

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-25399

(P2020-25399A)

(43) 公開日 令和2年2月13日(2020.2.13)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 3/32 (2006.01)	H02J 3/32	5G064
H02J 3/46 (2006.01)	H02J 3/46	5G066
H02J 13/00 (2006.01)	H02J 13/00	311R

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-148502 (P2018-148502)	(71) 出願人	593063161 株式会社N T Tファシリティーズ 東京都港区芝浦三丁目4番1号
(22) 出願日	平成30年8月7日(2018.8.7)	(74) 代理人	110000578 名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	湯浅 一史 東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社 N T Tファシリティーズ内
		(72) 発明者	谷藤 昂亮 東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社 N T Tファシリティーズ内
		(72) 発明者	松下 傑 東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社 N T Tファシリティーズ内

最終頁に続く

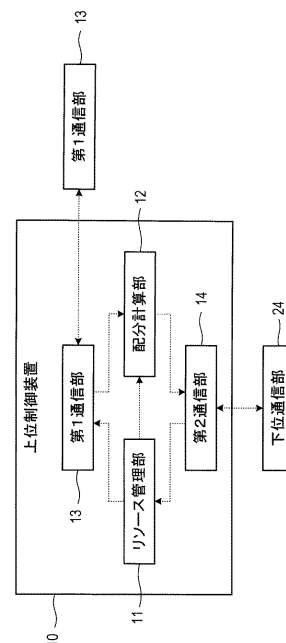
(54) 【発明の名称】 周波数制御システム

(57) 【要約】

【課題】電力システムの周波数維持に用いられる需給調整の制御を容易にする周波数制御システムを提供する。

【解決手段】電力システムにおける周波数を検出する周波数検出部と、蓄電部の周波数 - 出力電力特性に関する情報、および、蓄電部における制御指令に対する充電電力もしくは放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報を格納するリソース管理部11と、複数の蓄電部から抽出された所定数の蓄電部の組に対して、周波数検出部により検出された周波数、および、周波数 - 出力電力特性に関する情報に基づいて、充放電の制御を行う制御部と、蓄電部の組から充電電力もしくは放電電力を変更する際に、スルーレートを表す情報に基づいて、蓄電部の組のうち、充電する電力もしくは放電する電力を変更する蓄電部を選択する配分計算部12と、が設けられていることを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の蓄電部への充電および前記複数の蓄電部からの放電を制御することにより、電力系統の周波数調整を行う周波数制御システムであって、

前記電力系統における周波数を検出する周波数検出部と、

前記蓄電部の周波数 - 出力電力特性に関する情報、および、前記蓄電部における制御指令に対する充電電力もしくは放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報を格納するリソース管理部と、

前記複数の蓄電部から抽出された所定数の前記蓄電部の組に対して、前記周波数検出部により検出された前記周波数、および、前記周波数 - 出力電力特性に関する情報に基づいて、充放電の制御を行う制御部と、

前記蓄電部の組へ充電する電力もしくは前記蓄電部の組から放電する電力を変更する際に、前記スルーレートを表す情報に基づいて、前記蓄電部の組のうち、充電する電力もしくは放電する電力を変更する前記蓄電部を選択する配分計算部と、
が設けられていることを特徴とする周波数制御システム。

【請求項 2】

前記配分計算部は、複数の前記蓄電部を選択した場合に、当該複数の蓄電部に対して、充電する電力もしくは放電する電力を変更するタイミングを、前記スルーレートを表す情報に基づいて制御することを特徴とする請求項 1 記載の周波数制御システム。

【請求項 3】

前記配分計算部は、前記電力系統の周波数調整のために要求される充電電力もしくは放電電力と、前記蓄電部の組に充電もしくは前記蓄電部の組から放電される電力との差が小さくなるように、前記蓄電部の組のそれぞれに対して充電する電力もしくは放電する電力の値を分配することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の周波数制御システム。

【請求項 4】

前記配分計算部は、更に前記要求される充電電力もしくは放電電力に基づいて、前記蓄電部の組のそれぞれについて充電もしくは放電を開始する時期、および、充電量もしくは放電量の少なくとも一方を算出することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の周波数制御システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、周波数制御システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来は、電力系統の周波数を所定範囲内に調整するために、旧一般電気事業者による発電機のガバナフリー運転や、発電機の出力制御などが行われていた（例えば、特許文献 1 参照。）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2014 - 090586 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

電力系統の周波数調整を行うものとして、上述の発電機のガバナフリー運転の他に、大規模電源の利用が検討されている。

また、政府の主導により進められている電力システム改革に伴い、旧一般電気事業者以外の事業者などから調達する需給調整により、電力系統の周波数維持ができるようになる。これに対応するため、旧一般電気事業者以外の事業者による需給調整を供給する新しい

10

20

30

40

50

市場の形成が予定されている。

【 0 0 0 5 】

複数の電源から構成される大規模電源の場合、複数の電源から出力される電力の合計が、要求される出力電力となる制御が行われる。しかしながら、それぞれの電源における出力指令に対する出力電力の追従性（スルーレート）が異なるため、出力される電力を適切に制御することが難しいという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、電力系統の周波数維持に用いられる需給調整の制御を容易にする周波数制御システムを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するために、本発明は、以下の手段を提供する。

