

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6436873号
(P6436873)

(45) 発行日 平成30年12月12日 (2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日 (2018.11.22)

(51) Int. Cl.

F I

H02J	3/00	(2006.01)	H02J	3/00	170
H02J	3/32	(2006.01)	H02J	3/00	180
H02J	3/14	(2006.01)	H02J	3/32	
G06Q	50/06	(2012.01)	H02J	3/14	130
H02J	3/38	(2006.01)	H02J	3/14	160

請求項の数 11 (全 45 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-140120 (P2015-140120)
 (22) 出願日 平成27年7月14日 (2015.7.14)
 (65) 公開番号 特開2017-22918 (P2017-22918A)
 (43) 公開日 平成29年1月26日 (2017.1.26)
 審査請求日 平成29年9月29日 (2017.9.29)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100127672
 弁理士 吉澤 憲治
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 孝生
 (72) 発明者 井上 禎之
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力管理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理する電力管理装置において、

上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、

上記蓄電機器の温度を予測する蓄電機器温度予測手段と、

需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、

上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、

上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記蓄電機器温度予測手段にて予測した蓄電機器温度予測情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、

上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、

決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備え、

上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報内の容量維持率情報に基づいて上記蓄電機器の劣化進度を推定し、該劣化進度および上記蓄電機器温度予測情報に基づいて制限情報として上記蓄電機器の最大充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧の少なくとも1つを

10

20

決定して、該制限情報を用いて上記充放電電力を決定し、

上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定することを特徴とする電力管理装置。

【請求項 2】

上記複数モードは、充電モードと、上記系統からの買電電力の最大量を制限するピークカットモードと、上記創エネ機器の発電電力の余剰電力を充電する余剰電力充電モードとを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の電力管理装置。

10

【請求項 3】

上記運転モード決定手段は、上記導出結果に基づいて上記複数モードの中から 1 あるいは複数を抽出し、抽出されたモードが複数の場合に、上記電力料金体系に基づいて、該抽出されたモードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電力管理装置。

【請求項 4】

上記蓄電機器に蓄電池を用い、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した上記蓄電機器情報は、上記蓄電池の充電電力量情報および温度情報を含み、

上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報に基づいて上記蓄電機器の上記最大充放電電流を決定し、該最大充放電電流に基づいて上記蓄電機器の上記充放電電力を決定することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

20

【請求項 5】

蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理する電力管理装置において、

上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、

需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、

上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、

上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、

30

上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、

決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備え、

上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定し、

40

上記蓄電機器に蓄電池を用い、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した上記蓄電機器情報は、上記蓄電池の充電電力量情報および温度情報を含み、

上記蓄電池の温度情報を補正する蓄電池温度補正手段を有し、

上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報に基づいて上記蓄電機器の最大充放電電流を取得し、該最大充放電電流に基づいて上記蓄電機器の上記充放電電力を決定し、上記蓄電池温度補正手段による補正後の上記温度情報および上記蓄電池の上記充電電力量情報に基づいて上記最大充放電電流を取得することを特徴とする電力管理装置。

【請求項 6】

50

蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理する電力管理装置において、

上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、

需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、

上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、

上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、

10

上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、

決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備え、

上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定し、

上記蓄電機器に蓄電池を用い、

上記蓄電機器情報取得手段にて取得した上記蓄電機器情報は、上記蓄電池の充電電力量情報および温度情報を含み、

20

上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報に基づいて上記蓄電機器の最大充放電電流を取得し、該最大充放電電流に基づいて上記蓄電機器の上記充放電電力を決定し、

上記運転モード決定手段は、決定された上記充放電電力が、上記蓄電機器の上記最大充放電電流に基づいて制限されているか否かを判断し、該判断結果と上記導出結果とに基づいて上記運転モードを決定することを特徴とする電力管理装置。

【請求項 7】

上記運転計画作成手段は、所定の周期毎に、上記システムで現時刻以降、当該日が終了までに発生する電力料金が最小になるように、上記蓄電機器の上記充放電電力を決定し、

上記運転モード決定手段は、上記所定の周期毎に更新される上記充放電電力に基づいて上記運転モードを決定することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

30

【請求項 8】

上記運転モード通知手段は、上記運転モードの種別に応じて、上記運転計画作成手段で決定した上記充放電電力を上記運転モードと共に上記蓄電機器に通知することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

【請求項 9】

上記電力料金体系には、上記創エネ機器の余剰電力の売電価格情報を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

【請求項 10】

40

上記電力料金体系には、デマンドレスポンス時のインセンティブ情報を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

【請求項 11】

上記システムが蓄熱機器であるヒートポンプ式の給湯機を有し、

上記給湯機の情報を取得する給湯機情報取得手段を備え、

上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報、上記発電電力予測情報、上記負荷電力予測情報、上記電力料金体系と、さらに上記給湯機の情報に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記給湯機の運転パターンと上記蓄電機器の上記充放電電力との組み合わせを決定することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の電力管理装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、創エネ機器、蓄電機器、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理する電力管理装置に関し、特に蓄電機器の電力管理に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、環境負荷の低減に向け、二酸化炭素を排出しない太陽光発電などの自然エネルギーを利用した発電システムが各家庭に普及しつつある。また電力不足等に対応するため、蓄電池を具備したシステム、電気自動車のバッテリーを利用するシステム、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムなどの製品化が進められている。一方、このような、創エネ機器、蓄エネ機器は導入費用が高い。そこで、導入した創エネ機器、蓄エネ機器と電気負荷を効率よく運用し電力料金をより安くする電力管理装置、およびこれらのシステムであるホームエネルギーマネジメントシステム（以下、H E M Sと称す）の開発が進められている。

10

【0003】

従来の電力管理の技術には、以下に示すものがある。

従来の電力管理装置としての需給制御装置は、消費電力と消費熱量とを取得する取得部と、電力および熱量の各々の需要予測データを求める予測処理部と、該需要予測データを所定の関数に入力する事により、蓄電システム、および貯湯槽に熱を供給するヒートポンプの動作制御を行う為の制御パラメータを求める需給計画部と、該制御パラメータで動作制御を行う需給制御部とを備える。そして上記需給計画部は、太陽光発電システムで生成された電力を、蓄電システムとヒートポンプとに配分するように制御パラメータを求める（例えば、特許文献1）。

20

【0004】

また、従来のH E M Sにおける蓄電池制御について以下の手法が開示されている。蓄電池は系統と連系状態で、複数の運転モード、即ち、太陽電池（以下、P Vと称す）の発電電力の売電を優先するモード、P V発電電力の充電を優先するモード、系統からの買電が一定値を越えないモード（以下、ピークカットと記す）、系統から供給される電力の単価が閾値よりも低い期間で充電するモード、蓄電池を強制的に充電するモード、および蓄電池から強制的に放電するモードを有する。そして、蓄電池を制御する際、H E M Sから蓄電池に運転モードを通知する（例えば、特許文献2）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2011/086886号

【特許文献2】特開2014-33591号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

40

上記特許文献1では、需給制御装置の需給計画部が所定の周期、例えば30分毎に、P Vの発電電力予測結果、および需要予想に基づきシステム評価関数を用いて、以降30分間の蓄電池の最適な平均充放電電力を算出し、蓄電池に通知する。しかしながら、実際の負荷の消費電力やP Vの発電電力は時々刻々と変化し、負荷の消費電力が予測結果より少ない、あるいはP Vの発電電力が予測より多い場合、蓄電池からの放電電力が系統に逆流する懸念があった。また、負荷の消費電力が予測結果より多い、あるいはP Vの発電電力が予測より少ない場合、蓄電池からの放電電力が不足し、電力料金の高い時間帯の系統の電力を不要に買電することもあった。

また、上記特許文献2では、H E M Sが、複数の運転モードから蓄電池を制御する運転モードを決定して蓄電池に通知するものであるが、電力料金が低い適切な運転モードを、

50

負荷の消費電力およびPVの発電電力に基づいて決定することは困難であった。

【0007】

この発明は、上記のような問題点を解消するために成されたものであって、電気負荷の使用電力や創エネ機器の発電電力が変化しても、蓄電機器の運転計画を適切に作成することにより、電力料金を抑制し、かつ系統への逆潮流を防止する、電力管理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係る電力管理装置は、蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理し、上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、上記蓄電機器の温度を予測する蓄電機器温度予測手段と、需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記蓄電機器温度予測手段にて予測した蓄電機器温度予測情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備える。上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報内の容量維持率情報に基づいて上記蓄電機器の劣化進度を推定し、該劣化進度および上記蓄電機器温度予測情報に基づいて制限情報として上記蓄電機器の最大充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧の少なくとも1つを決定して、該制限情報を用いて上記充放電電力を決定する。そして、上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定するものである。

また、この発明に係る電力管理装置は、蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有するシステムの電力需給を管理し、上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備える。上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定する。そして、上記蓄電機器に蓄電池を用い、上記蓄電機器情報取得手段にて取得した上記蓄電機器情報は、上記蓄電池の充電電力量情報および温度情報を含み、上記蓄電池の温度情報を補正する蓄電池温度補正手段を有し、上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報に基づいて上記蓄電機器の最大充放電電流を取得し、該最大充放電電流に基づいて上記蓄電機器の上記充放電電力を決定し、上記蓄電池温度補正手段による補正後の上記温度情報および上記蓄電池の上記充電電力量情報に基づいて上記最大充放電電流を取得するものである。

また、この発明に係る電力管理装置は、蓄電機器と、創エネ機器と、電気負荷を有する

10

20

30

40

50

システムの電力需給を管理し、上記蓄電機器の情報を取得する蓄電機器情報取得手段と、需要者の契約に基づき電力料金体系を入手し管理する電力料金体系管理手段と、上記創エネ機器にて発電される電力を予測する発電電力予測手段と、上記電気負荷の消費電力を予測する負荷電力予測手段と、上記蓄電機器情報取得手段にて取得した蓄電機器情報、上記発電電力予測手段にて予測した発電電力予測情報、上記負荷電力予測手段にて予測した負荷電力予測情報、および上記電力料金体系に基づいて、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器に計画される充放電電力を決定する運転計画作成手段と、上記充放電電力に基づいて上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する運転モード決定手段と、決定された上記運転モードを上記蓄電機器に通知する運転モード通知手段とを備える。上記運転モード決定手段は、上記充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記創エネ機器の発電電力の有無、上記蓄電機器の充放電電力の有無、上記システムと系統との間の売買電力の有無を導出し、該導出結果に基づき、上記蓄電機器を制御する為に予め設定された複数モードの中から上記蓄電機器の上記運転モードを決定する。そして、上記蓄電機器に蓄電池を用い、上記蓄電機器情報取得手段にて取得した上記蓄電機器情報は、上記蓄電池の充電電力量情報および温度情報を含み、上記運転計画作成手段は、上記蓄電機器情報に基づいて上記蓄電機器の最大充放電電流を取得し、該最大充放電電流に基づいて上記蓄電機器の上記充放電電力を決定し、上記運転モード決定手段は、決定された上記充放電電力が、上記蓄電機器の上記最大充放電電流に基づいて制限されているか否かを判断し、該判断結果と上記導出結果とに基づいて上記運転モードを決定するものである。

10

20

【発明の効果】

【0009】

この発明の電力管理装置によれば、上記運転計画作成手段は、上記システムで発生する電力料金が最小になるように上記蓄電機器の充放電電力を決定し、さらに該充放電電力、上記発電電力予測情報、および上記負荷電力予測情報に基づいて、上記運転モード決定手段が上記蓄電機器を制御する運転モードを決定する。このため、電気負荷の消費電力や創エネ機器の発電電力が変化しても、電力料金を抑制し、かつ系統への逆潮流を防止でき、信頼性の高い電力管理が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

30

【図1】この発明の実施の形態1による電力管理装置を含む電力管理システム全体の構成を概略的に示す図である。

【図2】この発明の実施の形態1による電力管理装置のシステム構成を概略的に示す図である。

【図3】この発明の実施の形態1による電力管理装置の運転計画部の構成を概略的に示すブロック図である。

【図4】この発明の実施の形態1による運転計画として電力を決定する説明図である。

【図5】この発明の比較例による蓄電池制御の際の不具合を説明する図である。

【図6】この発明の実施の形態1による蓄電池の特性を説明する図である。

【図7】この発明の実施の形態1による蓄電池の充放電回数と蓄電池容量との関係を示す図である。

40

【図8】この発明の実施の形態1による蓄電池の温度に対する最大充放電電流を示す図である。

【図9】この発明の実施の形態1によるヒートポンプ式給湯機の特性を説明する図である。

【図10】この発明の実施の形態1による電力管理装置における運転計画作成動作の全体フロー図である。

【図11】図10の部分詳細フロー図である。

【図12】図11の部分詳細フロー図である。

【図13】この発明の実施の形態1における電力料金体系を示す図である。

50

【図 1 4】この発明の実施の形態 1 による P V 発電電力学習管理部内のデータベースに格納された各天気、時刻の日射量の予測データの例を示す図である。

【図 1 5】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における、実測結果に基づく日射量補正動作を説明する図である。

【図 1 6】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における、実測結果に基づく気温補正動作を説明する図である。

【図 1 7】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における、蓄電池セル温度の補正動作を説明する図である。

【図 1 8】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における、実測結果に基づく負荷消費電力補正動作を説明する図である。

10

【図 1 9】この発明の実施の形態 1 における家族スケジュールに基づく使用湯量を示す図である。

【図 2 0】この発明の実施の形態 1 における蓄電池の運転モードと各機器の電力状態の関係を示す図である。

【図 2 1】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フローを示す図である。

【図 2 2】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 2 3】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

20

【図 2 4】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 2 5】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 2 6】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 2 7】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 2 8】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

30

【図 2 9】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 3 0】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 3 1】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 3 2】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【図 3 3】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

40

【図 3 4】この発明の実施の形態 1 による電力管理装置における蓄電池の運転モード決定フロー内の一部を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

実施の形態 1 .

