

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6830598号
(P6830598)

(45) 発行日 令和3年2月17日(2021.2.17)

(24) 登録日 令和3年1月29日(2021.1.29)

(51) Int. Cl.	F 1
HO2J 3/46 (2006.01)	HO2J 3/46
HO2J 3/28 (2006.01)	HO2J 3/28
HO2J 3/38 (2006.01)	HO2J 3/38 120
	HO2J 3/38 130
	HO2J 3/38 160
	請求項の数 4 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-27051 (P2017-27051)	(73) 特許権者	000002299
(22) 出願日	平成29年2月16日(2017.2.16)		清水建設株式会社
(65) 公開番号	特開2018-133939 (P2018-133939A)		東京都中央区京橋二丁目16番1号
(43) 公開日	平成30年8月23日(2018.8.23)	(73) 特許権者	301021533
審査請求日	令和1年11月19日(2019.11.19)		国立研究開発法人産業技術総合研究所
			東京都千代田区霞が関1-3-1
		(74) 代理人	100149548
			弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100161207
			弁理士 西澤 和純
		(74) 代理人	100146835
			弁理士 佐伯 義文
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力供給システムおよび電力供給システムの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

再生可能エネルギーの余剰電力を蓄電し、蓄電した蓄電量を用いて放電電力として出力する蓄電池と、

前記余剰電力および前記放電電力を用いて水素を製造する水素製造装置と、

前記水素製造装置によって製造された水素を貯蔵する水素貯蔵装置と、

前記水素貯蔵装置の水素を利用して発電し、発電した発電電力を需要家負荷に供給する燃料電池と、

前記蓄電池の充電電力、前記蓄電池の放電電力、前記水素製造装置の消費電力、前記燃料電池の発電電力および買電電力について、

前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測と前記需要家負荷の電力需要予測との差分から各時刻の余剰電力を求め、前記需要家負荷の電力需要予測と前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測との差分から各時刻の不足電力を求め、

前記余剰電力と前記蓄電池の放電電力との加算結果と、前記蓄電池の充電電力と前記水素製造装置の消費電力との加算結果と、の差分が予め設定された第1閾値 P_{th1} 内を満たし、

前記不足電力と前記蓄電池の充電電力との加算結果と、前記蓄電池の放電電力と前記燃料電池の燃料電池電力と前記買電電力との加算結果と、の差分が予め設定された第2閾値 P_{th2} 内を満たし、

自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記蓄電池の蓄電量と、自制御装置

が所定時刻 (t) より以前の時刻 (t - 1) において制御した前記蓄電池の蓄電量と前記蓄電池の充電電力とを加算し加算結果から前記蓄電池の放電電力を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第 3 閾値 P t h 3 内を満たす、という第 1 の所定条件が成り立つようにし、

自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記水素製造装置の水素貯蔵量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 (t - 1) において制御した前記水素製造装置の水素貯蔵量と前記水素製造装置の水素製造量とを加算し加算結果から前記燃料電池の水素消費量を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第 4 閾値 H t h 4 内を満たすという第 2 の所定条件が成り立つようにし、

前記第 1 の所定条件および前記第 2 の所定条件が成り立つ範囲内で、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を決定する制御装置と、を備える電力供給システム。

【請求項 2】

前記制御装置は、

前記第 1 の所定条件および前記第 2 の所定条件が成り立つ範囲内で、

前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々について所定の評価項目における評価値が最小となる場合に、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を決定する、

請求項 1 に記載の電力供給システム。

【請求項 3】

前記制御装置は、

前記需要家負荷の熱負荷予測と、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の運転温度に対する出力処理に必要なとなる熱量である処理熱量との合計が、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の運転温度に対する出力処理において実際に製造される熱量である熱製造量と同量となるような条件が成り立つようにする、

請求項 1 または請求項 2 に記載の電力供給システム。

【請求項 4】

蓄電池が、再生可能エネルギーの余剰電力を蓄電し、蓄電した蓄電量を用いて放電電力として出力する放電電力工程と、

水素製造装置が、前記余剰電力および前記放電電力を用いて水素を製造する水素製造工程と、

水素貯蔵装置が、前記水素製造装置によって製造された水素を貯蔵し、貯蔵された水素を放出する水素放出工程と、

燃料電池が、前記水素貯蔵装置が放出する水素を利用して発電し、発電した電力を需要家負荷に供給する電力供給工程と、

制御装置が、

前記蓄電池の充電電力、前記蓄電池の放電電力、前記水素製造装置の消費電力、前記燃料電池の発電電力および買電電力について、

前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測と前記需要家負荷の電力需要予測との差分から各時刻の余剰電力を求め、前記需要家負荷の電力需要予測と前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測との差分から各時刻の不足電力を求め、