本発明の周波数制御システムは、複数の蓄電部への充電および前記複数の蓄電部からの放電を制御することにより、電力系統の周波数調整を行う周波数制御システムであって、前記電力系統における周波数を検出する周波数検出部と、前記蓄電部の周波数 - 出力電力特性に関する情報、および、前記蓄電部における制御指令に対する充電電力もしくは放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報を格納するリソース管理部と、前記複数の蓄電部から抽出された所定数の前記蓄電部の組に対して、前記周波数検出部により検出された前記周波数、および、前記周波数 - 出力電力特性に関する情報に基づいて、充放電の制御を行う制御部と、前記蓄電部の組から充電電力もしくは放電電力を変更する際に、前記スルーレートを表す情報に基づいて、前記蓄電部の組のうち、充電する電力もしくは放電する電力を変更する前記蓄電部を選択する配分計算部と、が設けられていることを特徴とする。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の周波数制御システムによれば、蓄電部における制御指令に対する放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報に基づいて、充電する電力もしくは放電する電力を変更する蓄電部を選択するため、スルーレートを表す情報に基づかない場合と比較して、出力される電力を制御しやすくなる。

【 0 0 0 9 】

30

上記発明において前記配分計算部は、複数の前記蓄電部を選択した場合に、当該複数の蓄電部に対して、放電する電力を変更するタイミングを、前記スルーレートを表す情報に基づいて制御することが好ましい。

【 0 0 1 0 】

このように充電する電力もしくは放電する電力を変更するタイミングを、スルーレートを表す情報に基づいて制御することにより、スルーレートを表す情報に基づかない場合と比較して、電力系統の周波数維持に求められる充電電力もしくは放電電力の時間変化に追従した制御をしやすくなる。

【 0 0 1 1 】

上記発明において前記配分計算部は、前記電力系統の周波数調整のために要求される充電電力もしくは放電電力と、前記蓄電部の組に充電もしくは前記蓄電部の組から放電される電力との差が小さくなるように、前記蓄電部の組のそれぞれに対して充電する電力もしくは放電する電力の値を分配することが好ましい。

40

【 0 0 1 2 】

このように電力系統の周波数調整のために要求される充電電力もしくは放電電力と、蓄電部の組から出力される電力との差を小さくすることにより、蓄電部の組から出力される電力が過剰になることを抑制しやすくなる。

【 0 0 1 3 】

上記発明において前記配分計算部は、更に前記要求される充電電力もしくは放電電力に基づいて、前記蓄電部の組のそれぞれについて充電もしくは放電を開始する時期、および

50

、充電量もしくは放電量の少なくとも一方を算出することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

このように電力系統の周波数調整のために要求される充電電力もしくは放電電力に基づいて、充電もしくは放電を開始する時期、および、充電量もしくは放電量の少なくとも一方を算出することにより、需給調整の制御を行いやすくなる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明の周波数制御システムによれば、蓄電部における制御指令に対する充電電力もしくは放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報に基づいて、充電する電力もしくは放電する電力を変更する蓄電部を選択するため、電力系統の周波数維持に用いられる需給調整の制御が容易になるという効果を奏する。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態に係る周波数制御システムの構成を説明するブロック図である。

【 図 2 】 図 1 の上位制御装置の構成を説明するブロック図である。

【 図 3 】 図 1 の下位制御装置の構成を説明するブロック図である。

【 図 4 】 電力系統の周波数調整に用いられる周波数 - 出力電力特性を説明するグラフである。

【 図 5 】 仮想蓄電池の周波数 - 出力電力特性を説明する表である。

20

【 図 6 】 仮想蓄電池に対して要求される出力電力が増加した場合の制御を説明するグラフである。

【 図 7 】 本発明の第 1 の実施形態に係る周波数制御システムにおける仮想蓄電池に対して要求される出力電力が増加した場合の制御を説明するグラフである。

【 図 8 】 スルーレート的能力が高い場合における制御を説明するグラフである。

【 図 9 】 スルーレート的能力が高い場合における他の制御を説明するグラフである。

【 図 1 0 】 スルーレート的能力が高い場合における更に別の制御を説明するグラフである。

【 図 1 1 】 スルーレート的能力が低い蓄電部を有する場合の制御を説明するグラフである。

30

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 7 】

〔 第 1 の実施形態 〕

以下、本発明の第 1 の実施形態に係る周波数制御システムについて図 1 から図 6 を参照しながら説明する。本実施形態の周波数制御システム 1 は、図 1 に示すように、複数の蓄電池（蓄電部）G への充電および複数の蓄電池 G からの放電を制御することにより、電力系統 4 0 の周波数調整を行うものである。なお、図 1 では、理解を容易にするために 1 つの蓄電池 G が図示されているが、実際には複数の蓄電池 G が設けられている。

【 0 0 1 8 】

周波数制御システム 1 には、図 1 に示すように、上位制御装置 1 0 と、下位制御装置 2 0 とが主に設けられている。上位制御装置 1 0 は、下位制御装置 2 0 に対して充電および放電の制御を指示するものであり、下位制御装置 2 0 は、複数の蓄電池 G に対して充電および放電の制御を行うものである。