以下、この発明の実施の形態 1 による電力管理装置を図に基づいて説明する。図 1 は、この発明の実施の形態 1 による電力管理装置 1 0 0 を含む電力管理システム全体の構成を概略的に示す図である。電力管理システム（以下、システムと称す）は、創エネ機器 A、蓄電機器 B、蓄熱機器 C、宅内の電気負荷である負荷機器 2 0、系統電源 1 0 に接続される商用系統 1 1 および電力管理装置 1 0 0 を備えて、電力管理装置 1 0 0 により電力需給

50

が管理される家庭内のシステム（H E M S）である。

【0012】

図に示すように、創エネ機器Aは、太陽光パネル1（P V）と、太陽光パネル1から出力される直流電力を交流電力に変換する太陽光パワコン2とを有する。この実施の形態1では創エネ機器Aの一例として太陽光パネル1および太陽光パワコン2で構成された太陽光発電装置を用いた場合について説明する。なお、創エネ機器Aは太陽光発電装置に限るものではなく、例えば、風力発電装置などでも良いことは言うまでもない。

蓄電機器Bは、蓄電池3と、蓄電池3の充放電を管理する蓄電池パワコン4とを有する。この実施の形態1では、蓄電機器Bの一例としてリチウムイオンバッテリーを使用した蓄電池3、および蓄電池パワコン4で構成された蓄電装置を用いた場合について説明する。なお、蓄電機器Bは、リチウムイオンバッテリーを使用した蓄電池3に限るものではなく、例えば電気自動車のバッテリーを蓄電池として利用する場合、あるいは鉛蓄電池を用いる場合でも良いことは言うまでもない。

10

【0013】

蓄熱機器Cは、エコキュート（登録商標）等のヒートポンプ式給湯機5（以下、給湯機と称す）である。なお、蓄熱機器Cは給湯機5に限らず、例えば、創エネ機器Aの発電時に発生する熱を利用してお湯を沸かす燃料電池等でも良いことは言うまでもない。また、燃料電池は創エネ機器Aとして利用しても良い。

系統電源10は200Vの交流電力を商用系統11に供給し、創エネ機器A、蓄電機器B、蓄熱機器Cおよび負荷機器20は商用系統11に接続される。また、創エネ機器A、蓄電機器B、蓄熱機器Cおよび負荷機器20よりも系統電源10側に、分電盤14とスマートメータ15が設けられる。分電盤14は、創エネ機器Aの発電電力、機器Bの充放電電力、蓄熱機器Cおよび負荷機器20の消費電力を計測する電力計測回路14aを内蔵する。

20

【0014】

また、宅内の負荷機器20の代表的な機器の例として、エアコン21、冷蔵庫22、照明23、IHクッキングヒータ24を示す。なお、宅内の負荷機器20は、これに限るものではなく、例えばTVやパソコン、掃除機、食器洗い洗浄機、換気扇、ヒータ等の機器でも良いことは言うまでもない。また、各種の負荷機器20は1台に限るものではなく、複数台（例えばエアコン21が3台等）有しても良いことは言うまでもない。同様に、創エネ機器A、蓄電機器B、蓄熱機器Cも1台に限るものではなく、例えば、蓄電機器Bは蓄電池3と電気自動車のバッテリーの2台、あるいは、創エネ機器Aは太陽光パネル1、風力、燃料電池の組み合わせ、あるいは蓄熱機器Cとしては、給湯機5と燃料電池の余熱を利用するシステムでも良いことは言うまでもない。

30

【0015】

また、図に示すように、電力管理装置100と、創エネ機器A、蓄電機器B、蓄熱機器C、負荷機器20、分電盤14、スマートメータ15である各機器とは通信ネットワーク12で接続される。なお、この実施の形態1では、各機器を接続する通信ネットワーク12としてEthernet（登録商標）（有線）を用いる場合について説明するがこれに限るものではなく、例えば、Echonet Lite規格の物理層で決められている無線やPLC（電力線搬送通信）等を用いて接続しても良いことは言うまでもない。

40

また、分電盤14内の電力計測回路14aで計測される創エネ機器Aの発電電力、蓄電機器Bの充放電電力、蓄熱機器Cおよび負荷機器20の消費電力の各電力計測結果は、信号線13を介して電力管理装置100に通知される。なお、分電盤14は、電力計測回路14aを内蔵しない構成でも良いことは言うまでもない。その際は、各種機器の電力計測結果は各機器内で計測し、計測結果は上記通信ネットワーク12を介して電力管理装置100に通知する等の構成をとれば良いことは言うまでもない。

さらに、電力管理装置100は、公衆回線網30に接続され、公衆回線網30を介してクラウドサーバ31に接続される。

【0016】

50

図2に、電力管理装置100のシステム構成図を示す。

図に示すように、電力管理装置100は、CPU110、ROM111、RAM112、Echonet Lite通信I/F部113、Ethernet通信I/F部114、表示部115、電力計測部116、時刻管理部117、運転計画部118、機器管理部119、負荷機器制御部120、家族スケジュール管理部121、DR（デマンドレスポンス）対応部122、蓄電池運転モード決定部123、およびCPUバス130で構成される。

ROM111はプログラムを記憶する。RAM112は、プログラムを実行する際にデータを一次記憶したり、プログラムを実行する際の作業領域として使用する。

【0017】

Echonet Lite通信I/F113は、太陽光パワコン2、蓄電池パワコン4、給湯機5、分電盤14、スマートメータ15、エアコン21、冷蔵庫22、照明23、IHクッキングヒータ24と電力管理装置100との間を接続するEchonet Lite通信（物理層はEthernet（登録商標））のI/Fである。なお、この実施の形態1では、通信プロトコルの1例としてEchonet Liteを使用する場合について説明するがこれに限るものではなく、例えば、独自に決めた通信プロトコル、あるいは他の規格を使用したプロトコルでも良いことは言うまでもない。

Ethernet（登録商標）通信I/F114は、電力管理装置100を公衆回線網30に接続するEthernet（登録商標）通信のI/Fである。この実施の形態1では、物理層としてEthernet（登録商標）を使用する場合について説明するが、無線LANや光通信I/Fを用いても良いことは言うまでもない。また、電力管理装置100が公衆回線網30に直接接続する場合について説明するが、ホームゲートウェイなどを介して公衆回線網30に接続しても良く、同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0018】

また、電力計測部116は、分電盤14内の電力計測回路14aから出力される電力計測結果を記憶し、時刻管理部117は、時刻（年月日を含む）を管理する。運転計画部118は、蓄電機器Bおよび蓄熱機器Cの運転計画を作成する。

機器管理部119は、創エネ機器A、蓄電機器B、蓄熱機器Cおよび各負荷機器20の動作状況などを管理する機器管理部である。なお、機器管理部119では、新規に機器が投入された際の機器認証も実施するものとする。

また、負荷機器制御部120は負荷機器20の動作を制御し、家族スケジュール管理部121は家族のスケジュールを管理する。DR対応部122は、デマンドレスポンスを受信した際に、使用電力の削減量や電力使用量を削減する機器の優先順位などを決定する。蓄電池運転モード決定部123は蓄電池3の運転モードを決定する。

また、Echonet Lite通信I/F113は、蓄電機器Bの情報取得、および蓄電池3の運転モードを蓄電機器Bに通知する運転モード通知に用いられる。

【0019】

次に、図2を用いて電力管理装置100の全体の動作を説明する。

電力管理装置100の起動が完了すると、CPU110は機器管理部119に対して、接続されている機器の認証を実施するよう指示を出す。この実施の形態1では、Echonet Lite規格を使用するものとし、各機器との接続認証などの詳細な説明は省略する。各機器との接続認証が完了すると、CPU110は機器管理部119に対して接続されている各機器の動作状況を確認するよう指示を出す。機器管理部119は、接続認証が完了した各機器に対して動作状況を通知するようEchonet Lite通信I/F部113に対して指示を出す。指示を受けたEchonet Lite通信I/F部113は、機器管理部119により指示された機器に対して動作状況を通知するようEchonet Lite規格で定義されたコマンドを通信ネットワーク12に送信する。Echonet Lite通信I/F部113より各機器に対して送付された上記コマンドを受信すると、各機器は、現在の動作状態をEchonet Lite規格で定義されたコマンドに基づきEchonet Lite通信I/F部113に通信ネットワーク12を介

10

20

30

40

50

して送信する。各機器の動作状態を受信するとEchonet Lite通信I/F部113は、機器管理部119にその内容を通知する。認証された機器全ての動作状態の取得を終了すると機器管理部119はその旨をCPU110に通知する。

【0020】

CPU110は、各機器の動作状態を把握するとEthernet（登録商標）通信I/F部114に対して気温予測情報を含む天気予報情報をクラウドサーバ31から入手するよう指示を出す。CPU110から天気予報情報の取得指示を受けるとEthernet（登録商標）通信I/F部114はクラウドサーバ31に対して天気予報情報送信要求を送付する。該天気予報情報送信要求を受信するとクラウドサーバ31は気温予測情報を含む天気予報情報をEthernet（登録商標）通信I/F部114に送信する。天気予報情報を受信したEthernet（登録商標）通信I/F部114はCPU110に対してその旨を通知する。

10

この実施の形態1では、天気予報情報として「晴れ」、「曇り」、「雨」または「雪」を使用するものとし、気温予測情報としては、1時間毎の気温予測情報を入手し使用するものとする。

【0021】

なお、天気情報は上記4種類に限るものではなく、上記4種類以外に、「晴れ時々曇り」、「曇りのち晴れ」、「晴れのち雨」など更に細かい分類であっても良いことは言うまでもない。また、気温予測情報として、1時間毎の気温予測情報を入手する場合について説明するが、これに限るものではなく、例えば最高気温、および最低気温情報から電力管理装置100内で気温を予測する、あるいは天気予報情報、月日情報から電力管理装置100内で気温を予測する等の方式でも良いことは言うまでもない。

20

天気予報情報を入手すると、CPU110は運転計画部118に対して運転計画を作成するよう指示を出す。

【0022】

図3は、電力管理装置100内の運転計画部118の構成を示すブロック図である。

図に示すように、運転計画部118は、負荷消費電力学習管理部200と、PV発電電力学習管理部201と、負荷電力予測部となる負荷消費電力予測部202と、発電電力予測部となるPV発電電力予測部203と、蓄電池モデル204と、給湯機モデル205と、蓄電池3および給湯機5の運転計画を作成する運転計画作成部206とを備える。

30

負荷消費電力学習管理部200は、時刻管理部117より出力される日付、曜日、時刻データ、Ethernet通信I/F114を介して入手した現在の天気、図示していない温度計により計測した現在の気温情報（外気温）を元に、電力計測部116より出力される、給湯機5および負荷機器20の消費電力を学習する。

PV発電電力学習管理部201は、時刻管理部117より出力される日付、時刻データ、およびEthernet通信I/F114を介して入手した現在の天気を元に、電力計測部116より出力される、太陽光パネル1にて発電される発電電力を学習する。

【0023】

負荷消費電力予測部202は、Ethernet通信I/F部114を介して入手した天気予報情報、気温情報（最高気温、最低気温）、家族スケジュール管理部121より出力される家族スケジュール、および負荷消費電力学習管理部200内のデータベースを元に、負荷機器20の消費電力を予測する。この負荷消費電力予測部202は、給湯機5の消費電力を除く負荷機器20の消費電力の合計について予測するものとする。なお、負荷消費電力予測部202を、各負荷機器20の消費電力を個別に予測するように構成しても良いことは言うまでもない。

40

PV発電電力予測部203は、天気予報結果、PV発電電力学習管理部201内のデータベース、および太陽光パネル1のPV発電電力実績を元に、以降のPV発電電力を予測する。

【0024】

蓄電池モデル204は、入力される蓄電池3の特性情報、気温予測情報、および運転計

50

画作成部 206 から出力される蓄電池 3 の運転計画に基づき、蓄電池 3 の温度情報である蓄電池セル温度（蓄電池 3 内部の各セルの表面温度）の予測温度を算出する。そして算出結果から、充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧など蓄電池劣化に大きく起因する各種制限情報を蓄電池特性情報から演算し、演算結果を元に、充放電電流、あるいは充放電電力の運転計画に基づく蓄電池 3 の動作を模擬する。

この実施の形態 1 では、蓄電池 3 の劣化の進度を推定して推定結果に基づき蓄電池特性情報に補正を加え、補正された蓄電池特性を、例えば重回帰分析手法を利用し、二次計画法で使用可能な二次系のモデルに近似して蓄電池モデルを生成する。なお、詳細は後述する。

【0025】

給湯機モデル 205 は、入力される給湯機 5 の特性情報、気温予測情報、および運転計画作成部 206 から出力される使用湯量および給湯機 5 の運転計画に基づき、給湯機 5 の動作を模擬し、各時刻における消費電力量と蓄熱量を算出する。なお、この実施の形態 1 では、消費電力量の算出は、負荷消費電力学習管理部 200 内のデータベースを用いて行う。

一般に、給湯機 5 は運転、停止を繰り返し使用すると機器寿命が短くなるため、起動停止は 1 日 2 ～ 3 回程度に制限して使用する。従って、この実施の形態 1 では、電力管理装置 100 からの給湯機 5 の起動停止回数を 1 日に最大 2 回とする。なお、ユーザからの追いき要求がある場合は、給湯機 5 の起動に制限を設けない。この場合、給湯機 5 は、二次系のモデルに近似するのではなく、予め運転パターンを複数用意しておき運転計画を作成するものとする。給湯機モデル 205 は、給湯機 5 の複数の運転パターンによる運転計画を管理する。給湯機 5 は、起動停止回数が 1 日に最大 2 回に限られているため、運転パターン数を絞ることができ演算量の削減が図れる。

なお、給湯機モデル 205 は、運転パターンを用いるものに限らず、蓄電池 3 と同様に重回帰分析等の手法を用い、二次系のモデルに近似しても良いことは言うまでもない。

【0026】

運転計画作成部 206 は、負荷消費電力学習管理部 200、PV 発電電力学習管理部 201、負荷消費電力予測部 202、PV 発電電力予測部 203、蓄電池モデル 204、給湯機モデル 205 を制御して、蓄電池 3 に計画される充放電電力と、給湯機 5 の運転パターンとを決定する。また、運転計画作成部 206 は、Ethernet 通信 I/F 114 を介して電力料金体系を入手して管理し、入手した電力料金体系に基づいて電力料金が低くなるように、蓄電池 3 に計画される充放電電力と、給湯機 5 の運転パターンとを決定する。運転計画作成部 206 の動作の詳細については後述する。

なお、図 3 では、説明を簡単にするために、気温の予測結果等、本来、運転計画作成部 206 から各部に供給する情報についても、接続先が明瞭に分かるように外部から供給されているように図示した。

【0027】

図 4 は、運転計画部 118 による運転計画作成を説明する図である。

この実施の形態 1 では、PV 発電電力予測および負荷消費電力予測の結果を元に、蓄エネ機器（蓄電機器 B、蓄熱機器 C）である蓄電池 3 および給湯機 5 の特性を加味して、蓄電池 3 および給湯機 5 の運転計画を作成する。運転計画を作成する際、図 4 に示すように、運転計画作成のエンジン部となる運転計画作成部 206 には、例えば 30 分間の平均 PV 発電電力予測結果（図 4（a）参照）、および給湯機 5 の消費電力を除いた、負荷機器 20 の平均消費電力予測結果（図 4（b）参照）が 24 時間分通知される。

【0028】

一般的に蓄電池 3 や給湯機 5 は温度特性等の特性を有し、詳細は後述するが、この実施の形態では、その特性を評価関数としてモデル化を行う。そして、上記 PV 発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果、電力料金体系を入力として蓄電池 3 の特性や給湯機 5 の特性をモデル化した該評価関数を用いて、最適化を行い運転計画を作成する。その際、給湯機 5 は基本的には気温により COP（エネルギー変換効率）、および最適動作点の消費電力