前記余剰電力と前記蓄電池の放電電力との加算結果と、前記蓄電池の充電電力と前記水素製造装置の消費電力との加算結果と、の差分が予め設定された第 1 閾値 P t h 1 内を満たし、

前記不足電力と前記蓄電池の充電電力との加算結果と、前記蓄電池の放電電力と前記燃料電池の燃料電池電力と前記買電電力との加算結果と、の差分が予め設定された第 2 閾値 P t h 2 内を満たし、

自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記蓄電池の蓄電量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 (t - 1) において制御した前記蓄電池の蓄電量と前記

10

20

30

40

50

蓄電池の充電電力とを加算し加算結果から前記蓄電池の放電電力を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第3閾値 P_{th3} 内を満たす、という第1の所定条件が成り立つようにし、

自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記水素製造装置の水素貯蔵量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 ($t-1$) において制御した前記水素製造装置の水素貯蔵量と前記水素製造装置の水素製造量とを加算し加算結果から前記燃料電池の水素消費量を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第4閾値 H_{th4} 内を満たすという第2の所定条件が成り立つようにし、前記第1の所定条件および前記第2の所定条件が成り立つ範囲内で、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を決定する制御工程と、

を備える電力供給システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力供給システムおよび電力供給システムの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、水素を日常の生活や産業活動で再生可能エネルギーとして利用・活用する「水素社会」の実現に向け取り組みを加速することが定められ、国や東京都では2020年東京五輪での水素エネルギー技術の積極活用、その後の水素社会普及に向けた動きが活発化している。

2012年7月の再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT; Feed-In Tariff) の導入は、非住宅用の太陽光発電市場 (公共・産業分野) を大きく変えることとなった。JPEA PV OUTLOOK 2030によると、太陽光発電設備の国内総出荷に占める非住宅用の割合は、2012年度で (国内総出荷量 3.8 GW に対し) 50%、2013年度で (同 8.4 GW に対し) 73%、2014年度上半期で (上期国内総出荷量 4.3 GW に対し) 77% と大幅に伸張している。

【0003】

太陽光発電の大量の設備認定量に伴い、それらが全て稼動した場合、電力需要の小さい軽負荷期に太陽光発電の供給電力量が需要電力量を上回る懸念が出てきたため、指定電気事業者において「無制限・無補償の出力抑制」を条件として系統接続を行うこととなった。今後、更なる太陽光発電による系統接続への出力量の増加に伴い、電力需給調整を目的とした出力抑制実施は現実のものとなりつつある。

【0004】

このような社会背景から、出力抑制に伴う余剰電力の発生量、頻度ともに増加が予想され、再生可能エネルギーの余剰電力を利用して一旦、水素を製造し、例えば電力需要が増加した際に必要に応じて貯蔵しておいた水素を再度、エネルギーとして電力に変換して街区内で活用する技術が注目されている。

電力を使用して水素を製造・貯蔵・利用 (発電) するシステムとしては、例えば特許文献1に記載の電力供給システムがある。特許文献1に記載の電力供給システムは、電力系統に連系された需要家に水素製造装置、水素貯蔵装置、燃料電池、負荷モニタ装置、監視制御装置を設け、需要予測、負荷変動に基づき水素を製造・貯蔵・利用するシステムである。

【0005】

建物に附帯した水素エネルギー利用システム (電力供給システム) は、建物に設置される太陽光発電などの再生可能エネルギーの余剰電力を効率的に利用して水素を製造する。そして、例えば、難燃性の水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵タンク等で安全かつコンパクトに製造した水素を貯蔵する。この貯蔵した水素を必要に応じて燃料電池コージェネレーションにより電力ならびに熱等のエネルギーに変換し、蓄電池や蓄熱システム及びその他建築設備と組み合わせて効率的なエネルギーマネジメントを実施する。その結果、ZEB (

10

20

30

40

50

Zero Energy Building) 実現の重要な手段になると共に事業継続計画 (Business Continuity Plan: B C P) の向上が期待できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2003-061251号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した電力供給システムを適切に稼働するためには、太陽光発電などの再生可能エネルギーの余剰電力の発生ならびに電力、また建物の電力需要等の様々な予測制御が不可欠である。

10

つまり、電力供給システムでは、時々刻々変化する再生可能エネルギーの価値を判断して、需要と供給のバランスを見てエネルギー変換の按分を適切に決定し、各設備の連携制御を行う必要が求められている。