40

【 0 0 1 9 】

本実施形態では、1 つの上位制御装置 1 0 に対して複数の下位制御装置 2 0 が設けられている例に適用して説明する。また、上述の上位制御装置 1 0 は、他の上位制御装置 1 0 と通信可能とされている例に適用して説明する。

【 0 0 2 0 】

上位制御装置 1 0 は、複数の蓄電池 G、電力変換装置 5 1 および需要設備 5 2 を有する建物設備 5 0 に設けられた下位制御装置 2 0 に対して、蓄電池 G の充電および放電の制御

50

を指示するものである。

【0021】

上位制御装置10は、図2に示すように、CPU（中央演算処理ユニット）、ROM、RAM、入出力インタフェース等を有するサーバなどの情報処理装置である。上述のROM等の記憶装置に記憶されているプログラムは、CPU、ROM、RAM、入出力インタフェースを協働させて、少なくともリソース管理部11、配分計算部12、第1通信部13、および、第2通信部14として機能させるものである。

【0022】

リソース管理部11は、当該上位制御装置10から制御が指示される下位制御装置20により充電および放電が制御される蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報、および、蓄電池Gにおける制御に対する充電電力もしくは放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報を格納するものである。リソース管理部11は、配分計算部12の要求に応じて、格納されている蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報およびスルーレートを表す情報を配分計算部12へ出力可能とされている。

10

【0023】

本実施形態では、第2通信部14を介して下位制御装置20から蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報およびスルーレートを表す情報が取得され、取得した当該情報をリソース管理部11に格納する例に適用して説明する。また、リソース管理部11は、格納されている蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報およびスルーレートを表す情報を第1通信部13へ出力可能とされている。

20

【0024】

配分計算部12は、蓄電池Gの組へ充電する電力もしくは蓄電池Gの組から放電する電力を変更する際に、スルーレートを表す情報に基づいて、蓄電池Gの組のうち、充電する電力もしくは放電する電力を変更する蓄電池Gを選択する演算処理や、充電する電力もしくは放電する電力を変更するタイミングを制御する処理などを行うものである。配分計算部12における演算処理等の詳細な内容については後述する。

【0025】

第1通信部13は、他の上位制御装置10に設けられた第1通信部13との間で情報の通信を行うものである。例えば、第1通信部13は、リソース管理部11に格納されている蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報を他の上位制御装置10へ送信するものである。また、第1通信部13は、他の上位制御装置10から受信した蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報を、配分計算部12へ出力するものでもある。

30

【0026】

なお、第1通信部13同士の間は、有線による通信が行われてもよいし、無線による通信が行われてもよい。さらに通信に用いられるプロトコルは、公知のプロトコルを用いることができ、特に限定するものではない。

【0027】

第2通信部14は、下位制御装置20に設けられた下位通信部24との間で通信を行うものである。例えば、下位制御装置20から送信された蓄電池Gの周波数 - 出力電力特性に関する情報を受信し、リソース管理部11へ出力するものである。また、配分計算部12から出力された制御の情報を下位制御装置20へ送信するものである。

40

【0028】

なお、第2通信部14と下位通信部24の間は、有線による通信が行われてもよいし、無線による通信が行われてもよい。さらに通信に用いられるプロトコルは、公知のプロトコルを用いることができ、特に限定するものではない。

【0029】

下位制御装置20は、図1に示すように、上位制御装置10から出力される指示に基づいて電力変換装置51を制御することにより、建物設備50に設置された複数の蓄電池Gの充電および放電を制御するものである。

【0030】

50

下位制御装置 20 は、図 3 に示すように、CPU (中央演算処理ユニット)、ROM、RAM、入出力インタフェース等を有するサーバなどの情報処理装置である。上述の ROM 等の記憶装置に記憶されているプログラムは、CPU、ROM、RAM、入出力インタフェースを協働させて、少なくとも周波数検出部 21、フィルタ部 22、出力指令部 (制御部) 23、および、下位通信部 24 として機能させるものである。

【0031】

周波数検出部 21 は、電力系統 40 における電力の周波数 (以下、単に「周波数」とも表記する。) を検出し、測定するものである。なお、周波数検出部 21 としては、周波数の瞬時値や、瞬時値の偏差を検出する公知のものを用いることができ、その形式等を特に限定するものではない。

10

【0032】

また、本実施形態では周波数検出部 21 が、建物設備 50 における電力系統 40 から需要設備 52 に至る交流母線 41 であって、蓄電池 G への充電および放電を制御する電力変換装置 51 への分岐点よりも電力系統 40 側の部分に配置されている例に適用して説明するが、電力の周波数を測定できる位置であればよく、その位置を特に限定するものではない。

【0033】

フィルタ部 22 は、周波数検出部 21 により測定された電力周波数のバラツキを除去するものである。なお、フィルタ部 22 としては、公知の方式や形式のものを用いることができ、特に限定するものではない。

20

【0034】

出力指令部 23 は、蓄電池 G の組に対して、検出された周波数、および、周波数 - 出力電力特性に関する情報に基づいて、充電および放電の制御を行うものである。制御の具体的な内容については後述する。

【0035】

下位通信部 24 は、上位制御装置 10 に設けられた第 2 通信部 14 との間で通信を行うものである。例えば、フィルタ部 22 から出力された周波数に関する情報を第 2 通信部 14 へ送信するものである。また、下位制御装置 20 から受信された制御の情報を出力指令部 23 へ出力するものである。