10

20

30

40

50

が決まるため、運転計画作成部 206 では、給湯開始時刻と終了時刻（あるいは終了時の蓄エネ量）を決定するだけで良い（図 4（d）参照）。一方、蓄電池 3 は、最適に運転するための充放電電力も併せて決定する必要がある。上述した評価関数を使用して蓄電池 3 の最適な運転を決定する場合、現時刻以降の 30 分毎の平均充放電電力が運転計画として出力される（図 4（c）参照）。

【0029】

この実施の形態では、蓄電池 3 は、運転計画部 118 から出力される運転計画である充放電電力だけでなく、蓄電池運転モード決定部 123 から出力される蓄電池 3 の運転モードに基づいて動作するものであるが、比較例として、充放電電力のみで動作する場合について以下に示す。

10

図 5 は、この発明の比較例による蓄電池制御の際の不具合を説明する図である。

図 5（a）に示すように、蓄電池 3 の運転計画として放電電力（破線）が 30 分単位で指定されても、負荷消費電力から PV 発電電力を差し引いた電力（実線）は変化する。従って、蓄電池 3 の放電電力が、負荷消費電力から PV 発電電力を差し引いた電力より大きい期間で、蓄電池 3 の放電電力が系統電源 10 側へ逆潮してしまい、系統連系規定に違反する。

また、図 5（b）に示すように、蓄電池 3 の運転計画として指定された充電電力（破線）が、PV 発電電力から負荷消費電力を差し引いた余剰電力（実線）より大きい期間で、本来、電力料金がいため買電は想定していない電力まで買電して充電し、不必要な電力料金が発生してしまう。

20

【0030】

この実施の形態では、蓄電池 3 に予め複数の運転モードを設定し、蓄電池 3 を最適に運転するために、運転計画により指定された充放電電力から蓄電池 3 を制御する運転モードを選択する。例えば、図 5（a）の場合では、買電電力を最小にする買電最小モード、図 5（b）の場合では、余剰電力を充電する余剰電力充電モード等を選択する。

【0031】

図 6～図 8 は、蓄電池 3、この場合、リチウムイオンバッテリーを使用する蓄電池 3 の特性を示す図である。

図 6（a）は、横軸に充電電力量の割合（以下、SOC と称す）、縦軸に充電電流を示す。図 6（b）は、フル放電状態からフル充電状態まで充電する際の SOC の変化を示した。図 6（b）において、横軸に時間、縦軸に SOC を示す。図 6（c）は、横軸に SOC、縦軸に蓄電池 3 より出力される電圧を示す。

30

一般に、蓄電池 3 は過充電（蓄電池電圧が所定値を超えて充電）、過放電（蓄電池電圧が所定値以下になるまで放電）を行うと蓄電池 3 の劣化が必要以上に進み、最悪壊れることがある。リチウムイオンバッテリーは、図 6（c）に示すように満充電付近（SOC が 1.0 付近）になると、急激に蓄電池電圧が上昇する。また、満充電付近で充電電流の電流リップルが大きいと、蓄電池 3 の劣化が必要以上に進む場合がある。

従って、蓄電池 3 に充電する際は、上記過充電の防止、および充電電流リップル量を低減するため、蓄電池電圧が所定の電圧になるまでは定電流で蓄電池 3 に充電し、所定の電圧になると蓄電池 3 へは定電圧で充電する方式がとられる。

40

【0032】

図 6（a）、図 6（b）に示すように、蓄電池 3 に充電する際、例えば SOC が 0.8 となる蓄電池電圧までは定電流で充電し、以降を定電圧で満充電になるまで充電した場合の、SOC と充電時間の関係は、図 6（b）に示すものとなる。1 時間で蓄電池 3 を満充電できる電流量を 1C と称し、図 6（b）は、定電流制御で充電する期間における電流量を 0.8C とした場合の例を示す。図 6（b）に示すように、定電流制御で充電する時間と定電圧制御で充電する時間はほぼ等しくなっている。なお、放電については、一般的には蓄電池電圧が放電終止電圧になるまでは、充電時とは異なり、制御の切り替えは行わない。

【0033】

50

図7に、蓄電池3のフル充電、フル放電を実施した際の充放電実施回数と蓄電池容量との関係の例を示す。リチウムイオンバッテリーを用いた蓄電池3は、通常、使用するほど劣化が進む。図7に示すように、約4000回の充放電で、蓄電池3の容量は半分程度まで劣化している。

この実施の形態1では、蓄電池容量が50%を切った時点が使用期限として説明を続ける。なお、使用期限については上記蓄電池容量が50%を切った時点に限るものではなく、例えば電池メーカーが定めた、蓄電池3を安全に使用できる蓄電池残容量等で決定しても良いことは言うまでもない。

【0034】

一般に、蓄電池劣化を進める代表的な要因としては、蓄電池3のセル温度、充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧、保存時間等がある。例えば、保存時間については、満充電に近い状態では空に近い状態と比べ劣化が進む。また、気温が高ければ高いほど劣化の進みが早い。また、充放電電流についても、電流量が大きければ大きいほど劣化が進み、その劣化の進む割合は、蓄電池セルの温度に依存する。さらに、充電終止電圧、および放電終止電圧についても同様で、例えば、本来の充電電力の容量の90%程度以下の充電であれば、100%まで充電した場合と比べて蓄電池3の劣化は小さくなる。同様に、放電完了時の蓄電池3の残蓄電電力量を大きくすればフル放電した場合と比較し蓄電池3の劣化は小さくなる。また、フル充電時、あるいはフル放電時の劣化の進む具合も蓄電池セル温度に大きく依存する。

【0035】

リチウムイオンバッテリー（蓄電池3）は、化学反応により電力を充電したり放電したりする。例えば、低温で所定の電流（例えば、1C）を充電しようとした場合は、充電電流に対して化学反応が追従できず金属リチウムが析出し、リチウムイオンバッテリーは劣化する。蓄電池3を、例えば蓄電池セル温度を考慮せず、充放電を繰り返すと、蓄電池劣化が必要以上に進み、所望の使用期間（例えば10年）を待たずに蓄電池3が劣化し使用できなくなる。

一般に蓄電池劣化を抑制するため、蓄電池3内のマネジメントユニットにより、過充電、あるいは過放電を検出した場合、温度の高い状態、あるいは低い状態で充放電を行った場合等、強制的に蓄電池3と蓄電池パワコン4とを切り離すような仕組みが組み込まれていることが多い。

【0036】

従って、この実施の形態1では、蓄電池3が所望の使用期間以上利用ができるように、蓄電池3の劣化要因となる、充放電電流の最大値、充電終止電圧、および放電終止電圧を蓄電池3のセル温度に基づき制限を加える。

図8は、蓄電池セル温度に対する最大充放電電流とSOCとの関係を示し、この実施の形態1では、充放電電流の最大値を制限する制限テーブルとして用いる。なお、図8(a)は最大充電電流の変化を示し、図8(b)は最大放電電流の変化を示す。また、充電電力量の割合を示すSOCの変化により、SOCに対応して変化する電圧の変化も示される。

【0037】

図8(a)に示すように、蓄電池セル温度が室温（例えば20℃～25℃）の場合は、蓄電池3は定格通りに充電が可能となる。なお、上述したように、蓄電池3の充電制御が定電流制御から定電圧制御に切り替わることに起因して、例えば、室温時にはSOCが0.8以上になると最大充電電流が絞られている。室温から蓄電池セル温度が上昇すると、最大充電電流は徐々に小さくなり、また、充電終止電圧が低くなりSOCも低くなる。そして、この実施の形態1では、蓄電池セル温度が45℃を超えると充電動作を禁止する。

また、蓄電池セル温度が室温から低くなるときも、同様に最大充電電流は徐々に小さくなり、また、充電終止電圧が低くなりSOCも低くなる。そして、この実施の形態1では、蓄電池セル温度が0℃以下になると充電動作を禁止する。

【0038】

また図8(b)に示すように、蓄電池セル温度が室温(例えば20℃~25℃)の場合は、蓄電池3は定格通りに放電が可能となる。なお、SoCが0付近になると最大放電電流は急峻に絞られ0になる。室温からセル温度が上昇すると、最大放電電流は徐々に小さくなり、また、放電停止時の放電終止電圧が高くなりSoCも高くなる。そして、この実施の形態1では、蓄電池セル温度が0℃以下になると放電動作を禁止する。

【0039】

なお、この実施の形態1では、後述する容量維持率情報を元に蓄電池3の劣化の進度を推定し、推定結果に基づき図8に示す充放電電流の制限テーブルに補正を加える。具体的には、劣化が進んだ蓄電池3に対しては充放電の終止電圧(満充電、フル放電を判断する電圧)や最大充放電電流を新品のものに比べ低くする。また、充電に関しては、図6(b)に示す、定電流充電から定電圧充電に移行する電圧を低くする。そして、補正を加えた蓄電池特性を、例えば重回帰分析手法を利用し、二次計画法で使用可能な二次系のモデルに近似する。これにより、蓄電池3の温度特性、SoC特性(例えば、図6(b)に示す特性)に加え、蓄電池劣化も考慮したモデルとすることができる。この実施の形態1では、上述の要領で作成した二次系のモデルに近似した蓄電池モデル204を生成する。

【0040】

なお、蓄電池セル温度に対する充放電電流の最大値を制限する制限テーブルは図8に示すものに限らず、使用する蓄電池3の特性にあわせたテーブルを使用すれば良い。

また、この実施の形態1では、蓄電池劣化の要因となる蓄電池保存劣化についての説明を省略するが、例えば、保存劣化が進む高温時については、気温予測結果に基づき最大充電電力量(あるいは充電終止電圧)の上限値を制限するよう、さらに制限テーブルを設けても良いことは言うまでもない。

さらに、この実施の形態1では、蓄電池3の劣化を進める要因として、蓄電池セル温度、最大充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧、および保存劣化について説明したがこれに限るものではなく、例えば、蓄電池3の劣化度合い(現在の蓄電池の容量/初期の蓄電池の容量)に応じて、上述した充放電時の制限テーブルを切り替えて使用しても良いことは言うまでもない。具体的には、劣化が進んだ蓄電池3は、より厳しい制限テーブルを使用しても良い。

【0041】

次に、給湯機5の特性について説明する。

図9は、ヒートポンプ式の給湯機5の特性であるCOP(エネルギー変換効率)について示す図である。図9(a)は、横軸に気温、縦軸にCOPを示す。ヒートポンプサイクルを利用する給湯機5は、気温によってCOPが異なる。例えば、同じ温度の同量の水を所定の温度のお湯に沸き上げる場合、気温が0℃の場合ではCOPは約2.7程度、気温が30℃の場合ではCOPは約6程度であり、気温が0℃の場合は30℃の場合の2倍以上の電力を必要とする。従って、お湯を沸き上げる場合、気温が高いほど消費電力が低くなる。

また、ヒートポンプサイクルを利用しお湯を沸き上げる給湯機5は、気温、負荷(湯量)等によって、COPが最高効率となるように動作する負荷率(消費電力)も異なる。

【0042】

従って、この実施の形態1では、各時刻における消費電力、沸き上げ完了時刻、蓄熱量等の予測値は、気温と図9に示す給湯機5の特性により求めることで、予測誤差を最小限に抑える。同様に、電力料金を予測する場合も、気温と図6に示す特性に基づき各時刻の消費電力量を求め電力料金を算出するので、電力料金の予測誤差を最小限に抑えることができる。なお、給湯機5の特性は図6に示すものに限るものではなく、使用する給湯機の持つ特性に合わせた特性テーブルデータ使用すればよいことは言うまでもない。

【0043】

次に、運転計画部118、および蓄電池運転モード決定部123の詳細な動作について説明する。なお、運転計画部118では、運転計画部118内の運転計画作成部206が、負荷消費電力学習管理部200、PV発電電力学習管理部201、負荷消費電力予測部

202、PV発電電力予測部203、蓄電池モデル204、給湯機モデル205を制御して動作する。

図10は、電力管理装置100における運転計画作成動作の全体フロー図である。図11は、図10に示す全体フロー図の部分詳細フロー図であり、図12は、図11に示すフロー図の部分詳細フロー図である。

【0044】

図10に示すように、まず、運転計画部118は、CPU110から運転計画作成の指示を受け取ると、時刻管理部117から月日、曜日、時刻情報を取得する(S11)。

時刻等の情報の取得が完了すると、電力計測部116は、現在の消費電力、PV発電電力等の情報(リアルタイム計測値)を取得する。その際、気温についても取得する(S12)。

10

現在のPV発電電力等の取得を終了すると、運転計画部118は、第1蓄電池情報である充放電電力情報(充放電電力あるいは充放電電流)を取得する(S13)。

蓄電池3の充放電電力情報の取得を完了すると、運転計画部118は、第1給湯機情報である給湯機5の消費電力を取得する(S14)。

なお、ステップS11からステップS14の各計測データは、50μsの周期(20KHz)でサンプリングするものとする。なお、サンプリングは50μsに限るものではない。また、取得した各計測データを元に、後述する運転計画更新周期内(この場合、30分)で平均値を算出するものとする。

【0045】

20

次に、運転計画部118は、運転計画作成時刻であるか確認する(S15)。

通常、電力管理装置100は、定期的に太陽光パワコン2、蓄電池パワコン4、給湯機5、および負荷機器20であるエアコン21、冷蔵庫22、照明23、IHクッキングヒータ24と通信を行い、各機器の情報をEchonet Lite通信I/F部113を介して取得する。この実施の形態1では、30分毎に各機器の情報を取得して運転計画を作成するものとする。

なお、電力管理装置100での運転計画の作成周期は30分に限るものではなく、CPU110の処理速度や通信速度等で決定すれば良い。また、運転計画の作成周期は一定である必要はなく、例えば、深夜などPV発電がなく、また負荷消費電力も予測値とあまり変わらない時間帯は、運転計画の作成周期を長くすることで電力管理装置100でも消費電力の削減を図っても良い。あるいはPV発電電力が予測から外れ、運転計画の変更を余儀なくされた場合等については、不定期に運転計画の作成または変更を行って良いことは言うまでもない。

30

【0046】

ステップS15でNoの場合は、ステップS11に戻り、各種データの取得を継続する。

一方、ステップS15でYesの場合は、電力料金テーブルを取得するため、Ethernet(登録商標)通信I/F部114を介してクラウドサーバ31に現在契約している電力料金テーブル情報を送付するよう要求する。クラウドサーバ31は、電力料金テーブル情報の要求を受信すると、需要者である現在ユーザが契約している電力料金体系としての電力料金テーブルをEthernet(登録商標)通信I/F部114を介して運転計画部118内の運転計画作成部206に送信する。なお、電力料金テーブルには太陽光パネル1で発電した電力(余剰電力)の売電価格情報についても送付されてくるものとする。クラウドサーバ31から電力料金テーブル情報を受信すると運転計画作成部206は、図示していないデータ記憶部に電力料金テーブルを記憶する(S16)。