【0008】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、再生可能エネルギーを高効率に運用することが可能となる電力供給システムおよび電力供給システムの制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明の電力供給システムは、再生可能エネルギーの余剰電力を蓄電し、蓄電した蓄電量を用いて放電電力として出力する蓄電池と、前記余剰電力および前記放電電力を用いて水素を製造する水素製造装置と、前記水素製造装置によって製造された水素を貯蔵する水素貯蔵装置と、前記水素貯蔵装置の水素を利用して発電し、発電した発電電力を需要家負荷に供給する燃料電池と、前記蓄電池の充電電力、前記蓄電池の放電電力、前記水素製造装置の消費電力、前記燃料電池の発電電力および買電電力について、前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測と前記需要家負荷の電力需要予測との差分から各時刻の余剰電力を求め、前記需要家負荷の電力需要予測と前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測との差分から各時刻の不足電力を求め、前記余剰電力と前記蓄電池の放電電力との加算結果と、前記蓄電池の充電電力と前記水素製造装置の消費電力との加算結果と、の差分が予め設定された第1閾値 P_{th1} 内を満たし、前記不足電力と前記蓄電池の充電電力との加算結果と、前記蓄電池の放電電力と前記燃料電池の燃料電池電力と前記買電電力との加算結果と、の差分が予め設定された第2閾値 P_{th2} 内を満たし、自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記蓄電池の蓄電量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 ($t-1$) において制御した前記蓄電池の蓄電量と前記蓄電池の充電電力とを加算し加算結果から前記蓄電池の放電電力を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第3閾値 P_{th3} 内を満たす、という第1の所定条件が成り立つようにし、自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記水素製造装置の水素貯蔵量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 ($t-1$) において制御した前記水素製造装置の水素貯蔵量と前記水素製造装置の水素製造量とを加算し加算結果から前記燃料電池の水素消費量を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第4閾値 H_{th4} 内を満たすという第2の所定条件が成り立つようにし、前記第1の所定条件および前記第2の所定条件が成り立つ範囲内で、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を決定する制御装置と、を備える。

30

40

【0010】

また、本発明の電力供給システムにおいて、前記制御装置は、前記第1の所定条件および前記第2の所定条件が成り立つ範囲内で、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々について所定の評価項目における評価値が最小となる場合に、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を

50

決定する。

【0012】

また、本発明の電力供給システムにおいて、前記制御装置は、前記需要家負荷の熱負荷予測と、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の運転温度に対する出力処理に必要となる熱量である処理熱量との合計が、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の運転温度に対する出力処理において実際に製造される熱量である熱製造量と同量となるような条件が成り立つようにする。

【0013】

また、本発明の電力供給システムの制御方法は、蓄電池が、再生可能エネルギーの余剰電力を蓄電し、蓄電した蓄電量を用いて放電電力として出力する放電電力工程と、水素製造装置が、前記余剰電力および前記放電電力を用いて水素を製造する水素製造工程と、水素貯蔵装置が、前記水素製造装置によって製造された水素を貯蔵し、貯蔵された水素を放出する水素放出工程と、燃料電池が、前記水素貯蔵装置が放出する水素を利用して発電し、発電した電力を需要家負荷に供給する電力供給工程と、制御装置が、前記蓄電池の充電電力、前記蓄電池の放電電力、前記水素製造装置の消費電力、前記燃料電池の発電電力および買電電力について、前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測と前記需要家負荷の電力需要予測との差分から各時刻の余剰電力を求め、前記需要家負荷の電力需要予測と前記再生可能エネルギーに基づく発電出力予測との差分から各時刻の不足電力を求め、前記余剰電力と前記蓄電池の放電電力との加算結果と、前記蓄電池の充電電力と前記水素製造装置の消費電力との加算結果と、の差分が予め設定された第1閾値 P_{th1} 内を満たし、前記不足電力と前記蓄電池の充電電力との加算結果と、前記蓄電池の放電電力と前記燃料電池の燃料電池電力と前記買電電力との加算結果と、の差分が予め設定された第2閾値 P_{th2} 内を満たし、自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記蓄電池の蓄電量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 ($t-1$) において制御した前記蓄電池の蓄電量と前記蓄電池の充電電力とを加算し加算結果から前記蓄電池の放電電力を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第3閾値 P_{th3} 内を満たす、という第1の所定条件が成り立つようにし、自制御装置がある所定時刻 (t) において制御する前記水素製造装置の水素貯蔵量と、自制御装置が所定時刻 (t) より以前の時刻 ($t-1$) において制御した前記水素製造装置の水素貯蔵量と前記水素製造装置の水素製造量とを加算し加算結果から前記燃料電池の水素消費量を差し引いた減算結果と、の差分が予め設定された第4閾値 H_{th4} 内を満たすという第2の所定条件が成り立つようにし、前記第1の所定条件および前記第2の所定条件が成り立つ範囲内で、前記蓄電池、前記水素製造装置、前記水素貯蔵装置および前記燃料電池各々の出力を決定する制御工程と、を備える。