【0036】

30

次に、上記の構成からなる周波数制御システム 1 における制御内容について説明する。まず、本実施形態における電力系統 40 の周波数調整の制御内容について図 2 から図 4 を参照しながら説明する。

【0037】

図 3 に示すように、下位制御装置 20 の周波数検出部 21 は、交流母線 41 における周波数を検出して測定する。周波数検出部 21 から出力された周波数は、フィルタ部 22 に入力される。フィルタ部 22 は、周波数のバラツキを除去する処理を行い、処理後の周波数を出力指令部 23 へ出力する。

【0038】

出力指令部 23 は、入力された周波数に基づいて、電力系統 40 の周波数調整の制御を行う。具体的には、下位制御装置 20 には、図 4 に示す周波数 - 出力電力特性が予め記憶されており、出力指令部 23 は、当該周波数 - 出力電力特性に基づいて、電力変換装置 51 に対して蓄電池 G の充電および放電を行う制御を行う。

40

【0039】

図 4 において、 f_0 は、電力系統 40 (商用電力) の基準周波数である。日本の場合、50 Hz または 60 Hz が基準周波数となる。 P_0 は、蓄電池 G における出力の基準電力である。本実施形態では、基準電力 P_0 が 0 kW である例に適用して説明する。

【0040】

f_{TH} は、周波数におけるハイスайд (基準周波数よりも高い周波数側) の動作閾値であり、測定された周波数が f_{TH} 以上となると、蓄電池 G への充電を行う制御が開始され

50

る。 f_{TL} は、ローサイド（基準周波数よりも低い周波数側）の動作閾値であり、測定された周波数が f_{TL} 以下となると、蓄電池Gから放電を行う制御が開始される。

【0041】

f_{max} は、電力系統40における周波数変動が許容される最大の周波数である設定最大周波数である。 f_{min} は、周波数変動が許容される最小の周波数である設定最小周波数である。

【0042】

ここで、日本の東地域の場合には、基準周波数が $50 \pm 0.2 \text{ Hz}$ 以内であることから、 $f_{max} = 50.2 \text{ Hz}$ 、 $f_{min} = 49.8 \text{ Hz}$ であり、 $50.0 \text{ Hz} < f_{TH} \leq 50.2 \text{ Hz}$ 、 $49.8 \text{ Hz} < f_{TL} < 50.0 \text{ Hz}$ とすることが適当であると考えられる。

10

【0043】

また、 $f_{max} = f_{TL}$ 、 $f_{min} = f_{TL}$ を許容しているのは、特性に傾きを持たせないケースも想定しているためである。なお、北海道地域では基準周波数が $50 \pm 0.3 \text{ Hz}$ 以内、中西地域では、基準周波数が $60 \pm 0.3 \text{ Hz}$ 以内とされる。

【0044】

f_{His} は、周波数偏差に対するヒステリシス値であり、チャタリングを防止するために設けられるものである。 P_D は、蓄電池Gから放電される最大放電電力であり、 P_C は、蓄電池Gへ充電される最大充電電力である。 P_D 、 P_C は、具体的には電力変換装置の定格容量である。定格容量未満であれば、出力制限を行ってもよい。ここで、 f_{TL} から f_{TH} の間は、蓄電池Gへの充電や、蓄電池Gからの放電を行わない不感帯となる。

20

【0045】

出力指令部23が蓄電池Gの組に対して充電制御を行う場合、または、蓄電池Gの組に対して放電制御を行う場合には、次の演算処理が行われる。

下位制御装置20には、配分計算部12から出力された仮想蓄電池の周波数 - 出力電力特性に関する情報が予め記憶されている。出力指令部23は、仮想蓄電池の周波数 - 出力電力特性に関する情報に基づいて、蓄電池Gの組に対して充電制御を行う場合、または、蓄電池Gの組に対して放電制御を行う。

【0046】

ここで仮想蓄電池とは、蓄電池Gの組を1つの蓄電池と仮想的にみなしたものである。本実施形態では4つの蓄電池G、つまり蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4の組から仮想蓄電池が構成されている例に適用して説明する。

30

【0047】

上述の仮想蓄電池の周波数 - 出力電力特性に関する情報としては、図5に示すものを例示することができる。仮想蓄電池の出力は、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4の出力の合計値である。

【0048】

また、測定された周波数が基準周波数 f_0 である場合には、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4の出力は0kWに設定される。言い換えると、仮想蓄電池の出力も0kWに設定される。

40

【0049】

測定された周波数が基準周波数 f_0 から低周波数側へ離れるに伴い(f_{L1} , f_{L2} , f_{L3} , f_{L4} , f_{L5})、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4の放電電力の値が大きくなるように設定されている。言い換えると、仮想蓄電池の放電電力の値も大きくなるように設定されている。

【0050】

測定された周波数が基準周波数 f_0 から高周波数側へ離れるに伴い(f_{H1} , f_{H2} , f_{H3} , f_{H4} , f_{H5})、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4の充電電力の値が大きくなるように設定されている。言い換えると、仮想蓄電池の充電電力の値も大きくなるように設定されている。