40

【0047】

この実施の形態1では、図13に示す電力料金テーブルを使用した場合について説明する。なお、図13は横軸を時刻、縦軸を電力料金としてグラフ化したデータを示す。この場合、23時から7時までを深夜電力時間帯として、昼間の電力の約1/3程度の電力料金で買電できるものとする。また、夏季については電力のピーク時間帯となる12時~1

50

6 時の時間帯は破線で示したように電力料金は 2 5 % 程度高くなるものとする。

なお、電力料金体系は図 1 3 に示すものに限るものではなく、例えば、料金体系が現在の総需要量で時々刻々と変化するような可変電力料金体系等でも良いことは言うまでもない。また、デマンドレスポンスに基づくインセンティブが発生する場合は、そのインセンティブを考慮した電力料金体系であっても良いことは言うまでもない。

【0048】

また、この実施の形態 1 では、電力料金テーブルを運転計画作成毎にクラウドサーバ 3 1 からダウンロードする場合について説明する。これは、以下の理由による。近年、ピーク時の電力を削減するためデマンドレスポンス方式が実証あるいは検証されている。デマンドレスポンスは、前日に通知されるケースもよくあるが、実施する数時間前にユーザに通知される場合もある。この実施の形態 1 では、運転計画作成タイミング毎に電力料金を確認することで、直前にデマンドレスポンスが通知されても対応を可能としている。

10

【0049】

次に、運転計画部 1 1 8 は、充電電力量（蓄電量）、および蓄電池 3 の温度情報である蓄電池セル温度を含む第 2 蓄電池情報を E c h o n e t L i t e 通信 I / F 部 1 1 3 を介して取得する（S 1 7）。

第 2 蓄電池情報の取得を完了すると、運転計画部 1 1 8 は、給湯機 5 の蓄熱量、湯量等の第 2 給湯機情報を E c h o n e t L i t e 通信 I / F 部 1 1 3 を介して取得する（S 1 8）。

第 2 給湯機情報の取得が完了すると、運転計画部 1 1 8 は、ステップ S 1 9 で示す運転計画の作成を開始する。

20

【0050】

以下、図 1 1 を用いて運転計画作成フローを説明する。この運転計画作成フロー（ステップ S 3 1 ～ステップ S 4 0）は図 1 0 に示すステップ S 1 9 を詳細に示すものである。

運転計画作成が開始されると運転計画部 1 1 8 内の運転計画作成部 2 0 6 は、E t h e r n e t（登録商標）通信 I / F 部 1 1 4 を介してクラウドサーバ 3 1 から天気予報情報、および気温予報情報を取得し、図示していない記憶領域に記憶する（S 3 1）。

天気予報情報、および気温予報情報の取得および記憶が完了すると、運転計画作成部 2 0 6 は、入手した天気予報情報が更新されているか確認する（S 3 2）。

ステップ S 3 2 で Y e s、即ち天気予報情報が更新されていた場合、運転計画作成部 2 0 6 は P V 発電電力予測部 2 0 3 に対して P V 発電電力の予測、および補正を行うよう指示を出す。P V 発電電力予測部 2 0 3 は指示を受け取ると、太陽光パネル 1 の取り付け角、および取り付け方位、経度、緯度情報を取得する。具体的には、太陽光パネル 1 の取り付け角、および取り付け方位情報については、太陽光パネル 1 の取り付け工事完了時にユーザが入力したものを、R O M 1 1 1 内に記憶しておき、そのデータを読み出す。経度、緯度情報については、クラウドサーバ 3 1 より入手する。

30

太陽光パネル 1 に関する各情報の取得を完了すると、運転計画作成部 2 0 6 は天気予報に基づく日射量推定を実施する。

【0051】

以下、この実施の形態 1 における日射量推定方法および P V 発電電力学習方法について P V 発電電力予測部 2 0 3、および P V 発電電力学習管理部 2 0 1 の動作と共に説明する。

40

P V 発電電力学習管理部 2 0 1 は、天気実績、および P V 発電電力から推定した日射量情報、および日時情報を元に日射量推定用のデータベースを作成する。この実施の形態 1 では、日射量推定用のデータベースとして、月毎に天気情報の種類毎にデータベーステーブルを持つものとする。なお、日射量推定用のデータベースは学習により追加、更新されるもので、日毎、あるいは週毎、あるいは季節毎に持たせるように構成しても良いことは言うまでもない。

図 1 4 は、P V 発電電力学習管理部内のデータベースに格納された各天気、時刻の日射量の予測データを示すもので、各天気（晴れ、曇り、雨）の学習データを内挿し求めた日

50

射量の学習結果から得られたものである。なお、30分単位の棒グラフでは3種類のデータを表示できないため、図14では波形で示した。図において、縦軸は推定日射量値、横軸は時刻を示す。なお、この実施の形態1では、データベースを30分単位で構成する場合について説明するがこれに限るものではなく、与えられたメモリサイズで、例えば15分単位、あるいは1時間単位で構成しても良いことは言うまでもない。また、冬季であれば雪の天気についてもデータベースを作成する。

【0052】

分電盤14内の電力計測回路14aで計測したPV発電電力により、30分間の平均PV発電電力が算出されPV発電電力学習管理部201に入力される。なお、この処理は上述したステップS12にて行っても良い。

そして、上述の要領で取得した経度、緯度情報、ステップS11で取得した日時情報（本日の月日、時刻情報）を元に、太陽の高度を算出する。太陽の高度の算出結果、太陽光パネル1の取り付け角、取り付け方位、および実測PV発電電力に基づく30分間の平均PV発電電力から日射量を算出する。

日射量の算出が完了すると、算出した日射量から過去30分間の天気を推定する。この実施の形態1では、日時、および上記算出した日射量から天気を推定するデータベースを準備しておくものとして説明を続ける。なお、上記日射量の算出結果は、図示していないPV発電電力学習管理部201内のメモリに日射量データとして記憶する。なお、該日射量データは、当日、太陽光パネル1が発電している時間帯分のデータを蓄積するものとして説明を続ける。

【0053】

PV発電電力学習管理部201は、上記天気の推定結果、および日時情報から日射量を推定する際に使用する図示していない学習データベースの日射量データを読み出す。そして、実測PV発電電力に基づく30分間の平均PV発電電力を元に、当該時刻に相当する学習データベースから読み出した日射量データに補正を加え、再度学習データベースに書き戻す。

図15は、ステップS33と後述するステップS34を説明する図で、推定日射量を実測結果に基づいて補正する日射量補正動作を説明する図である。

図15(a)に、学習用データベースから読み出した日射量データを示す。図において、縦軸は推定日射量（日射量予測値）、横軸は時刻を示す。なお、この実施の形態1では、データベースを30分単位で構成する場合について説明したがこれに限るものではなく、与えられたメモリサイズで、例えば15分単位、あるいは1時間単位で構成しても良いことは言うまでもない。また、冬季であれば雪の天気についてもデータベースを作成する。また、天気種別も晴れ、曇り、雨に限るものではなく、例えば、晴れのち曇り、曇りのち晴れ、晴れ時々曇り等、天気予報で通知される情報を用いてデータベースを構築しても良いことは言うまでもない。

【0054】

上記要領で実測結果に基づくPV発電電力学習が完了するとPV発電電力学習管理部201は、ステップS31で取得した天気予報情報、日時情報からPV発電電力学習管理部201内の学習テーブルデータ内の30分毎の日射量データである推定日射量を、図15(a)に示すように24時間分読み出す（S33）。

ステップS32でNoの場合は、ステップS33をパスする。

次に、実測PV発電電力に基づく30分毎の平均PV発電電力から日射量を算出、即ち平均PV発電電力を日射量に換算した、現時刻までの日射量算出値（図15(b)参照）を用いて、図15(a)に示す推定日射量に補正をかける。具体的には、以下の(式1)に示す演算で補正係数k1を算出して補正する。

【0055】

PV発電開始後：

$$k1 = \Sigma(\text{日射量算出値}) / \Sigma(\text{推定日射量})$$

PV発電開始前：

$$k_1 = 1$$

・・・・・・・・・・（式１）

但し、 Σ は、０時（あるいは発電開始）から現時刻までの合計を示す。

【００５６】

PV発電電力予測部２０３は上記（式１）により算出した補正係数 k_1 を、現時刻以降の推定日射量に乗算することで、実測結果に基づく日射量補正を行う。具体的には、上記学習テーブルから読み出した図１５（a）に示す推定日射量で、現時刻以降の３０分毎の推定日射量に補正係数 k_1 を乗じて、推定日射量の補正を行う。この場合、補正係数 k_1 が１より大きく、補正により増大した日射量を示している（図１５（c）参照）。

この実施の形態１では、以下の理由により実測結果に基づく日射量補正を行っている。上述したように、天気予報は、晴れ、曇り、雨、雪の４種類程度である。従って、天気予報が晴れであっても、雲１つない晴天と、雲の割合が７５％程度の晴れでは、PV発電電力は異なる。このため、実測結果に基づき推定日射量に補正を加えることで日射量の予測誤差の最小化を図っている（S３４）。

【００５７】

次に、補正係数 k_1 が乗算された補正後の日射量情報を元に、PV発電電力を予測する。

なお、PV発電電力予測に際しては、PV発電電力予測部２０３は、各時刻の日射量からPV発電電力を予測する学習テーブルを準備しておき、該学習テーブルを用いて各予測時刻のPV発電電力を予測するものとする。また、該PV発電電力を予測する学習テーブルは、電力計測部１１６で３０分間の平均発電電力、およびその情報から推定した日射量を元にデータを学習し、学習テーブルを構築するものとする。なお、当該学習テーブルは、この実施の形態１では時刻毎１２ヶ月分の学習テーブルを持つものとする。学習テーブルは１２カ月分に限るものではなく、例えば、１３カ月や季節毎４つのテーブル、週単位でテーブル、あるいは日単位でテーブルを持たせても良いことは言うまでもない（S３５）。

【００５８】

次に、PV発電電力予測部２０３は、PV発電電力の予測が完了すると、運転計画作成部２０６にその旨を通知する。該通知を受け取ると運転計画作成部２０６は、負荷消費電力予測部２０２に対して、気温の補正、蓄電池セル温度の補正、および負荷の消費電力の予測をするよう指示を出す。

まず、負荷消費電力予測部２０２は、実測結果に基づく気温の補正を実施する。以下、気温の実測結果に基づく補正方法について説明する。

図１６は、実測結果に基づいて気温情報を補正する動作を説明する図である。この実施の形態１では、気温予測情報は３０分単位でクラウドサーバ３１から通知されるものとする。図１６（a）に、クラウドサーバ３１から通知された気温予測情報を示す。図において、縦軸は予測気温、横軸は時刻を示す。

なお、気温予測情報は３０分単位に限るものではなく、１時間単位、４時間単位、あるいは６時間単位であっても良いことは言うまでもない。また、１時間、４時間、あるいは６時間単位で通知される場合は、データ間は内挿して使用するものとする。また、各時刻単位の気温情報ではなく、最高気温、最低気温情報のみでも良い。ただし、最高気温、最低気温の場合は、気温学習用のデータテーブルを例えば月毎、天気毎で準備し、該気温学習用のデータテーブルを利用して、２４時間の気温の変化を決定し、該最高気温、最低気温情報にて補正をかけるように構成しても良い。

【００５９】

クラウドサーバ３１から気温予測結果を受け取ると、負荷消費電力予測部２０２は、電力計測部１１６で計測した３０分間の平均気温情報を取得する。この実施の形態１では、気温は図示していない温度計で計測した外気温を各電流計測結果とともに電力計測部１１６で計測し、３０分間の平均気温を算出して負荷消費電力予測部２０２に出力するものとして説明を続ける。なお、実測気温による３０分間の平均気温情報は、負荷消費電力予測

部 202 内の図示していないメモリへ一旦記憶される、該メモリは、当日の 0 時より現時刻までの 30 分単位の平均気温データを記憶する。図 16 (b) に、当日の 0 時より現時刻までの実測気温による 30 分単位の平均気温情報を示す。

負荷消費電力学習管理部 200 は、図 16 (b) に示す実測気温による平均気温情報を用いて、図 16 (a) に示す気温予測情報に対して補正をかける。具体的には、以下の (式 2) に示すように、当日の 0 時より現時刻までの 30 分単位の平均気温 (実測気温) と予測気温との各差分データの平均値である補正值 k_2 を算出する。

【0060】

$$k_2 = \Sigma (\text{実測気温} - \text{予測気温}) / \text{データ数}$$

・・・・・・・・・・ (式 2)

10

但し、 Σ は、0 時から現時刻までの合計を示し、データ数は差分データの数を示す。

【0061】

そして補正值 k_2 の算出を終了すると、負荷消費電力学習管理部 200 は、図 16 (a) に示す予測気温で現時刻以降の 30 分毎の予測気温に、算出した補正值 k_2 を加算することで、実測結果に基づく気温補正を行う。この場合、補正值 k_2 が 0 より大きく、補正により増大した気温を示している (図 16 (c) 参照) (S36)。

【0062】

次に、負荷消費電力学習管理部 200 は、蓄電池セル温度を予測気温に合わせて補正した温度情報 (補正後蓄電池セル予測温度) を算出する。

図 17 は、補正後蓄電池セル予測温度の算出動作を説明する図である。なお、当日の 0 時より現時刻までの 30 分単位の蓄電池セル温度の平均データは、ステップ S17 にて取得した蓄電池セル温度から算出されて図示していないメモリへ記憶される。

20

具体的には、以下の (式 3) に示すように、最新の平均蓄電池セル温度 (蓄電池セル温度) と平均気温 (実測気温) との差分である補正值 k_3 を算出する。なお、蓄電池 3 は使用により温度上昇する為、 k_3 は 0 以上である。

【0063】

$$k_3 = \text{蓄電池セル温度} - \text{実測気温}$$

・・・・・・・・・・ (式 3)

【0064】

そして補正值 k_3 の算出を終了すると、負荷消費電力学習管理部 200 は、図 17 に示すように、ステップ S36 において補正した補正後の 30 分毎の各予測気温に、算出した補正值 k_3 を加算することで、現時刻以降の 30 分毎の補正後蓄電池セル予測温度を算出する (S37)。

30

なお、蓄電池セル温度に対して想定される現時刻以降の 30 分毎の予測温度を算出し、その予測温度をステップ S36 での気温補正と同様に補正して補正後蓄電池セル予測温度を求めても良い。