【発明の効果】

【0014】

本発明では、制御装置が、エネルギー変換効率を考慮することで、各時刻における最適なエネルギー貯蔵方法が選択されるので、再生可能エネルギーを高効率に運用することが可能となる電力供給システムおよび電力供給システムの制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本実施形態における電力供給システム100の設備構成とエネルギーフローを示す図である。

【図2】図1における電力供給システム100のBEMS10の構成を示す図である。

【図3】制御装置が行う制御ロジックを説明するための図である。

【図4】水素製造装置の水素製造効率を示す図である。

【図5】電力供給システムの制御装置の他の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

(本発明の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。

図1は、電力供給システム100の設備構成とエネルギーフローを示す図である。図1においては、第一ラインが太陽光発電の発電電力を建物に直接供給するルート、第二ラインが余剰電力を一旦、蓄電池1に貯めて必要に応じた電力を建物50に供給するルート、第三ラインが余剰電力で水素を製造して一旦吸蔵合金タンク3に貯蔵し、再度電気に変換して建物50に供給するルートを示している。

図1において、PV(PhotoVoltaics;太陽光発電)30は、再生可能エネルギーを需要家負荷である建物50に供給する再生可能エネルギー電源であり、再生可能エネルギーのうちの余剰電力を第2ラインにおける蓄電池1、第3ラインにおける直流電源5に対してPCS(Power Conditioning System;パワーコンディショナー)31を介して出力する。なお、本実施形態において、再生可能エネルギー電源としてPV30を用いているが、再生可能エネルギー電源として風力発電等を用いて再生可能エネルギーを発生させてもよい。

10

【 0 0 1 7 】

水素製造装置2は、PV30が出力する余剰電力(蓄電池充電電力P3、水素製造電力P4)のうち、蓄電池充電電力P3に対応する蓄電池放電電力P3と水素製造電力P4とを直流電源5で受電し、その受電した電力を用いて水素を製造する。

吸蔵合金タンク(水素貯蔵装置)3は、水素貯蔵媒体として水素吸蔵合金を用いており、水素製造装置2によって製造された水素を、水素吸蔵合金に吸蔵させることで貯蔵する。また、吸蔵合金タンク3は、水素吸蔵合金に吸蔵されている水素を水素エネルギーとして用いる場合、水素吸蔵合金に貯蔵された水素を例えば加熱されることで放出する。

20

燃料電池4は、吸蔵合金タンク3が放出する水素を利用して発電し、発電した電力(燃料電池発電電力P4)を建物50に供給する。

なお、図1はエネルギーの流れを示したものであり、設備構成のつながりと必ずしも一致している訳ではない。

ここで、エネルギー変換を伴う第二、第三ラインを経由すると、エネルギー利用効率が低下してしまう。そのため、第二、第三ラインを経由させる再生可能エネルギーは、建物で直接消費できず、且つ電力会社等にも売電できない「価値の低い」エネルギーであるが、必要な際に利用できるように、一旦水素に変換して貯蔵しておくことが重要である。

30

そこで、本実施形態の電力供給システム100では、システム制御の要として、スマートBEMS(Building Energy Management System)10により、時々刻々変化する再生可能エネルギーの価値を判断して、需要と供給のバランスを見てエネルギー変換の按分(比例配分)を適切に決定し、各設備の連携制御を行っている。

【 0 0 1 8 】

図2は、図1における電力供給システム100のBEMS10(以下、制御装置10ということもある)の構成を示す図である。

電力供給システム100では、図2に示す再生可能エネルギーの余剰電力を利用した水素製造/利用の制御を含む制御機能を具備した制御装置10を導入することにより、建物のZEB化を実現する。

40

図2に示す制御装置10は、判断・予測部11、制御部12およびデータベース13を含んで構成される。

図1に示す電力会社が有する系統電力20からの買電電力P1を、図2においては、買電電力Pgridで示している。また、図1に示す蓄電池充電電力P3、蓄電池放電電力P3を、図2においては、それぞれ放電電力Pdischarge、充電電力Pchargeで示している。また、図1に示すPV30の出力電力をPCS31により電力を変換した変換後の電力を、図2においては、太陽光発電電力Spvで示している。

制御装置10における判断・予測部11は、建物50(需要家負荷)の実際の電力需要量Sloadのモニタリングを行い、買電電力Pgridおよび太陽光発電電力Spvに基づいて、

50

図 1 に示す太陽光発電直接利用電力 P_2 を第 1 ラインに流すか否か、或いは余剰分の電力（余剰電力）を、蓄電池 1 の蓄電池充電電力 P_3 として蓄電池 1 に供給するか否か、水素製造電力 P_4 として直流電源 5 を介して水素製造装置 2 に供給するか否かの判断を行っている。