50

【 0 0 5 1 】

本実施形態では、 f_{L1} 、 f_{L2} 、 f_{L3} 、 f_{L4} 、 f_{L5} を、動作閾値 f_{TL} から設定最小周波数 f_{min} までの間を5等分した周波数の値である例に適用して説明する。また、 f_{H1} 、 f_{H2} 、 f_{H3} 、 f_{H4} 、 f_{H5} を、動作閾値 f_{TH} から設定最大周波数 f_{max} までの間を5等分した周波数の値である例に適用して説明する。

【 0 0 5 2 】

仮想蓄電池を構成する蓄電池Gの組、および、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4におけるそれぞれの放電電力の値や、充電電力の値は、配分計算部12において求められる。

【 0 0 5 3 】

仮想蓄電池を構成する蓄電池Gの組や、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4におけるそれぞれの放電電力の値や、充電電力の値は、蓄電池G1、蓄電池G2、蓄電池G3、および、蓄電池G4のそれぞれの容量や用途に応じて任意に定めることができる。

【 0 0 5 4 】

次に、仮想蓄電池に対して要求される出力電力（放電電力）が増加した場合における制御の内容について図6を参照しながら説明する。図6において、横軸は時間（s）であり、縦軸は出力電力（kW）である。

【 0 0 5 5 】

図6の場合には、仮想蓄電池に対して要求される出力電力 P_R が約12kWであり、出力の要請がされてから約5秒後に電力の出力を開始し、約7秒経過した段階で出力が約12kWに至る要求（グラフR参照。）である例に適用して説明する。

【 0 0 5 6 】

仮想蓄電池に対して要求される出力電力 P_R や、出力の時間変化は、配分計算部12が電力系統40における電力の周波数に基づいて求めてもよいし、電力系統40の運用会社から指示されるものであってもよい。

【 0 0 5 7 】

配分計算部12は、仮想蓄電池に対して要求される出力電力 P_R や、出力の時間変化の情報が入力されると、仮想蓄電池を構成する蓄電池Gの組から放電される出力電力 I_M と、要求される出力電力のグラフRとの差 DF が小さくなるように、蓄電池Gの組のそれぞれに対して放電する電力の値を分配する演算処理を行う。

【 0 0 5 8 】

本実施形態では、配分計算部12は、放電電力を最も小さく設定した蓄電池G1に対して、出力要請から約1秒後に放電を開始し、約3秒後から約2kWの放電を継続して行う制御を行う。また、蓄電池G1よりも放電電力を大きく設定した蓄電池G2に対して、出力要請から約3秒後に放電を開始し、約5秒後から約4kWの放電を継続して行う制御を行う。さらに、蓄電池G3よりも放電電力を大きく設定した蓄電池Gに対して、出力要請から約5秒後に放電を開始し、約7秒後から約6kWの放電を継続して行う制御を行う。

【 0 0 5 9 】

上記の構成の周波数制御システム1によれば、蓄電池Gにおける制御指令に対する放電電力の時間変化であるスルーレートを表す情報に基づいて、放電する電力を変更する蓄電池Gを選択するため、スルーレートを表す情報に基づかない場合と比較して、出力される電力を制御しやすくなる。

【 0 0 6 0 】

放電する電力を変更するタイミングを、スルーレートを表す情報に基づいて制御することにより、スルーレートを表す情報に基づかない場合と比較して、電力系統40の周波数維持に求められる放電電力の時間変化に追従した制御をしやすくなる。

【 0 0 6 1 】

電力系統40の周波数調整のために要求される放電電力 R と、蓄電池Gの組から出力される電力との差 DF を小さくすることにより、蓄電池Gの組から出力される電力 I_M が過

10

20

30

40

50

剰になることを抑制しやすくなる。

【0062】

なお、上述の実施形態では、スルーレートを表す情報に基づいて、放電する電力に関する制御を行う例に適用して説明したが、放電する電力だけでなく、充電する電力に関する制御を行ってもよく、特に限定するものではない。

【0063】

〔第2の実施形態〕

次に、本発明の第2の実施形態に係る周波数制御システムについて図7から図11を参照して説明する。本実施形態の周波数制御システムの基本構成は、第1の実施形態と同様であるが、第1の実施形態とは、仮想蓄電池に対して要求される出力電力が変化した場合の制御が異なっている。よって、本実施形態においては、図7から図11を用いて上述の制御について説明し、構成やその他の制御等の説明を省略する。

10

【0064】

なお、本実施形態では、蓄電部として蓄電池を用いていた第1実施形態と異なり、蓄電部として蓄電池以外の蓄電装置を用いることができる。そこで、本実施形態では第1実施形態と異なり蓄電部を蓄電部Gと表記する。

【0065】

本実施形態に係る周波数システム1において、仮想蓄電部に対して要求される出力電力（放電電力）が増加した場合における制御の内容について図7から図11を参照しながら説明する。

20

【0066】

図7から図11において、横軸は時間（s）であり、縦軸は出力電力（kW）である。また、仮想蓄電池に対して要求される出力電力 P_R が約100kWであり、出力の要請がされてから（約0秒で）電力の出力を開始し、約10秒経過した段階で出力が約100kWに至る要求（グラフR参照。）である例に適用して説明する。

【0067】

仮想蓄電池に対して要求される出力電力 P_R や、出力の時間変化は、配分計算部12が電力系統40における電力の周波数に基づいて求めてもよいし、電力系統40の運用会社から指示されるものであってもよい。