【0065】

次に、負荷消費電力予測部 202 は負荷消費電力学習管理部 200 に対して負荷機器 20 の消費電力を予測して補正を実施するよう指示を出す。指示を受け取った負荷消費電力学習管理部 200 は、電力計測部 116 で計測した各負荷機器 20 (エアコン 21、冷蔵庫 22、照明 23、IH クッキングヒータ 24 等) の 30 分間の平均消費電力を取り込む。そして、取り込んだ 30 分間の平均消費電力を元に、図示していない負荷消費電力予測用の学習データベースを更新する。この実施の形態 1 では、負荷消費電力予測用のデータベースは各月の曜日毎に天気情報の種類ごとに学習テーブルを持つものとする (テーブル数は 12 カ月 $\times$ 7 日 $\times$ 3 (天気種類) = 252)。また、データベースに記憶するデータは、給湯機 5 の消費電力を除く負荷機器 20 の消費電力の合計を学習し記憶するものとする。なお、データベースは接続されている負荷機器 20 毎に持たせても良いことは言うまでもない。また、給湯機 5 については、負荷消費電力予測部 202 内に個別のデータベースを準備するものとし、その詳細は後述する。

40

【0066】

50

電力計測部 116 で計測した各負荷機器 20 の 30 分間の平均消費電力は、負荷消費電力学習管理部 200 で加算される。そして、ステップ S11 で取得した月日、曜日、時刻情報、およびステップ S31 で取得した天気予報情報に基づき負荷消費電力予測用の学習データベースからデータを読み出し、上記加算結果を元に負荷消費電力を学習し、その結果を再度学習データベースに書き戻す。

【0067】

図 18 は、予測された負荷消費電力を実測結果に基づいて補正する負荷消費電力補正動作を説明する図である。

実測結果に基づく負荷消費電力量学習が完了すると、負荷消費電力学習管理部 200 は負荷消費電力予測部 202 にその旨を通知する。終了通知を受け取った負荷消費電力予測部 202 は、ステップ S31 で取得した天気予報情報、ステップ S11 で取得した月日、曜日情報から負荷消費電力の予測値（学習テーブルデータ内のデータ）を当日の 24 時間分読み出す（図 18（a）参照）。

図 18（a）において、縦軸は消費電力、横軸は時刻を示す。なお、この実施の形態 1 では、データベースを 30 分単位で構成する場合について説明したがこれに限るものではなく、与えられたメモリサイズで、例えば 15 分単位、あるいは 1 時間単位で構成しても良いことは言うまでもない。

【0068】

そして、午前 0 時から現時刻までの負荷消費電力実績（図 18（b）参照）を用いて、図 18（a）に示す負荷消費電力の予測値に補正をかける。その際、この実施の形態 1 では、家族スケジュール管理部 121 が管理している家族のスケジュールを参照する。例えば、お父さんが出張で帰宅をしない場合は、給湯機 5 で給湯する湯量を少なくするとともに、エアコン 21 や照明 23 等の消費電力についても見直す。上記要領で、家族スケジュールに基づく消費電力の補正が完了すると、実測値に基づく消費電力の補正を実施する。

具体的には、現時刻から遡り 2 時間前までの消費電力誤差（2 時間の平均消費電力と 2 時間の予測消費電力の差）に基づき、以降の消費電力を予測する。これは、以下の理由に基づく。消費電力予測をする際の誤差要因は、家族スケジュールに加え、天気（特に気温）が大きく係わる。特に、夏季や冬季はエアコン 21 等の空調設備の消費電力が大きく変わる。例えば、気温が高い場合、あるいは低い場合は、エアコン 21 を使用する時間が長くなるとともに、気温が高い、あるいは低いため消費電力も上昇する。

【0069】

よって、この実施の形態 1 では、過去 2 時間の平均消費電力の誤差である、2 時間の平均消費電力から 2 時間の予測消費電力を差し引いた差分を補正值 k_4 とする。そして、図 18（c）に示すように、現時刻以降の負荷消費電力の予測値（予測消費電力）に補正值 k_4 を加えることで誤差の補正を行う。

なお、負荷消費電力の予測においては、誤差値をそのまま補正值に用いて予測値に加える。これは、上述したように、消費電力の誤差は、エアコン 21 や照明 23 等の運転時間、および個別の負荷機器 20 の消費電力の変動に起因するものが大きいためである。例えば、予定外の時間からエアコン 21 が動作する、あるいは気温が高い（あるいは低い）ためエアコン 21 の消費電力が予定より多くなるなど個別の負荷機器 20 の消費電力増加に起因して負荷消費電力は増加する。

この実施の形態 1 では、実測結果との平均誤差を補正值 k_4 として負荷消費電力の予測値に加算するよう構成した。また、家族のスケジュールに基づき補正を加えることで負荷消費電力の予測誤差の最小化を図っている（S38）。

【0070】

負荷消費電力予測部 202 は、負荷消費電力の予測値の補正が完了するとその旨を運転計画作成部 206 に通知する。運転計画作成部 206 は、負荷消費電力予測部 202、および PV 発電電力予測部 203 から取得した本日の負荷消費電力および PV 発電電力の予測結果から、現時刻以降の 30 分毎の余剰電力を予測する。具体的には、余剰電力として（PV 発電電力予測結果－負荷消費電力予測結果）を算出する（S39）。

余剰電力の予測が終了すると、運転計画作成部 206 は蓄電池 3 および給湯機 5 の運転計画の作成を行う (S40)。

【0071】

以下、図 12 を用いて蓄電池 3 および給湯機 5 の運転計画作成フローを説明する。この運転計画作成フロー (ステップ S41～ステップ S50) は図 11 に示すステップ S40 を詳細に示すものである。なお、この実施の形態 1 では、深夜 0 時から 24 時までの運転計画を作成する。

蓄電池 3 および給湯機 5 の運転計画作成が開始されると、運転計画部 118 内の運転計画作成部 206 は、給湯機 5 の情報を収集する。具体的には、家族スケジュール管理部 121 から、給湯機 5 の使用計画である使用時刻および使用湯量を取得する。図 19 に、給湯機 5 の使用計画の一例を示す。給湯機 5 の使用計画を入手すると、水温情報を元に現在の蓄熱量を求める。なお、翌日の給湯機 5 の運転計画を立てる際の水温は、給湯機 5 内の図示していない水温計で予め定められた時間に測定した水温を使用するものとする (S41)。

【0072】

次に、運転計画作成部 206 は給湯機 5 の特性情報の収集を実施する。この実施の形態 1 では、給湯機 5 の特性情報はクラウドサーバ 31 に記憶されているものとして説明を続ける。通常、給湯機 5 は深夜時間帯の安い電力を使用してお湯を沸かし、使用時間までに損失した損失熱量については使用前に追いきするよう構成されているため、自身の特性データを内部に記憶していない場合が多い。よって、この実施の形態 1 では、給湯機 5 の特性をクラウドサーバ 31 から取得するものとした。

なお、取得した給湯機 5 の情報 (使用湯量、使用時間および蓄熱量)、および給湯機 5 の特性情報は給湯機モデル 205 に入力する (S42)。

【0073】

運転計画作成部 206 は、給湯機 5 の特性情報の取得を完了すると、蓄電池 3 のさらなる情報を取得する。具体的には、後述する蓄電池 3 の運転計画から算出した本日 23 時の蓄電電力量予測結果、昨日終了時に算出した蓄電池 3 の容量維持率、蓄電池パワコン効率 (蓄電池 3 および蓄電池パワコン 4 の両者の損失から求めた効率で、充電電力量に対する放電可能電力量の割合)、および蓄電池 3 の容量情報を取得する。

この実施の形態 1 では、毎日 23 時に、1 日の蓄電池 3 の動作履歴および計測結果から容量維持率を推定するものとして説明する。容量維持率は、23 時の時点で、24 時間の蓄電池 3 の充放電履歴、蓄電池セル温度から CPU110 が算出し、運転計画作成部 206 に通知する。なお、容量維持率の計算方法の説明は省略する。

また、蓄電池パワコン効率は、電力計測部 116 にて、充電電流、放電電流、および SOC 情報から算出するものとする。なお、蓄電池パワコン効率の算出方法はこれに限るものではなく、予め蓄電池パワコン 4 に記憶しておき、Echonet Lite 通信 I/F 部 113 を介して取得しても良いことは言うまでもない (S43)。

【0074】

次に、運転計画作成部 206 は蓄電池 3 の特性情報を取得する。この実施の形態 1 では、蓄電池パワコン 4 から Echonet Lite 通信 I/F 部 113 を介して蓄電池 3 の特性情報を取得する。蓄電池パワコン 4 は、蓄電池 3 の不必要な劣化を抑えるため、蓄電池パワコン 4 内、あるいは蓄電池 3 内の図示していないバッテリーマネジメントユニットに蓄電池 3 の特性情報を有している場合が多い。なお、取得した蓄電池 3 の特性情報をクラウドサーバ 31 に記憶しておき、クラウドサーバ 31 から入手するよう構成しても良いことは言うまでもない。

取得した蓄電池 3 の情報、および蓄電池 3 の特性情報は蓄電池モデル 204 に入力する (S44)。

【0075】

次に、運転計画作成部 206 は、蓄電池モデル 204 において蓄電池 3 のモデルを生成する。具体的には、蓄電池モデル 204 において、蓄電池 3 の容量維持率情報を元に蓄電

10

20

30

40

50

池3の劣化の進度を推定し、推定結果に基づきステップS44で入手した蓄電池特性情報に補正を加える。そして、補正を加えた蓄電池特性を、例えば重回帰分析手法を利用し、この実施の形態1では、二次計画法で使用可能な二次系のモデルに近似する。

上述したように、蓄電池3は、蓄電池セル温度および蓄電電力量により充放電電流の最大値が変わる。また、蓄電池セル温度により、充電可能な最大SOC値も変わる。更に、上記充放電電流の最大値、充電可能な最大SOC値も蓄電池3の劣化進度によって変わる。

この実施の形態1では、ステップS37にて補正した補正後蓄電池セル予測温度に基づいて図8に示す蓄電池充放電電流の制限テーブルを選択する。そして、更に、劣化進度により、蓄電池充放電電流の制限テーブルを変更すると共に、劣化が進んだ蓄電池3に対しては充電終止電圧を新品のものに比べ低くする。具体的には、図8に示す蓄電池充放電電流の制限テーブルを最大充放電電流も低く抑えるように変更する。また、図6(b)に示す定電流充電から定電圧充電に切替える蓄電池電圧を低くするとともに、SOCについても1.0(満充電)になる前に終了する。

【0076】

そして、変更した蓄電池充放電電流の制限テーブルを元に重回帰分析手法を利用し蓄電池3をモデル化する。このため、蓄電池3の温度特性、SOC特性(例えば、図6(b)に示す特性)に加え、蓄電池劣化も考慮したモデルとすることができる。なお、蓄電池3のモデルの更新は、毎回実施するのではなく、例えば10日に1回、あるいは1カ月に1回、あるいはSOCが0.01変化した場合等でも良いことは言うまでもない(S45)。

【0077】

蓄電池モデル204において蓄電池3のモデル化を完了すると、運転計画作成部206は、給湯機5の運転パターンを選択する。この実施の形態1では、給湯機5の特性を二次系のモデルに近似するのではなく、運転計画を示す運転パターンを予め複数用意しておき、運転パターンを選択することで運転計画を作成するものとする。

一般に、給湯機5は1日に運転、停止を繰り返し使用すると機器寿命が短くなるため、起動および停止は1日2~3回程度に制限して使用する。このため、運転パターンを選択することで運転計画を作成する方法において、運転パターン数を絞ることができ演算量の削減が図れる。なお、蓄電池3と同様に重回帰分析等の手法を用い、二次系のモデルに近似しても良いことは言うまでもない。

この実施の形態1では、給湯機5の1日の起動停止回数を最大2回とする。この場合、ユーザが風呂の追いだきで使用する場合等を考慮し運転計画では2回に制限し、ユーザからの追いだき要求がある場合は、給湯機5の起動に制限を設けないものとする。

【0078】

また、給湯機モデル205は給湯機5の複数種類の運転計画(運転パターン)を管理する。以下、給湯機モデル205の動作を詳しく説明する。

上述したように、給湯機5はヒートポンプサイクルを利用するため、気温によりCOPが変わる。例えば、3℃と9℃では1.5倍以上COPが変わる場合もある。従って、この実施の形態1では、給湯機モデル205において、図9に示すCOP特性、電力料金体系および余剰電力に基づいて、給湯機5の運転パターンの数を予め絞ることで、運転計画作成部206部での負担を減らす。具体的には、気温予測結果に基づき、各時刻(この実施の形態1では、30分単位)の平均使用電力および蓄熱量を算出する。この平均使用電力算出結果と余剰電力予測結果とから売電あるいは買電電力を算出する。そして、この売買電力算出結果を元に、給湯機5を運転した場合の電力料金と運転しなかった場合の電力料金を算出する。この電力料金は、ユーザの契約に基づく電力料金体系における買電料金および余剰電力の売電料金を参照して算出される。そして、算出結果の中から、電力料金の削減効果の高い複数の運転パターンを抽出する。なお、抽出により給湯機モデル205が生成する運転パターンは、給湯機5の深夜給湯を必ず含むものとする。これは、運転計画には蓄電池3の充放電の計画も含まれており、給湯機5で余剰電力を用いて給湯するよ

10

20

30

40

50

りも、余剰電力を蓄電池 3 に充電し、給湯機 5 の運転は、深夜給湯にて行う場合の方が電力料金が安い場合があるためである。

なお、CPU 110 の処理能力に余裕がある場合は、給湯機 5 の全ての運転パターンを用いて運転計画を作成しても良いことは言うまでもない。

このように給湯機モデル 205 が生成する複数の運転パターン内から、運転計画作成部 206 は、上述したように運転パターンを選択する (S46)。

【0079】

運転計画作成部 206 は、選択された運転パターンが給湯機モデル 205 から入力されると、ステップ S45 で生成した蓄電池 3 のモデルと、各種予測結果 (PV 発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果、気温予測結果、蓄電池セル温度予測結果) とから、選択された運転パターンにおける電力料金が最小になる蓄電池 3 の運転計画を二次計画法を用いて導出する。この場合、現時刻から 24 時までに発生する電力料金が最小になるように、蓄電池 3 の運転計画として、蓄電池 3 に計画される 30 分毎の充放電電力を決定する。この充放電電力の決定は、蓄電池 3 のモデルを用いた二次計画法にて行なうため、蓄電池セル温度に係る温度情報と蓄電電力量の情報に基づいて取得された充放電電流の制限テーブルを用いて、即ち蓄電池 3 の最大充放電電流に基づいて決定されるものとなる (S47)。

10

次に、運転計画作成部 206 は、給湯機 5 の運転パターン、蓄電池 3 の運転計画、PV 発電電力予測結果および負荷消費電力予測結果から電力料金を算出する (S48)。