また、判断・予測部 11 は、天気予報の情報から、太陽光発電出力予測 P_{pv} （再生可能エネルギーの予測）と建物 50 の電力需要予測 P_{load} （需要家負荷に供給する電力需要予測）の予測を行っている。

【0019】

制御装置 10 における制御部 12 は、詳細は後述するが、各時刻における、蓄電池 1 の電力（放電電力 $P_{discharge}$ 、充電電力 P_{charge} 、蓄電量 $P_{e-storage}$ ）を制御し、水素製造装置 2 の水素製造装置消費電力 P_{ely} を制御し、燃料電池 4 の燃料電池電力 P_{fc} を制御する。また、制御部 12 は、各時刻における、水素製造装置 2 の水素製造量 $H-product$ 、吸蔵合金タンク 3 の水素貯蔵量 $H-storage$ 、燃料電池 4 の水素消費量 $H-consumption$ を制御する。

制御装置 10 におけるデータベース 13 は、各設備（蓄電池 1、水素製造装置 2、吸蔵合金タンク 3、燃料電池 4）のエネルギー変換に伴う出力効率の実績データを内蔵している。

【0020】

図 3 は、制御装置 10 が行う制御ロジックを説明するための図である。以下、図 3 に示す典型的なシステム運用例（2 日間、48 時間を示す）に基づいて、制御ロジックの考え方を説明する。

（1）基本的に建物 50 は電力会社から買電する。この買電する買電電力 P_1 の大きさは、第一、第二ならびに第三ラインからの建物 50 への電力供給合計値に応じて時々刻々と変化する。

（2）太陽光発電（ P_{V30} ）による電力（太陽光発電電力 S_{pv} ）のうち、建物 50 の電力需要（電力需要量 S_{load} ）を満たす分は第一ライン経由で建物 50 に直接供給される。

（3）太陽光発電による電力（太陽光発電電力 S_{pv} ）と建物に直接供給された電力（電力需要量 S_{load} ）との差分（余剰電力）のうち変動分（一定の値でない部分）を、応答特性の速い蓄電池 1 を介した充放電（蓄電池充電電力 P_3 、蓄電池放電電力 P_3'' ）によって変動成分を平滑化する。

（4）その結果として、太陽光発電による電力（太陽光発電電力 S_{pv} ）と建物に直接供給された電力（電力需要量 S_{load} ）との差分（余剰電力）のうち一定値の電力 P_4 を直流電源 5、水素製造装置 2 による水素製造に供給する。この理由は、水電解装置（水素製造装置 2）への入力電流が大きく変動すると装置の耐久性ならびに電解効率に悪影響を及ぼすと考えられるためである。

水素製造装置 2 により製造された水素は水素吸蔵合金を用いたタンク等（例えば吸蔵合金タンク 3）で貯蔵する。太陽光発電出力（太陽光発電電力 S_{pv} ）が得られない、雨や曇りのとき、あるいは夕方以降に、建物 50 の電力需要（電力需要量 S_{load} ）に合わせて燃料電池 4 により燃料電池発電電力 P_4'' を発電する。

【0021】

以下、具体的に制御装置 10 の制御部 12 による各設備（蓄電池 1、水素製造装置 2、吸蔵合金タンク 3、燃料電池 4）からの出力についての制御方法を詳述する。

（手順 1）制御装置 10 の制御部 12 は、下記式（1）に示す太陽光発電出力予測 P_{pv} と建物 50 の電力需要予測 P_{load} との差分から各時刻の余剰電力 $P_{surplus}$ を、下記式（2）に示す建物 50 の電力需要予測 P_{load} と太陽光発電出力予測 P_{pv} との差分から各時刻の不足電力 $P_{shortage}$ を、それぞれ算出する。

$$P_{surplus} = \max(P_{pv} - P_{load}, 0) \dots (1)$$

$$P_{shortage} = \max(P_{load} - P_{pv}, 0) \dots (2)$$

すなわち、制御装置 10 の制御部 12 は、太陽光発電出力予測 P_{pv} と建物 50 の電力需要予測 P_{load} との差分に基づいて余剰電力 $P_{surplus}$ および不足電力 $P_{shortage}$ を算出す

