12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2008-99461 A（株式会社日立製作所）24.04.2008（2008-04-24） 段落0012-0045、図1-12</td> <td>3-11</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	X	JP 2015-33193 A（富士電機株式会社）16.02.2015（2015-02-16） 段落0021-0099、図1-4	1-2, 12	Y		3-11	X	JP 2013-13308 A（株式会社やまびこ）17.01.2013（2013-01-17） 段落0055-0302、図1-31	1-2, 12	Y		3-11	Y	JP 2008-99461 A（株式会社日立製作所）24.04.2008（2008-04-24） 段落0012-0045、図1-12	3-11
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
X	JP 2015-33193 A（富士電機株式会社）16.02.2015（2015-02-16） 段落0021-0099、図1-4	1-2, 12																		
Y		3-11																		
X	JP 2013-13308 A（株式会社やまびこ）17.01.2013（2013-01-17） 段落0055-0302、図1-31	1-2, 12																		
Y		3-11																		
Y	JP 2008-99461 A（株式会社日立製作所）24.04.2008（2008-04-24） 段落0012-0045、図1-12	3-11																		
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 08.09.2020		国際調査報告の発送日 06.10.2020																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 島倉 理 3V 4131 電話番号 03-3581-1101 内線 3357																		

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/026894

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-33193	A	16.02.2015	(ファミリーなし)	
JP	2013-13308	A	17.01.2013	(ファミリーなし)	
JP	2008-99461	A	24.04.2008	(ファミリーなし)	