【0068】

配分計算部12は、仮想蓄電部に対して要求される出力電力 P_R や、出力の時間変化の情報が入力されると、仮想蓄電部を構成する蓄電部Gの組から放電される出力電力IMと、要求される出力電力のグラフRとに基づいて、蓄電部Gの組のそれぞれに対して放電する電力の値を分配する演算処理を行う。

30

【0069】

例えば、仮想蓄電部である蓄電部Gの組のそれぞれの蓄電部Gにおけるスルーレートの能力の合計（仮想蓄電部における出力電力の時間変化の傾き）と、要求される出力電力 P_R の時間変化と、が一致する場合には、配分計算部12は、図7で説明される制御を行う。

【0070】

配分計算部12は、図7に示すように、蓄電部G1から約20kW、蓄電部G2から約30kW、および、蓄電部G3から50kWの放電を行う設定処理を行う。そして、出力要請を受けると、その直後（約0秒）から蓄電部G1、蓄電部G2、および、蓄電部G3からの放電を開始し、要求時間 T_R である約10秒後に、それぞれに設定された値の電力を放電する制御を行う。この時、仮想蓄電部から放電される電力のグラフIMと、要求される出力電力 P_R のグラフRとは、一致している。

40

【0071】

このようにすることにより、仮想蓄電部である蓄電部Gの組の合計出力と、要求される出力電力 P_R と、を一致させることができる。そのため、提供先である電力系統40の運用者（一般配送電事業者等）や、上位制御装置10よりも上位に位置するアグリゲータが

50

、電源計画を策定しやすくなる。

【 0 0 7 2 】

例えば、仮想蓄電部である蓄電部 G の組のそれぞれの蓄電部 G におけるスルーレートの能力が、要求される出力電力 P_R の時間変化よりも大きい場合には、配分計算部 1 2 は、図 8 で説明される制御を行う。

【 0 0 7 3 】

なお、上述のようなスルーレートの能力が高い蓄電部 G としては、鉛蓄電池や、リチウムイオン蓄電池や、フロー電池 (Flow Battery) 等の二次電池、および、ウルトラキャパシタ等を例示することができる。

【 0 0 7 4 】

配分計算部 1 2 は、蓄電部 G 1 から約 2 0 k W、蓄電部 G 2 から約 3 0 k W、および、蓄電部 G 3 から 5 0 k W の放電を行う設定処理を行う点については、図 7 で説明する制御と同様である。

【 0 0 7 5 】

そして、出力要請を受けると、その約 1 秒後から蓄電部 G 1、蓄電部 G 2、および、蓄電部 G 3 からの放電を開始して約 2 秒後まで放電電力を増加させる。約 2 秒後から約 3 秒後までは放電電力を一定に保つ制御を行う。その後、約 3 秒後から約 4 秒後までは再び放電電力を増加させる。これを約 1 0 秒後まで繰り返し行う。

【 0 0 7 6 】

この時、仮想蓄電部から放電される電力のグラフ I M は、放電電力が増える区間と、放電電力が一定の区間が繰り返し現れるステップ状 (階段状) のグラフとなる。また、グラフ I M は、要求される出力電力 P_R のグラフ R を上回らないように制御される。

【 0 0 7 7 】

このようにすることにより、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力と、要求される出力電力 P_R と、を近づけやすくなる。そのため、提供先である電力系統 4 0 の運用者 (一般配送電事業者等) や、上位制御装置 1 0 よりも上位に位置するアグリゲータが、電源計画を策定しやすくなる。

【 0 0 7 8 】

例えば、仮想蓄電部である蓄電部 G の組のそれぞれの蓄電部 G におけるスルーレートの能力が、要求される出力電力 P_R の時間変化よりも大きい場合には、配分計算部 1 2 は、図 8 で説明される制御の代わりに、図 9 で説明される制御を行ってもよい。

【 0 0 7 9 】

配分計算部 1 2 は、蓄電部 G 1 から約 2 0 k W、蓄電部 G 2 から約 3 0 k W、および、蓄電部 G 3 から 5 0 k W の放電を行う設定処理を行う点については、図 7 で説明する制御と同様である。

【 0 0 8 0 】

そして、出力要請を受けると、蓄電部 G 1 に対して直後 (約 0 秒後) から放電を開始して、約 5 秒後に約 2 0 k W まで放電電力を増加させる制御を行う。また、蓄電部 G 2 に対して直後 (約 0 秒後) から放電を開始して、約 6 秒後に約 3 0 k W まで放電電力を増加させる制御を行う。更に、蓄電部 G 3 に対して、直後 (約 0 秒後) から放電を開始して、約 5 秒後に約 5 0 k W まで放電電力を増加させる制御を行う。

【 0 0 8 1 】

この時、仮想蓄電部から放電される電力のグラフ I M は、約 0 秒後から約 5 秒後までの放電電力が増加する傾きと、約 5 秒後から約 6 秒後まで放電電力が増加する傾きが異なる (後者は前者よりも傾きが小さい)。また、グラフ I M は、要求される出力電力 P_R のグラフ R を上回ることが許容されている。