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 2 2 】

(手順 2) 制御装置 10 の制御部 12 は、手順 1 で求めた余剰電力 $P_{surplus}$ および不足電力 $P_{shortage}$ に対し、各時刻における蓄電池電力 (放電電力 $P_{discharge}$ 、充電電力 P_{charge} 、蓄電量 $P_{e-storage}$)、水素製造装置消費電力 P_{ely} 、燃料電池電力 P_{fc} 、買電電力 P_{grid} を、以下の式 (3) ~ (5) で示される条件 (第 1 の所定条件) が成り立つようにする。

$$P_{surplus} + P_{discharge} = P_{charge} + P_{ely} \dots (3)$$

$$P_{shortage} + P_{charge} = P_{discharge} + P_{fc} + P_{grid} \dots (4)$$

$$P_{e-storage}(t) = P_{e-storage}(t-1) + P_{charge} - P_{discharge} \dots (5)$$

すなわち、制御装置 10 の制御部 12 は、(手順 1) において算出した余剰電力 $P_{surplus}$ および不足電力 $P_{shortage}$ に基づいて放電電力 $P_{discharge}$ 、充電電力 P_{charge} 、蓄電量 $P_{e-storage}$ (蓄電池の電力)、水素製造装置消費電力 P_{ely} (水素製造装置の消費電力)、燃料電池電力 P_{fc} (燃料電池の電力) および買電電力 P_{grid} について第 1 の所定条件が成り立つようにする。

ここで、第 1 の所定条件が成り立つようにするとは、式 (3) から式 (5) それぞれについて、次に述べるような判定結果を満たすことを意味する。

式 (3) については、余剰電力 $P_{surplus}$ と放電電力 $P_{discharge}$ との加算結果と、充電電力 P_{charge} と水素製造装置消費電力 P_{ely} との加算結果と、の差分 (減算結果) が予め設定された第 1 閾値 P_{th1} 内を満たす。

式 (4) については、不足電力 $P_{shortage}$ と充電電力 P_{charge} との加算結果と、放電電力 $P_{discharge}$ と燃料電池電力 P_{fc} と買電電力 P_{grid} との加算結果と、の差分 (減算結果) が予め設定された第 2 閾値 P_{th2} 内を満たす。

式 (5) については、制御部 12 がある所定時刻 (t) において制御する蓄電量 $P_{e-storage}(t)$ と、制御部 12 が所定時刻 t より以前の時刻 (t - 1) において制御した蓄電量 $P_{e-storage}(t - 1)$ と充電電力 P_{charge} とを加算し、加算結果から放電電力 $P_{discharge}$ を差し引いた減算結果と、の差分 (減算結果) が予め設定された第 3 閾値 P_{th3} 内を満たす。

すなわち、第 1 の所定条件が成り立つようにするとは、式 (3) ~ (5) における左辺の演算結果から右辺による演算結果の差分 (減算結果) が、それぞれの式において第 1 閾値 P_{th1} 内、第 2 閾値 P_{th2} 内、第 3 閾値 P_{th3} 内を満たすことを意味する。

【 0 0 2 3 】

(手順 3) 制御装置 10 の制御部 12 は、また、各時刻の水素製造量 $H_{-product}$ 、水素消費量 $H_{-consumption}$ 、水素貯蔵量 $H_{-storage}$ に対しては以下の関係を表す式 (6) で示される条件 (第 2 の所定条件) が成り立つようにする。

$$H_{-storage}(t) = H_{-storage}(t-1) + H_{-product} - H_{-consumption} \dots (6)$$

すなわち、制御装置 10 の制御部 12 は、水素製造装置 2 の水素製造量 $H_{-product}$ 、吸蔵合金タンク 3 の水素貯蔵量 $H_{-storage}$ (水素貯蔵装置の水素貯蔵量) および燃料電池 4 の水素消費量 $H_{-consumption}$ について第 2 の所定条件が成り立つようにする。

ここで、第 2 の所定条件が成り立つようにするとは、式 (6) について、次に述べるような判定結果を満たすことを意味する。

式 (6) については、制御部 12 がある所定時刻 (t) において制御する水素貯蔵量 $H_{-storage}(t)$ と、制御部 12 が所定時刻 t より以前の時刻 (t - 1) において制御した水素貯蔵量 $H_{-storage}(t - 1)$ と水素製造量 $H_{-product}$ とを加算し、加算結果から水素消費量 $H_{-consumption}$ を差し引いた減算結果と、の差分 (減算結果) が予め設定された第 4 閾値 H_{th4} 内を満たす。

すなわち、第 2 の所定条件が成り立つようにするとは、式 (6) における左辺の演算結果から右辺による演算結果の差分 (減算結果) が、第 4 値 H_{th4} 内を満たすことを意味する。

【 0 0 2 4 】

(手順4)制御装置10の制御部12は、手順2および手順3で示した第1の条件および第2の条件が成り立つ範囲内で評価値(CO₂排出量やエネルギーコスト等の予め設定される所定の評価値)が最小になるように各設備の出力を決定する。

図4は、水素製造装置2の水素製造効率を示す図である。

なお、BEMS(制御装置10)は、例えば図4に示すような水素製造装置2のエネルギー変換に伴う出力効率(変換効率)を含む各設備(蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3、燃料電池4)のエネルギー変換に伴う出力効率(変換効率)を、データベース13として内蔵しており、このデータベース13を用いて評価値を計算する。