そして、電力料金の算出が完了すると、給湯機モデル 205 で生成された全ての運転パターンについて処理して電力料金を確認したかを判定する (S49)。

20

【0080】

ステップ S49 で、給湯機モデル 205 で生成された全ての運転パターン内で、未処理の運転パターンがある場合は、ステップ S46 に戻り、未処理の運転パターンを選択する。

ステップ S49 で、給湯機モデル 205 で生成された全ての運転パターンについて処理されて各電力料金の確認が完了すると、運転計画作成部 206 は、電力料金が最小である運転パターンを決定する。これにより、電力料金が最小となるように、給湯機 5 の運転パターンと蓄電池 3 の運転計画 (充放電電力) との組み合わせが決定される (S50)。

これにより、ステップ S19 で示す運転計画の作成を終了する。

30

【0081】

次に、図 10 に示すように、運転計画作成部 206 は、蓄電池 3 の運転モードの決定を行う (S20)。このステップ S20 における、蓄電池 3 の運転モードの決定処理については、後述する。

蓄電池 3 の運転モードの決定が完了すると、電力管理装置 100 内の CPU 110 は、1 日が経過したか (23 時か) を確認する (S21)。ステップ S21 において、1 日が経過していない場合は、ステップ S11 に戻り、再度フローを実行する。

ステップ S21 において、1 日が経過した場合は、1 日の充放電履歴データを使用して蓄電池 3 の劣化進度を推定し (S22)、再びステップ S11 に戻り運転計画作成を開始する。

40

【0082】

以下、上記ステップ S20 における、蓄電池 3 の運転モードの決定処理について、詳細に説明する。

この実施の形態 1 では、蓄電池 3 の運転モードとして、強制充電モード、強制放電モード、ピークカットモード、余剰電力充電モード (余剰充電モード)、売電最大モード、買電最小モード、待機モードの 7 つのモードを有する場合について説明する。

強制充電モードは電力管理装置 100 から指示された充電電力で充電するモードであり、例えば、深夜電力の充電等で使用する。強制放電モードは電力管理装置 100 から指示された放電電力で放電するモードである。ピークカットモードは、買電電力が所定の電力を越えないように蓄電池 3 から電力を放電するモードである。余剰電力充電モードは、P

50

V 発電電力から負荷消費電力を差し引いた余剰電力を充電するモードである。なお、創エネ機器 A が、風力発電機器や燃料電池の場合も、発電電力が消費電力より大きい場合に生じる余剰電力を充電する場合は余剰電力充電モードを使用する。売電最大モードは P V 発電電力を最大限売電するモードで、基本的には負荷機器 2 0 の消費電力を蓄電池 3 の放電で賄う。買電最小モードは買電電力が最小になるように蓄電池 3 の充放電制御を行う。そして、待機モードは蓄電池 3 は充放電を行わずに待機しているモードを示す。

【0083】

図 2 0 は、この実施の形態 1 における蓄電池 3 の運転モードと各機器の電力状態の関係を示す。なお、蓄電池 3 の運転モードと各機器の電力状態の関係は図 2 0 に限るものではない。

10

太陽光パネル 1 (P V) が発電していれば P V は発電、発電をしていなければ停止状態とする。また、蓄電池 3 は、運転計画に基づき充電、放電、充放電なしの 3 種類で記した。またシステムが系統 (商用系統 1 1) へ売電を実施していた場合は売電欄に○を記した。同様に系統から買電をしていた場合は、買電欄に○と記した。なお、買電欄、および売電欄に×が記されている場合は、買電、あるいは売電を実施していないことを示す。

次に、蓄電池 3 の運転モードについて説明する。蓄電池 3 の運転モードは P V 発電の有無、蓄電池 3 の動作状態 (充電 / 放電 / 充放電なし) 、系統の状態 (売電あり / 買電あり / 売買電なし) により候補となる運転モードには○、候補とならない運転モードには×を記した。

【0084】

20

例えば、P V 発電ありで、蓄電池 3 は充電で、系統への売電がある場合、蓄電池 3 の運転モードは、余剰電力充電モード、買電最小モードの 2 種類のモードが考えられる。また、蓄電池 3 が充電していることから、強制放電モード、売電最大モード、待機モードとはなり得ない。ピークカットモードについては考えられるが、この実施の形態 1 では、その場合について、買電最小モードとして扱うものとした。そして、候補に挙がった 2 つの運転モードから、電力料金体系、蓄電池 3 の蓄電電力量、負荷消費電力等に基づき、蓄電池 3 を制御する運転モードを決定する。

【0085】

運転計画部 1 1 8 で作成された運転計画に基づいて蓄電池 3 の運転モードを決定する方法について、図 2 0 ～図 3 4 を参照して以下に説明する。

30

図 2 1 は、蓄電池 3 の運転モードを決定する際のメインフローを示す。

蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、運転計画部 1 1 8 から蓄電池 3 の運転計画として現時刻以降の 3 0 分間の充放電電力が通知されると、運転モードの決定を開始する。なお、この実施の形態 1 では、現時刻以降の 3 0 分間における蓄電池 3 の充放電電力を用いて運転モードを決定する場合について説明する。しかし、これに限るものではなく、例えば、現時刻以降の 1 時間、2 時間、あるいは 2 4 時間の充放電電力を用いても良いことは言うまでもない。

【0086】

まず、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、運転計画部 1 1 8 で使用した各種データを取得する。この実施の形態 1 では、P V 発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果、給湯機 5 の運転計画である運転パターン、電力料金テーブル、蓄電池 3 の特性 (充放電電流の制限テーブルまたは充放電電流の最大値) 、蓄電池 3 の電池電圧、S o C 情報、充放電効率 (系統から充電した電力を系統に放電する際の充放電効率) 、D R 情報等を取得する (S 1 0 0) 。

40

各種データの取得が完了すると蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、P V 発電電力予測結果から現時刻以降の 3 0 分間に P V 発電があるか否かを確認する (S 1 0 1) 。 P V 発電があると判断すると (Y e s の場合) 、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、蓄電池 3 の運転計画 (充放電電力) から蓄電池 3 は充電するかを確認する (S 1 0 2) 。

【0087】

蓄電池 3 が充電する場合 (Y e s の場合) 、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、買電電

50

力があるかを確認する。具体的には、P V発電電力予測結果から負荷消費電力予測結果と蓄電池3の充電電力とを減算した値が正か否かで確認する（S 1 0 3）。買電電力があると判断すると（Y e s の場合）、蓄電池運転モード決定部1 2 3は、図2 2に示すフローF 1を実行する。フローF 1は、P V発電ありで、蓄電池3は充電、系統からは買電している。この場合、系統から買電した電力を充電することになるので、図2 0に示すように、蓄電池3は強制充電モード（充電電力固定）、もしくはピークカットモードで運転される。

【0 0 8 8】

強制充電モードは、この実施の形態1の電力料金体系の場合、深夜電力時間帯（2 3時まで）に入るまでの最高買電価格が、現在の買電価格で買電して蓄電池3に充放電を行った場合の電力料金（蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失とを考慮した電力料金）と比較して高い場合、即ち、充電して後で使用するほうが経済的な場合を選択する。例えば、朝7時までの時間帯にP V発電がある場合、あるいは夏季料金がある夏場の1 2時までの時間帯等に適用される。

一方、上記条件以外は、ピークカットモードで動作するものとする。想定されたP V発電電力が確保できない、あるいは負荷消費電力が予測を越えて増大する場合、系統からの買電電力が増加する。運転計画では、高負荷機器（例えば、I Hクッキングヒータ2 4や給湯機5等）を複数台同時に使用する場合等を想定して計画される場合があり、その際、使用電力を契約電力以下に抑えるために蓄電池3から放電する。そのような場合に使用する電力を、前もって蓄電池3に充電することを想定している場合があり、買電電力を蓄電池3に充電する事がある。この実施の形態1では、電力を必要以上に買電しないようにピークカットモードを使用する。

【0 0 8 9】

図2 2に示すように、フローF 1では、まず、買電電力充電時の電力料金の算出を行う。具体的には、現在の買電価格での買電電力を蓄電池3に充電することになるが、蓄電池3に一旦電力を充電し、充電した電力を放電する場合、蓄電池3の内部抵抗による電力損失（充電時および放電時それぞれに発生）、蓄電池パワコン4の電力変換損失（充電時および放電時それぞれに発生）分の電力を損失する。従って、1 k W hの放電電力を確保するためには、充放電で損失する電力を余計に充電する必要があるため電力料金は高くなる。よって、買電電力充電時の電力料金は、現在の買電価格を、充放電に伴う電力変換損失等を考慮した充放電効率で除算して算出する（S 1 2 1）。

次に、算出した買電電力充電時の電力料金が、現時刻以降の一番高い買電価格（最高売電価格）より高いか否かを判断し（S 1 2 2）、算出した電力料金価格が最高買電価格より高くない場合（N o の場合）は、D R要求があったかを確認する（S 1 2 3）。D R要求がなければ（N o の場合）、蓄電池3の運転モードを強制充電モードに決定し（S 1 2 4）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。なお、蓄電池3は、運転計画部1 1 8より通知された充電電力（充放電電力）で充電される。

【0 0 9 0】

ステップS 1 2 2において、算出した電力料金価格が最高買電価格より高い場合（Y e s の場合）、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定し（S 1 2 5）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

また、ステップS 1 2 3において、D R要求がある場合（Y e s の場合）も、ステップS 1 2 5に移行して、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定し、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0 0 9 1】

図2 1に戻って説明を続ける。

ステップS 1 0 3において、買電電力がないと判断すると（N o の場合）、蓄電池運転モード決定部1 2 3は、売電電力があるかを確認する（S 1 0 4）。売電電力があると判断すると（Y e s の場合）、蓄電池運転モード決定部1 2 3は、図2 3に示すフローF 2を実行する。フローF 2は、P V発電ありで、蓄電池3は充電、系統へ売電している。こ

の場合、P V発電電力は蓄電池 3、負荷機器 2 0 および系統に供給されることとなるので、図 2 0 に示すように、蓄電池 3 は余剰電力充電モード、もしくは買電最小モード（余剰充電あるいは余剰売電）で運転される。

【0092】

図 2 3 に示すように、フロー F 2 では、まず、通知された充電電力（充放電電力）と蓄電池 3 の電圧から充電電流を算出する（S 1 4 1）。そして、蓄電池 3 の最大充電電流を算出する。この実施の形態 1 では、蓄電池セル温度、および蓄電池 3 の S o C 情報から、蓄電池 3 の特性（充放電電流の制限テーブル）を用いて最大充電電流を算出する。上述したように、蓄電池 3 の特性により、例えば、蓄電池セル温度が高く、最大放電電流がクリップされる、あるいは、S o C が満充電近くで定電圧領域で充電するような場合等、充電電流が確保できずに低くなる場合があり、最大充電電流を算出しておく（S 1 4 2）。 10

次に、余剰電力と充電電力が等しいか否かを確認する。蓄電池セル温度等の情報が運転計画部 1 1 8 で使用したものと異なるため、マージンをとって等しいか否かを確認する。この実施の形態 1 では 1 0 % 程度の誤差を許容して、等しいと判断する（S 1 4 3）。

余剰電力と充電電力が等しいと判断すると（Y e s の場合）、蓄電池 3 の運転モードを余剰電力充電モードに決定し（S 1 4 4）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。

【0093】

ステップ S 1 4 3 において、余剰電力と充電電力が等しくない場合（N o の場合）、ステップ S 1 4 1 で算出した充電電流と、ステップ S 1 4 2 で算出した最大充電電流が等しいか否かを確認する。この場合も上述したように一定のマージンを許容して判断する（S 1 4 5）。充電電流と最大充電電流が等しいと判断すると（Y e s の場合）、ステップ S 1 4 4 に移行して、蓄電池 3 の運転モードを余剰電力充電モードに決定し、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。 20

充電電流が図 8 に示す最大充電電流の値とほぼ同じ値になる場合は、蓄電池 3 の特性により充電電流が最大値にクリップされたものと判断するため、余剰電力充電モードに決定する。なお、充電電流が最大値にクリップされたと判断するのは、以下の理由による。運転計画部 1 1 8 では、3 0 分間の平均充放電電力を算出する。従って、計画の後半部で S o C が 0 . 8 を越えると蓄電池 3 は定電流充電から定電圧充電に切り換える。それに伴い、後半の充電電力は少なくなり、3 0 分間の平均充電電力が小さくなる。また、充電中に、蓄電池 3 や蓄電池パソコン 4 での損失により蓄電池セル温度が上昇し、充電の前半と後半では最大充電電流が変わってくる場合も想定される。よって、この実施の形態 1 では、例えば数 A 程度のマージンを取ることにする。 30

【0094】

ステップ S 1 4 5 において、充電電流と最大充電電流が等しくない場合（N o の場合）、充電電流にまだ余裕があるので、買電最小モードを選択する。その際、ステップ S 1 2 1 と同様に買電電力充電時の電力料金の算出を行い、余剰電力の売電価格と比較する（S 1 4 6）。買電電力充電時の電力料金が余剰電力の売電価格より高いと判断した場合は、蓄電池 3 の運転モードを買電最小モードで余剰電力を充電するモードに決定し（S 1 4 7）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。ステップ S 1 4 6 で、買電電力充電時の電力料金が余剰電力の売電価格より高くない場合は、蓄電池 3 の運転モードを買電最小モードで余剰電力を売電するモードに決定し（S 1 4 8）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。 40

【0095】

図 2 1 に戻って説明を続ける。

ステップ S 1 0 4 において、売電電力がないと判断すると（N o の場合）、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、図 2 4 に示すフロー F 3 を実行する。フロー F 3 は、P V 発電ありで、蓄電池 3 は充電、系統への売買電は無い場合に使用する。

この場合、P V 発電電力と、蓄電池 3 の充電電力および負荷機器 2 0 の消費電力とのバランスがとれている。従って、蓄電池 3 の運転モードとしては、余剰電力充電モードと買電最小モードの 2 種類のモードが考えられる。 50

【0096】

図24に示すように、フローF3では、まず、余剰電力を売電価格で充電した際の電力料金を算出する。この際、蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失とを考慮した充放電効率で除算した電力料金を算出する(S161)。次に、算出した売電電力充電時の電力料金と買電価格を比較し(S162)、買電価格の方が高い場合は、蓄電池3の運転モードを余剰電力充電モードに決定し(S163)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS162において、買電価格が売電電力充電時の電力料金より高くない場合、ステップS121と同様に買電電力充電時の電力料金の算出を行い(S164)、算出した買電電力充電時の電力料金と、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで(23時まで)の買電価格の最大値とを比較する(S165)。