【 0 0 8 2 】

このようにすることにより、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力が、要求時間 T_R よりも早いタイミングで要求される出力電力 P_R に到達する。そのため、仮想蓄電部の出力不足が抑制でき、電力系統 4 0 の周波数調整を確実にしやすくなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

また、周波数調整の制御を行っている際に、蓄電部 G の組の何れかの蓄電部 G が故障等で脱落した（充電または放電が行えなくなった）場合に、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力、要求される出力電力 P_R を下回ることを回避しやすくなる。

【 0 0 8 4 】

具体的には、蓄電部 G の出力電力は、起動から目標値到達まで所定の時間が必要となる。一の蓄電池 G において起動から目標値到達までの間（例えば出力要請から 8 秒後）に、一の蓄電池 G に不具合が発生して脱落した場合に、他の蓄電池 G に切り替えることにより、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力、要求される出力電力 P_R を下回ることを回避しやすくなる。

10

【 0 0 8 5 】

言い換えると、要求される出力電力 P_R に対して、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力が過剰になり損失が多くなるが、当該合計出力が出力電力 P_R よりも下回ることを回避しやすくなる。

【 0 0 8 6 】

例えば、仮想蓄電部である蓄電部 G の組のそれぞれの蓄電部 G におけるスルーレートの能力の合計（仮想蓄電部における出力電力の時間変化の傾き）が、要求される出力電力 P_R の時間変化よりも大きい場合には、配分計算部 12 は、図 8 で説明される制御の代わりに、図 10 で説明される制御を行ってもよい。

【 0 0 8 7 】

配分計算部 12 は、蓄電部 G 1 から約 20 kW、蓄電部 G 2 から約 30 kW、および、蓄電部 G 3 から 50 kW の放電を行う設定処理を行う点については、図 7 で説明する制御と同様である。

20

【 0 0 8 8 】

そして、出力要請を受けると、蓄電部 G 1 に対して約 5 秒後から放電を開始して、約 10 秒後に約 20 kW まで放電電力を増加させる制御を行う。また、蓄電部 G 2 に対して約 4 秒後から放電を開始して、約 10 秒後に約 30 kW まで放電電力を増加させる制御を行う。更に、蓄電部 G 3 に対して、約 5 秒後から放電を開始して、約 10 秒後に約 50 kW まで放電電力を増加させる制御を行う。

【 0 0 8 9 】

この時、仮想蓄電部から放電される電力のグラフ IM は、出力要請を受けてから約 4 秒までの待機期間が設けられる。更に、約 4 秒後から約 5 秒後までの放電電力が増加する傾きと、約 5 秒後から約 10 秒後まで放電電力が増加する傾きが異なる（前者は後者よりも傾きが小さい）。また、グラフ IM は、要求される出力電力 P_R のグラフ R を上回らないように制御されている。

30

【 0 0 9 0 】

このようにすることにより、仮想蓄電部である蓄電部 G の組のそれぞれに対して待機時間を設け、要求時間 T_R に、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力が出力電力 P_R に到達する。そのため、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力が出力電力 P_R を満たしつつ、仮想蓄電部である蓄電部 G の組の合計出力を必要最小限の出力とすることができ、損失の低減を図りやすくなる。

40

【 0 0 9 1 】

また、図 9 に示す制御と異なり、グラフ IM は、待機期間を設けて、要求される出力電力 P_R のグラフ R を上回らないように制御されているため、仮想蓄電部における電力損失を低減しやすくなる。

【 0 0 9 2 】

例えば、仮想蓄電部である蓄電部 G の組に属する蓄電部 G 1 におけるスルーレートの能力が小さい場合には、配分計算部 12 は、図 11 で説明される制御を行ってもよい。

なお、上述のようなスルーレートの能力が小さい蓄電部 G 1 としては、ディーゼルエンジンやガスタービンなどの内燃機関により駆動されて発電を行う内燃力発電や、揚水発電

50

等を例示することができる。

【 0 0 9 3 】

配分計算部 1 2 は、蓄電部 G 1 から約 2 0 k W、蓄電部 G 2 から約 3 0 k W、および、蓄電部 G 3 から 5 0 k W の放電を行う設定処理を行う点については、図 7 で説明する制御と同様である。

【 0 0 9 4 】

蓄電部 G 1 に対しては、出力要請を受けるまえから約 2 0 k W の放電を行う制御が行われる。また、蓄電部 G 2 に対しては、約 4 秒後から放電を開始して、約 1 0 秒後に約 3 0 k W まで放電電力を増加させる制御を行う。更に、蓄電部 G 3 に対しては、約 5 秒後から放電を開始して、約 1 0 秒後に約 5 0 k W まで放電電力を増加させる制御を行う。

10

【 0 0 9 5 】

この時、仮想蓄電部から放電される電力のグラフ I M は、出力要請を受けるまえから約 2 0 k W の放電が行われていることを示している。また、約 4 秒後から約 5 秒後までの放電電力が増加する傾きと、約 5 秒後から約 1 0 秒後まで放電電力が増加する傾きが異なる（前者は後者よりも傾きが小さい）。

【 0 0 9 6 】

また、蓄電部 G 1 は、発電を行う際のコストが、スルーレートの能力が高いものと比較して一般的に安い。そのため、電力系統 4 0 の周波数調整を行う費用の増加を抑制しやすい。