すなわち、制御装置10は、蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3(水素貯蔵装置)および燃料電池4各々に予め設定される所定の評価値が最小となる場合に、蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3(水素貯蔵装置)および燃料電池4各々の出力を決定する。

10

【 0 0 2 5 】

(手順5)制御装置10の制御部12は、当日(電力供給システム100による建物50への電力供給を行う日)は(手順4)で決定した設備出力をベースに、各設備の出力における誤差や短周期の変動を蓄電池1で逐次補正する。補正方法については、例えば特許第4866764号等に記載の方法(複数の分散型電源を統合的に制御することによって負荷変動補償を行うに当たり、補償すべき負荷変動をそれぞれ複数の分散型電源の各分散型電源のいずれかに分担させて補償する分散型電源の制御方法)を用いてもよい。

20

【 0 0 2 6 】

以上説明したように、本実施形態の電力供給システム100は、蓄電池1と、水素製造装置2と、吸蔵合金タンク3(水素貯蔵装置)と、燃料電池4と、制御装置10と、を備える。

蓄電池1は、制御装置10により、再生可能エネルギーを需要家負荷(建物50)に供給する再生可能エネルギー電源(PV30)が出力する余剰電力を蓄電し、蓄電した蓄電量を用いて放電電力として出力する。

水素製造装置2は、制御装置10により、余剰電力および放電電力を用いて水素を製造する。

吸蔵合金タンク3は、制御装置10により、水素製造装置2によって製造された水素を貯蔵し、貯蔵された水素を放出する。

30

燃料電池4は、制御装置10により、吸蔵合金タンク3が放出する水素を利用して発電し、発電した電力を建物50に供給する。

制御装置10は、蓄電池1の電力、水素製造装置2の消費電力、燃料電池4の電力および買電電力について第1の所定条件が成り立つようにし、水素製造装置2の水素製造量、吸蔵合金タンク3の水素貯蔵量および燃料電池4の水素消費量について第2の所定条件が成り立つようにし、第1の所定条件および第2の所定条件が成り立つ範囲内で、蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3および燃料電池4各々の出力を決定する。

【 0 0 2 7 】

本発明では、制御装置10が、第1の所定条件および第2の所定条件が成り立つ範囲内で、蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3および燃料電池4各々の出力を決定する制御を行う。

40

【 0 0 2 8 】

これにより、本発明によれば、制御装置10が、エネルギー変換効率を考慮することで、各時刻における最適なエネルギー貯蔵方法が選択されるので、再生可能エネルギーを高効率に運用することが可能となる電力供給システムおよび電力供給システムの制御方法を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

図5は、電力供給システム100aの制御装置10aの他の構成を示す図である。上述した電力供給システム100の制御装置10では電力によるエネルギー効率のみ記載して

50

いるが、データベースには各設備の出力における温度の影響を示す温度特性を加味することで「電力+熱」の最適化も可能である。

図5に示す電力供給システム100aの制御装置10aは、判断・予測部11a、制御部12aおよびデータベース13aを含んで構成される。図5において、図2と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。

図5に示すように、判断・予測部11a、制御部12aおよびデータベース13aは、図2の予測部分(判断・予測部11)に熱負荷予測が、制御部分(制御部12)に熱源制御が、データベース13には各設備の出力における温度の影響を示す温度特性が追加される。制御部12aが行う熱源制御は電力と同様に、建物50の熱負荷予測と各設備(蓄電池1、水素製造装置2、吸蔵合金タンク3、燃料電池4、燃料電池4a)の運転温度に対する処理熱量(各設備の所定の温度における出力処理に必要なとなる熱量)との合計が熱製造量(各設備の所定の温度における出力処理において実際に製造される熱量)と同量となるような条件が付加される。

【0030】

上述した実施形態における制御装置10、10aをコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA(Field Programmable Gate Array)等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