ステップS165において、買電電力充電時の電力料金が高い場合は、蓄電池3の運転モードを買電最小モードで余剰電力を売電するモードに決定し(S166)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS165において、買電電力充電時の電力料金が買電価格の最大値より高くない場合は、ステップS163に移行し、蓄電池3の運転モードを余剰電力充電モードに決定し、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0097】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS102において、蓄電池3が充電しない場合(N oの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、蓄電池3が放電するかを確認する(S105)。蓄電池3が放電する場合は(Y e sの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、買電電力があるか確認する(S106)。そして、買電電力がある場合は(Y e sの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、図25に示すフローF4を実行する。フローF4は、P V発電ありで、蓄電池3は放電、系統からの買電がある場合に使用する。この場合、基本的にはピークカットで動作する。しかしながら、算出された放電電流が、図8に示す最大放電電流の値とほぼ同じである場合は、運転計画部118で放電電流がクリップされたものとして、ピークカットモードではなく買電最小モード、あるいは売電最大モードを選択する。買電最小モードと売電最大モードの選択は、余剰電力の売電価格で決定する。

【0098】

図25に示すように、フローF4では、まず、通知された放電電力(充放電電力)と蓄電池3の電圧から放電電流を算出する(S181)。そして、蓄電池3の最大放電電流を算出する。この実施の形態1では、蓄電池セル温度、および蓄電池3のS o C情報から、蓄電池3の特性(充放電電流の制限テーブル)を用いて最大放電電流を算出する(S182)。

次に、算出した放電電流と最大放電電流が等しいか否かを確認する。この場合も上述した充電の場合と同様に、一定のマージンを許容して判断する(S183)。放電電流と最大放電電流が等しくないと判断すると(N oの場合)、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定し(S184)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0099】

ステップS183において、放電電流と最大放電電流が等しい場合(Y e sの場合)、買電最小モードあるいは売電最大モードを選択することになる。

買電最小モードあるいは売電最大モードを選択する場合、蓄電池3は放電電力と負荷の消費電力がほぼ等しくなるように制御される。フローF4の場合では、買電電力があるため、基本的には上述したように指定された買電電力になるように蓄電池3はピークカットモードで動作する。しかし、蓄電池3の特性により放電電流が確保できない(例えば、蓄電池セル温度が高く、最大放電電流がクリップされているような場合)は、買電最小モード、あるいは売電最大モードのどちらかを選択する。なお、この実施の形態1では、ステップS183において、放電電流と最大放電電流がほぼ等しいか否かで、ピークカットモードかどうかの決定を判断した。これは、例えば、蓄電池セル温度等の情報が運転計画部

10

20

30

40

50

118で使用したものとは異なるためマージンをとっているためであり、フローF2の場合と同様に10%程度の誤差は、ほぼ等しいと判断する。

【0100】

ステップS183でYesの場合は、蓄電池運転モード決定部123は、余剰電力の売電価格が、買電価格よりも高いか否かを確認する(S185)。そして、売電価格が高い場合(Yesの場合)は、蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定し(S186)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS185において、売電価格が買電価格より高くない場合(Noの場合)は、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで(23時まで)の買電価格の最大値を、売電電力充電時の電力料金と比較する。売電電力充電時の電力料金は、売電価格で購入した電力を蓄電池3に充電する場合を想定した電力料金を、蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失を考慮した充放電効率で除算した値である(S187)。売電電力充電時の電力料金が買電価格の最大値より高い場合、ステップS186に移行して蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定し、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0101】

ステップS187において、売電電力充電時の電力料金が買電価格の最大値より高くない場合、蓄電池3の運転モードを買電最小モードで余剰電力を充電するモードに決定し(S188)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

例えば、余剰電力の売電価格が20円で、PV発電の余剰電力を蓄電池3に充電し、この充電した余剰電力を放電する際の効率を80%とする。その場合、1kWhの充電で、蓄電池3から放電できる電力は0.8kWhとなる。よって、蓄電池3から1kWhの電力を取り出そうとした場合、 $1\text{ kWh} / 0.8 = 1.25\text{ kWh}$ 必要となり、余剰充電の単価は、 $20\text{ 円} \times 1.25 = 25\text{ 円} / \text{kWh}$ となる。即ち、買電電力料金を1kWh当たり、例えば24円とすると、この電力料金では、余剰電力を充電せずに売電したほうが経済的なメリットがある。

なお、電力料金体系は上述に限るものではない。また、この実施の形態1では、図8に示す最大放電電流と放電電流がほぼ同じ値の場合に放電電流がクリップされたものとしたが、それは以下の理由による。運転計画部118では、30分間の平均放電電力を算出する。従って、放電中に、蓄電池3や蓄電池パワコン4での損失により蓄電池セルの温度が上昇し、充電の前半と後半では最大放電電流が変わってくる場合も想定されるためである。

【0102】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS106において、買電電力がない場合は(Noの場合)、売電電力があるかを確認する(S107)。そして、売電電力がある場合は、蓄電池運転モード決定部123は、図26に示すフローF5を実行する。フローF5は、PV発電ありで、蓄電池3は放電、系統への売電がある場合に使用する。この場合、売電最大モードと買電最小モードの2種類のモードが考えられる。

【0103】

図26に示すように、フローF5では、フローF4の場合と同様に、まず、通知された放電電力(充放電電力)と蓄電池3の電圧から放電電流を算出し(S201)、蓄電池3の最大放電電流を算出する(S202)。

次に、放電電力が負荷消費電力と等しいかを確認する(S203)。なお、この場合も上述したように、一定の誤差を許容して等しいと判断する。以降、一定の誤差を許容して等しい事をほぼ等しいと表わす。

ステップS203において、放電電力が負荷消費電力とほぼ等しい場合は、蓄電池3の運転モードを充電最大モードに決定し(S204)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0104】

ステップS203において、放電電力が負荷消費電力とほぼ等しくない場合、放電電流と最大放電電流がほぼ等しいかを確認する（S205）。ほぼ等しい場合は、ステップS204に移行して、蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定し、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS205において、放電電流と最大放電電流がほぼ等しくない場合、売電価格が買電価格より高いかを判断する（S206）。売電価格の方が高い場合は、余剰電力を売ったほうが経済的にメリットがあると判断し、ステップS204に移行して、蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定し、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS206において、売電価格の方が高くない場合は、蓄電池3の運転モードを買電最小モードに決定し（S207）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

10

なお、買電最小モード選択時にPV発電の余剰電力が発生した場合は、蓄電池3に充電するものとする。これは、運転計画部118内の蓄電池モデル204で作成した蓄電池モデルの内容にもよるが、蓄電池3に用いられるリチウムイオンバッテリーはSOCの値により蓄電池3内の内部抵抗の値が変わる。特に蓄電残量がほとんどない場合、あるいは満充電に近い状態では内部抵抗は高くなる。また、内部抵抗は蓄電池セル温度や蓄電池3の劣化状態によっても変わる。従って、買電最小モードで動作することを想定した運転計画であっても、蓄電池3の例えば上記内部抵抗の特性等を考慮することで、消費電力予測結果よりも放電電力が大きくなり、数値上売電が発生するように見えることもあるためである。

【0105】

20

図21に戻って説明を続ける。

ステップS107において、売電電力がない場合（Noの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、図27に示すフローF6を実行する。フローF6は、PV発電ありで、蓄電池3は放電、系統との間で売買電がない場合に使用する。この場合、PV発電電力および蓄電池3の放電電力と、負荷消費電力とのバランスがとれている。従って、蓄電池3の運転モードとして、売電最大モードと買電最小モードの2種類のモードが考えられる。

【0106】

図27に示すように、フローF6では、まず、売電電力充電時の電力料金、即ち、売電価格で購入した電力を蓄電池3に充電する場合を想定した電力料金を、蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失を考慮した充放電効率で除算した値を算出する（S221）。そして、売電価格が買電価格より高いかを判断し（S222）、売電価格の方が高い場合は、蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定し（S223）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

30

ステップS222で、売電価格の方が高くない場合は、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで（23時まで）の買電価格の最大値が、ステップS221にて算出した売電電力充電時の電力料金と比較する（S224）。売電電力充電時の電力料金の方が高い場合は、ステップS223に移行し、蓄電池3の運転モードを売電最大モードに決定して、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS224において、売電電力充電時の電力料金の方が高くない場合は、蓄電池3の運転モードを買電最小モードに決定して（S225）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。なお、買電最小モード選択時にPV発電の余剰電力が発生した場合は、蓄電池3に充電するものとする。

40

【0107】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS105において、蓄電池3が放電しない場合（Noの場合）、蓄電池3は充放電なしであり、蓄電池運転モード決定部123は、買電電力があるか確認する（S108）。そして、買電電力がある場合は（Yesの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、図28に示すフローF7を実行する。フローF7は、PV発電ありで、蓄電池3の充放電はなく、系統からの買電がある場合に使用する。この場合、蓄電池3の運転モードとしては、待機モード、ピークカットモード、余剰電力充電モードの3種類のモードが考

50

られる。

【0108】

図28に示すように、フローF7では、まず、蓄電池運転モード決定部123は、DR要求があったか確認する(S241)。DR要求があった場合は、買電電力を所定値以下に抑える必要がある。この実施の形態1では、DR要求があったと判断した場合は、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定して(S242)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。なお、ピークカットモード時の買電電力は判らないため、このモードでは買電が0となるように制御する。

ステップS241において、DR要求がなかった場合は、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで(23時まで)の買電価格の最大値と、売電電力充電時の電力料金(売電価格で購入した電力を蓄電池3に充電する場合を想定した電力料金を、蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失を考慮した充放電効率で除算した値)と比較する(S243)。売電電力充電時の電力料金の方が高い場合は、蓄電池3の運転モードを待機モードに決定して(S244)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS243において、売電電力充電時の電力料金の方が高くない場合は、蓄電池3の運転モードを余剰電力充電モードに決定して(S245)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0109】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS108において、買電電力がない場合は(N oの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、売電電力があるか確認する(S109)。そして、売電電力がある場合は(Y e sの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、図29に示すフローF8を実行する。フローF8は、P V発電ありで、蓄電池3の充放電はなく、系統への売電がある場合に使用する。この場合、蓄電池3の運転モードとしては、待機モード、あるいは買電最小モードが考えられる。

【0110】

図29に示すように、フローF8では、まず、蓄電池運転モード決定部123は、現在の買電価格が、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで(23時まで)の買電価格の中で一番高いかを確認する(S261)。一番高い価格帯であれば、蓄電池3に充電した電力を使用するため、蓄電池3の運転モードを買電最小モードに決定して(S262)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。なお、買電最小モードにおいて余剰電力は売電する。これは、蓄電池3に充電した電力は、電力料金が一番高い時間帯に放電するほうが電力料金削減の効果が大きくなるためである。

ステップS261において、現在の買電価格が一番高い価格帯でなければ、蓄電池3の運転モードを待機モードに決定して(S263)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

【0111】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS109において、売電電力がない場合は(N oの場合)、蓄電池運転モード決定部123は、図30に示すフローF9を実行する。フローF9は、P V発電ありで、蓄電池3の充放電はなく、系統との間で売買電がない場合に使用する。この場合、蓄電池3の運転モードとしては、待機モード、買電最小モードおよび余剰電力充電モードの3つの運転モードが考えられる。

【0112】

図30に示すように、フローF9では、まず、蓄電池運転モード決定部123は、現在の買電価格が、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで(23時まで)の買電価格の中で一番高いかを確認する(S281)。一番高い価格帯であれば、蓄電池3に充電した電力を使用するため、蓄電池3の運転モードを買電最小モードに決定して(S282)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS 2 8 1において、現在の買電価格が一番高い価格帯でなければ、現時刻以降、例えば深夜電力時間帯に入るまで（23時まで）の買電価格の最大値と、売電電力充電時の電力料金（売電価格で購入した電力を蓄電池3に充電する場合を想定した電力料金を、蓄電池3の充放電での損失と蓄電池パワコン4での充放電に伴う電力変換損失を考慮した充放電効率で除算した値）と比較する（S 2 8 3）。売電電力充電時の電力料金の方が高い場合は、蓄電池3の運転モードを待機モードに決定して（S 2 8 4）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS 2 8 3において、売電電力充電時の電力料金の方が高くない場合は、蓄電池3の運転モードを余剰電力充電モードに決定して（S 2 8 5）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

10

【0113】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS 1 0 1において、PV発電がないと判断すると（Noの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、蓄電池3の運転計画（充放電電力）から蓄電池3は充電するかを確認する（S 1 1 0）。蓄電池3が充電する場合（Yesの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、図31に示すフローF 1 0を実行する。フローF 1 0は、PV発電なしで、蓄電池3は充電で、系統から買電がある場合に使用する。なお、PV発電なしで蓄電池3が充電している場合、系統からの買電がないケースはあり得ない。

この場合、蓄電池3は強制充電モード（充電電力固定）、もしくはピークカットモードで運転される。

20

【0114】

図31に示すように、フローF 1 0では、まず、蓄電池運転モード決定部123は、DR要求があったか確認する（S 3 0 1）。DR要求があった場合は、買電電力を所定値以下に抑える必要がある。この実施の形態1では、DR要求があったと判断した場合は、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定して（S 3 0 2）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS 3 0 1において、DR要求がなかった場合は、蓄電池3の運転モードを強制充電モードに決定して（S 3 0 3）、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。この強制充電モードは、安い深夜電力の充電等で使用し、蓄電池3は、運転計画部118より通知された充電電力（充放電電力）で充電される。なお、強制充電モード使用時に、負荷消費電力が増加し、買電電力が契約電力を越える場合は、蓄電池3の充電電力量を絞り、買電電力を抑えるように制御することは言うまでもない。

30

【0115】

図21に戻って説明を続ける。

ステップS 1 1 0において、蓄電池3が充電しない場合（Noの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、蓄電池3が放電するかを確認する（S 1 1 1）。蓄電池3が放電する場合は（Yesの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、買電電力があるか確認する（S 1 1 2）。そして、買電電力がある場合は（Yesの場合）、蓄電池運転モード決定部123は、図32に示すフローF 1 1を実行する。フローF 1 1は、PV発電なしで、蓄電池3は放電で、系統から買電がある場合に使用する。なお、PV発電しておらず、蓄電池が放電し、系統へ売電するケースはあり得ない。

40

この場合、蓄電池3の運転モードとしては、ピークカットモード、強制放電モード、買電最小モードの3種類のモードが考えられる。

【0116】

図32に示すように、フローF 1 1では、まず、通知された放電電力（充放電電力）と蓄電池3の電圧から放電電流を算出する（S 3 2 1）。そして、蓄電池3の最大放電電流を算出する。この実施の形態1では、蓄電池セル温度、および蓄電池3のSOC情報から、蓄電池3の特性（充放電電流の制限テーブル）を用いて最大放電電流を算出する（S 3 2 2）。

次に、算出した放電電流と最大放電電流がほぼ等しいか否かを確認する（S 3 2 3）。

50

放電電流と最大放電電流がほぼ等しくないと判断すると（N o の場合）、蓄電池 3 の運転モードをピークカットモードに決定し（S 3 2 4）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。