【 0 0 9 7 】

なお、本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば、本発明を上記の実施形態に適用したものに限られることなく、これらの実施形態を適宜組み合わせた実施形態に適用してもよく、特に限定するものではない。

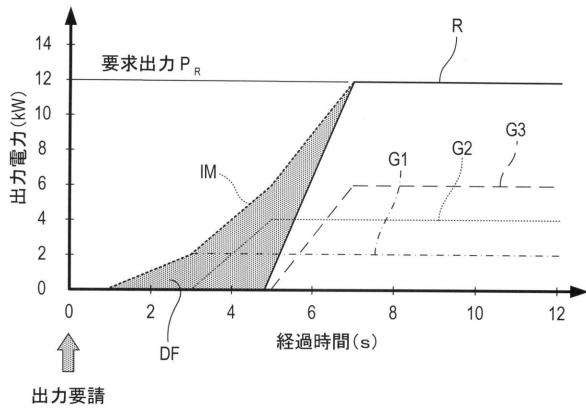
20

【 符号の説明 】

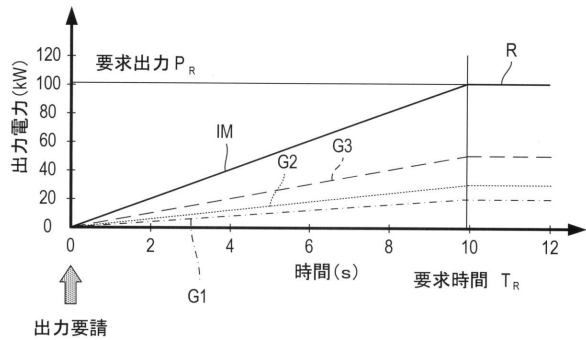
【 0 0 9 8 】

1 周波数制御システム、 1 1 リソース管理部、 2 1 周波数検出部、 2 3 出力指令部（制御部）、 1 2 配分計算部、 4 0 電力系統、 G 蓄電池（蓄電部）、蓄電部

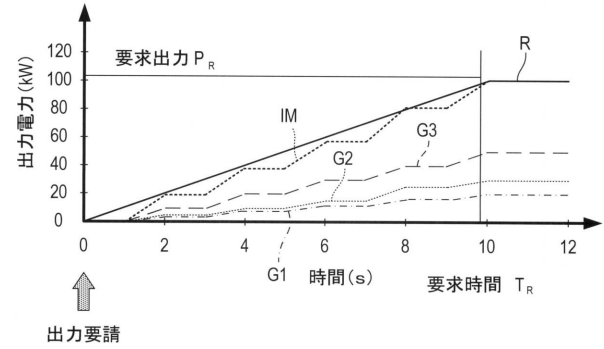
【図 6】



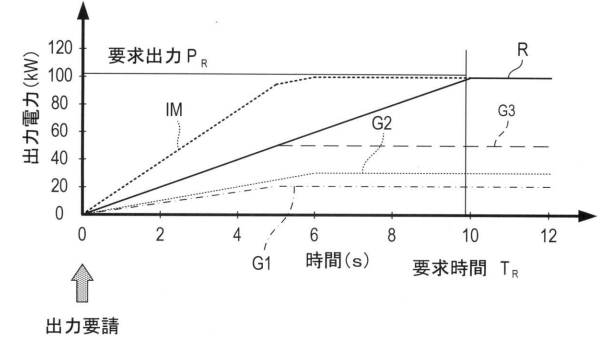
【図 7】



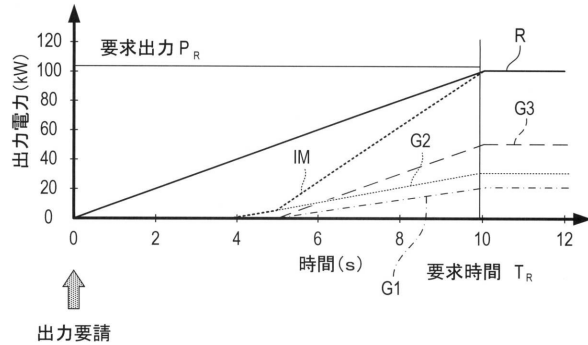
【図 8】



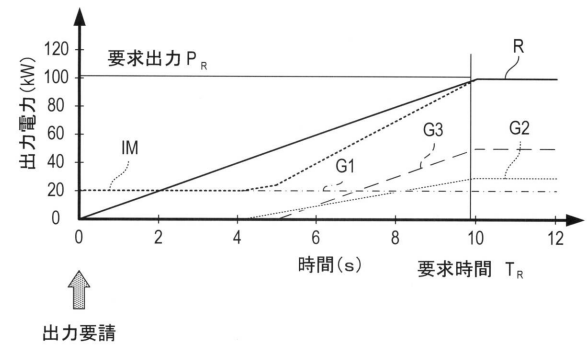
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 武田 隆

東京都港区芝浦三丁目４番１号 株式会社ＮＴＴファシリティーズ内

(72)発明者 馬場▲崎▼ 忠利

東京都港区芝浦三丁目４番１号 株式会社ＮＴＴファシリティーズ内

Fターム(参考) 5G064 AA01 AC05 AC08 BA07 CB10 CB16 DA01

5G066 AA05 AE09 HA15 HB09 JA01 JB03