【0031】

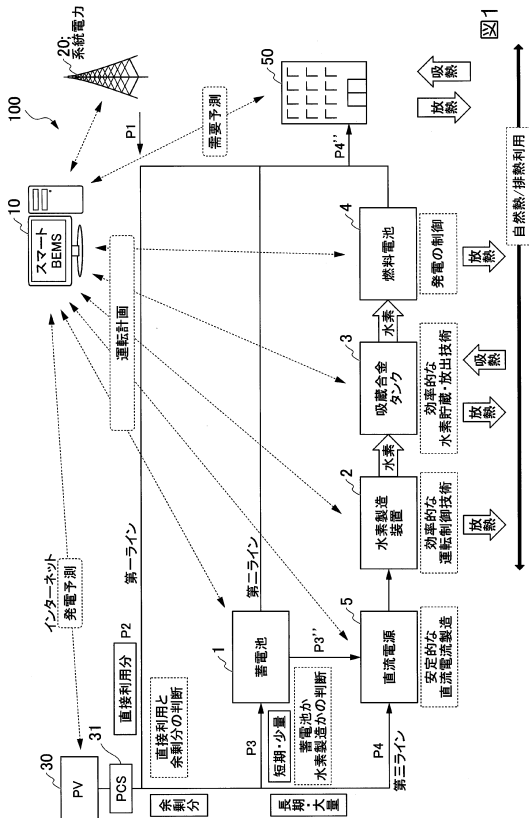
以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

【符号の説明】

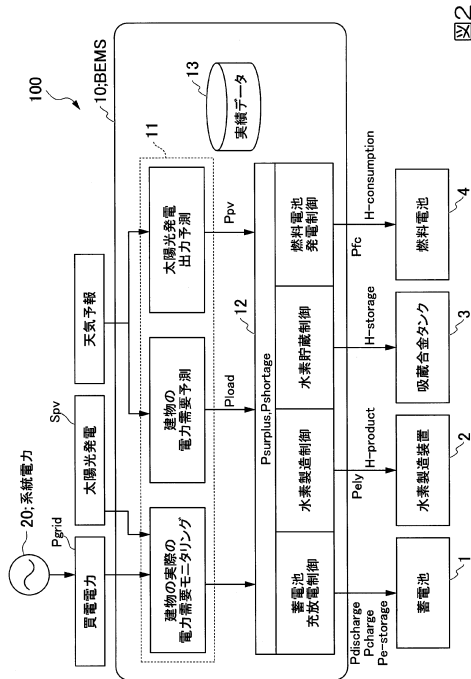
【0032】

1...蓄電池、2...水素製造装置、3...吸蔵合金タンク、4...燃料電池、5...直流電源、10, 10a...制御装置、11, 11a...判断・予測部、12, 12a...制御部、13, 13a...データベース、20...系統電力、30...PV, 31...PCS、50...建物、100, 100a...電力供給システム

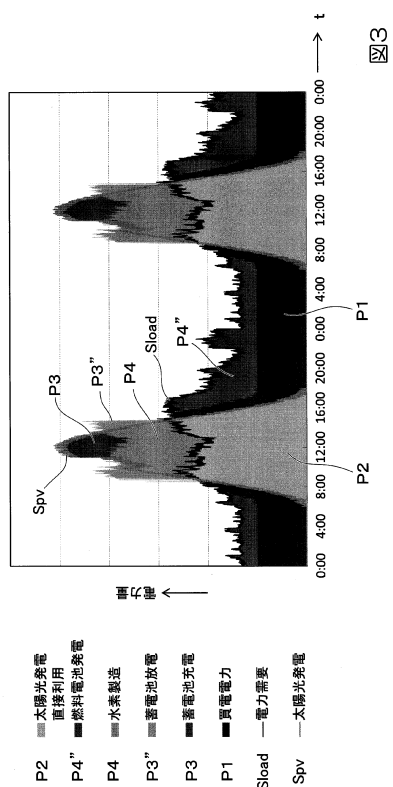
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

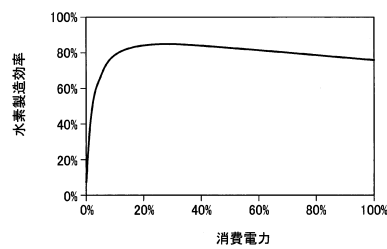


図4

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 J 3/38 1 7 0

- (74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100161506
弁理士 川淵 健一
- (72)発明者 沼田 茂生
東京都中央区京橋二丁目16番1号 清水建設株式会社内
- (72)発明者 下田 英介
東京都中央区京橋二丁目16番1号 清水建設株式会社内
- (72)発明者 野津 剛
東京都中央区京橋二丁目16番1号 清水建設株式会社内
- (72)発明者 前田 哲彦
福島県郡山市待池台2-2-9 国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー
研究所内
- (72)発明者 遠藤 成輝
福島県郡山市待池台2-2-9 国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー
研究所内
- (72)発明者 五舛目 清剛
福島県郡山市待池台2-2-9 国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー
研究所内

審査官 辻丸 詔

- (56)参考文献 国際公開第2016/075770(WO, A1)
特開2005-295616(JP, A)
特開2017-027936(JP, A)
特開2004-120903(JP, A)
登録実用新案第3163946(JP, U)
米国特許出願公開第2015/0311703(US, A1)
国際公開第2017/037849(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 J 3 / 0 0 - 5 / 0 0