【0117】

ステップ S 3 2 3 において、放電電流と最大放電電流が等しい場合（Y e s の場合）、所定の時刻かを判断する。以下、所定の時刻の判別方法について説明する。この実施の形態 1 では、図 1 3 に示す電力料金体系を用い、23 時～翌朝の 7 時までは深夜電力時間帯として電力料金が昼間の時間帯の 1 / 3 程度となっている。蓄電池 3 を有効活用するためには、電力料金が安くなる 23 時までには全ての電力を放電し、23 時以降は、翌日の P V の発電電力予測結果および負荷消費電力予測結果に基づき充放電の運転計画を立案することが望ましい。従って、この実施の形態 1 では、蓄電池 3 の充電電力量、および負荷消費電力予測結果に基づき、23 時までには蓄電池 3 が全ての電力を放電できるように放電開始時刻のリミットを求め、そのリミット時刻を上記所定の時刻として判断する。

10

なお、負荷消費電力予測結果の予測誤差を考慮し、1 時間前の 22 時に蓄電池 3 の残量がなくなるように放電開始時刻のリミットを算出する。また、放電開始時刻のリミットを算出するに当たっては、23 時に完了するように算出しても良く、また 2 時間前に放電が完了するように算出しても良いことは言うまでもない。さらに、気温特性を考慮して、蓄電池 3 の劣化の進行が一番抑えられる時刻に放電を完了しても良いことは言うまでもない（S 3 2 5）。

【0118】

20

所定の時刻である放電開始時刻のリミットになると、蓄電池 3 の運転モードを強制放電モードに決定し（S 3 2 6）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。強制放電モードでは、蓄電池 3 は、通知された放電電力（充放電電力）にて放電される。

ステップ S 3 2 5 において、所定の時刻である放電開始時刻のリミットになっていない場合は、蓄電池 3 の運転モードを買電最小モードに決定し（S 3 2 7）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。

【0119】

図 2 1 に戻って説明を続ける。

ステップ S 1 1 2 において、買電電力がない場合は（N o の場合）、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、図 3 3 に示すフロー F 1 2 を実行する。フロー F 1 2 は、P V 発電なしで、蓄電池 3 は放電で、系統との間で売買電がない場合に使用する。この場合、蓄電池 3 の運転モードとしては、買電最小モードと強制放電モードとの 2 つの運転モードが考えられる。

30

【0120】

図 3 3 に示すように、フロー F 1 2 では、まず、フロー F 1 1 で説明した所定の時刻である放電開始時刻のリミットかを判断する（S 3 4 1）。所定の時刻である放電開始時刻のリミットになると、蓄電池 3 の運転モードを強制放電モードに決定し（S 3 4 2）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。強制放電モードでは、蓄電池 3 は、通知された放電電力（充放電電力）にて放電される。

ステップ S 3 4 1 において、所定の時刻である放電開始時刻のリミットになっていない場合は、蓄電池 3 の運転モードを買電最小モードに決定し（S 3 4 3）、蓄電池 3 の運転モード決定処理を終了する。

40

【0121】

図 2 1 に戻って説明を続ける。

ステップ S 1 1 1 において、蓄電池 3 が放電しない場合は（N o の場合）、蓄電池運転モード決定部 1 2 3 は、図 3 4 に示すフロー F 1 3 を実行する。フロー F 1 3 は、P V 発電なしで、蓄電池 3 は充放電なしで、系統から買電する場合に使用する。なお、P V 発電なしで、蓄電池 3 が充放電なしの場合、系統からの買電がないケースはあり得ない。

この場合、蓄電池 3 の運転モードとしては、ピークカットモードと待機モードの 2 つの運転モードが考えられる。

50

【0122】

図34に示すように、フローF13では、まず、蓄電池運転モード決定部123は、DR要求があったか確認する(S361)。DR要求があった場合は、買電電力を所定値以下に抑える必要がある。この実施の形態1では、DR要求があったと判断した場合は、蓄電池3の運転モードをピークカットモードに決定して(S362)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

ステップS361において、DR要求がなかった場合は、蓄電池3の運転モードを待機モードに決定して(S363)、蓄電池3の運転モード決定処理を終了する。

以上で、ステップS20における、蓄電池3の運転モードの決定処理を終了する。

【0123】

決定された蓄電池3の運転モードは、Echonet Lite通信I/F113を介して蓄電機器Bに通知される。また、充放電電力が固定になる運転モード、この場合、強制充電モード、強制放電モードでは、運転モードと共に充放電電力も蓄電機器Bに通知される。

【0124】

以上説明したように、この実施の形態1による電力管理装置100は、蓄エネ機器(蓄電機器Bおよび蓄熱機器C)の運転計画を作成する際、蓄エネ機器B、Cの特性、および電力料金体系を考慮して二次計画法等の最適化手法を用いて運転計画を作成する。その際、電力管理装置100内のCPU110の処理速度、各機器と接続する通信I/F113の速度等により、例えば30分毎に運転計画が作成される。その際使用されるPV発電電力予測結果や負荷消費電力予測結果等は30分間、あるいは予め定められた時間(例えば、5分、15分等)の平均電力が使用される。よって、運転計画部118で作成される蓄電池3の運転計画(充放電電力)は、30分間、あるいは予め定められた時間(例えば、5分、16分等)の平均充放電電力となる。

【0125】

一方、実際のPV発電電力や負荷消費電力は時々刻々と変化する。そのため、仮に、通知された平均充放電電力で蓄電池3を動作させた場合、負荷消費電力の変化やPV発電電力の変化により、蓄電池3から放電すべき電力が足りない、あるいは多い、蓄電池3へ充電すべき電力が少ない、あるいは多いといった問題点が生じるものであった。

この実施の形態1では、運転計画部118から出力される蓄電池3の運転計画(充放電電力)を元に蓄電池運転モード決定部123で蓄電池3の運転モードを決定することで、二次計画法等の算術計算で算出した最適な充放電電力を元に、最適に蓄電池3を制御することができ、蓄電池3の放電電力の逆潮流の抑制、あるいは unnecessary 買電電力の充電、 unnecessary 電力の蓄電池3からの放電を防ぐことができる効果がある。

【0126】

さらに、蓄電池3の運転計画作成の際に二次計画法のような算術演算で最適解を算出するように構成したので、電力料金体系が大きく変わった場合においても、条件設定が変わっただけで算術演算にて最適な運転計画の作成ができ、作成した運転結果から最適な蓄電池の運転モードを選択できるので、 unnecessary 買電電力の充電、 unnecessary 電力の蓄電池3からの放電を抑制することができる効果がある。

なお、この実施の形態1では、運転計画作成の際の最適化手法として二次計画法を用いたがこれに限るものではなく、例えば機械学習法等の他の算術演算により他の最適化手法により求めた運転計画でも、蓄電池運転モード決定部123で最適な蓄電池3の運転モードを選択することで同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0127】

また、蓄エネ機器B、Cの運転計画を作成する際、蓄エネ機器B、Cの特性、および電力料金体系を考慮して運転計画を作成するので、運転コストを最小限に抑えた運転計画を実行することができる効果を達成できる。

また、蓄電池3の充放電電流の制限、蓄電池3の充電電力量に起因する充電電流の制限などが予め蓄電池モデルに組み込まれているため、例えば、蓄電池の充電を予定していた

10

20

30

40

50

時間帯に気温が高く蓄電池セル温度が高すぎる、あるいは蓄電電力量が多く計画していた充電電流を確保できない等の問題の発生を抑制できる効果がある。同様に、気温による蓄熱機器C（給湯機5）の効率等が、給湯機モデルに組み込まれているため、気温が低く予定していた消費電力では必要となる蓄熱量が確保できない等の問題の発生を抑制できる効果がある。

【0128】

さらに、ヒートポンプを利用した蓄熱機器Cの気温、および負荷特性に基づくエネルギー変換効率を考慮して運転計画を作成するので、実動作において蓄熱機器Cの特性に起因する消費電力、および蓄熱量の予測誤差を最小限に抑えることができる効果がある。例えば、この実施の形態1による電力管理装置100では、電力料金体系やPV発電による余剰電力の発生状況にもよるが、上記のような蓄熱機器Cの特性を考慮して蓄電池3の運転計画を立案するため、気温が比較的に高い正午過ぎの時間帯は蓄熱機器Cの運転に割り当て、気温が比較的低い午前中、あるいは気温が下がり始める16時以降に蓄電池3を充電する充電計画を立てることで効果的な電力管理を行うことができる。

10

【0129】

また、この実施の形態1では、電力管理装置100からの給湯機5の起動回数を2回としたが、これに限るものではないことは言うまでもない。さらに、この実施の形態1では、給湯機5は二次系のモデルに近似するのではなく、予め運転パターンを複数用意しておき運転計画を作成するものとしたがこれに限るものではなく、蓄電池3と同様に重回帰分析等の手法を用い、二次系のモデルに近似しても良いことは言うまでもない。また、給湯機5の運転計画（運転パターン）の数を、予め給湯機モデル205内で絞るように構成したがこれに限るものではなく、全ての運転計画に基づき運転計画作成部206で最適化を行って、最適な運転計画を求めても良いことは言うまでもない。

20

【0130】

さらに、家族の行動スケジュールに合わせて蓄熱機器Cを制御するので、湯量を適切に設定することができ、不必要な使用電力を抑えることができる。また、不在の人の部屋の照明やエアコンといった機器は動作しないが、蓄電機器Bおよび蓄熱機器Cの運転計画を作成する際、家族スケジュールに基づき使用電力を予測するので、負荷消費電力を見積もる場合の精度も向上できる効果がある。

【0131】

また、この実施の形態1では、図13に示すように深夜電力時間帯と昼間電力時間帯の2種類（夏季を含めると3種類）の電力料金体系の場合について説明しているが、DRの一方式として、インセンティブ情報を含む電力料金体系、即ち、ピーク時間帯の電力料金を通常の電力料金よりもさらに高くし電力消費の行動を抑えるような方式にしても良い。その場合も、入力される電力料金体系を変えるだけで、算術演算にて最適な運転計画の作成ができ、作成した運転結果から最適な蓄電池3の運転モードを選択できるので、不必要な買電電力の充電、不必要な電力の蓄電池3からの放電を抑制することができる効果がある。

30

【0132】

また、運転計画をリアルタイム（30分単位）で更新するように構成したので、当日に、例えば特定の時間帯の電力料金が上がる場合、あるいは需要抑制依頼がきた場合でも、蓄電池3の蓄電電力量、PV発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果等（需要抑制の場合はインセンティブも使用）により、電力料金が最小となる運転計画を再度立てることができる。例えば、蓄電池3の蓄電電力量が少ないと判断した場合は、昼間の時間帯であっても、蓄電池3を充電し、電力料金が高くなる時間帯は買電を行わないよう制御することで、電力料金をできる限り最小に抑えることができる効果がある。また、給湯機5の沸き上げタイミングを変える、あるいは蓄電池3の放電タイミングを変えることにより同様の効果がある。同様に、天気予報が外れた場合でも、リアルタイムに運転計画を修復するので、電力料金をできる限り最小に抑えることができる効果がある。

40

【0133】

50

さらに、電力料金体系が変わった場合も、クラウドサーバ 31 経由で最新の電力料金体系を電力管理装置 100 に取り込むので、将来電力料金体系が変わっても、電力料金をできる限り最小に抑えることができる効果がある。

【0134】

また、この実施の形態 1 では、負荷消費電力を学習しているので、例えば、エアコンなど新しい負荷機器 20 が増えた場合、あるいは負荷機器 20 を取り換えて消費電力が変わった場合でも、負荷消費電力を学習することで、ユーザは負荷機器 20 の更新を意識することなく、電力料金をできる限り最小に抑える効果を享受することができる効果がある。

なお、負荷機器 20 の取り換え時、追加時において、負荷消費電力の学習が完了するまでは負荷消費電力の予測誤差が大きくなる。しかし、機器管理部 110 で新たな機器、あるいは機器の取り換えを検出した場合に、そのことを考慮し学習することで、負荷消費電力の予測誤差の発生期間を短く抑えることができることは言うまでもない。

10

【0135】

また、蓄電池 3 および給湯機 5 についても同様に学習を行うので、カタログなどに記載されたスペックではなく、実測値を元に特性を把握することができ、より予測誤差を抑えた運転計画を立案することができる効果がある。

また、蓄電池 3 の容量は、カタログ値に対して、実際に使用できる容量は、新品の蓄電池であっても 80～90% 程度でどの程度使用できるかはバラツキもある。従って、蓄電池 3 の容量についても、学習することで、電力管理装置 100 で、実際に使用できる蓄電池 3 の容量を把握でき、運転計画を実機に基づき立てることができる効果がある。

20

また、蓄電池 3 の劣化は、蓄電池 3 のばらつきに加え、使用環境や使用方法に大きく依存する。従って、蓄電池 3 の充放電履歴（充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧等）、環境情報（気温、蓄電池セル温度）を記憶し、記憶情報および実測した蓄電池容量などから蓄電池 3 の劣化を判断する。これにより、蓄電池劣化の推定精度を上げることができ、より適切な充放電制限テーブルを使用することができる効果がある。

【0136】

また、蓄エネ機器として蓄熱機器 C を使用することで、蓄電機器 B に比べ 1 kWh のエネルギーを蓄エネする際の機器コストを抑えることができ、高価な蓄電池 3 の容量を小さくすることができる効果がある。これにより、全体のシステムを導入するためのコストを抑えることができる効果があることは言うまでもない。

30

【0137】

さらに、この実施の形態 1 では、蓄電池 3 の容量維持率（劣化度合い）に応じて蓄電池 3 の特性テーブルを切替えるように構成するので、蓄電池 3 の不必要な劣化を抑えることができるとともに、劣化度合いに応じた蓄電池 3 の制御を考慮し、充放電計画を作成できる。劣化度合いに応じた蓄電池 3 の制御とは、最大充放電電流、充電終止電圧、放電終止電圧、定電流制御から定電圧制御への移行タイミング（SOC に対する最大充放電電流を制限することでも実現は可能）などである。

これにより、蓄電池 3 の実動作をほぼ正確に模擬して充放電計画を作成することができ、運転計画作成時の誤差を最小限に抑えることができる効果がある。

【0138】

40

なお、蓄電池 3 の運転計画（充放電電力）、および給湯機 5 の運転計画（運転パターン）は、この実施の形態 1 で述べた方法に限るものではない。

また、蓄電池 3 の運転モード決定方法も、実施の形態 1 で述べた方法に限るものではない。例えば、この実施の形態 1 では、運転モードを決定する際、現時刻以降の 30 分間の PV 発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果、蓄電池 3 の運転計画、SOC 情報、気温予測結果、蓄電池セル温度予測結果、蓄電池特性（充放電電流制限テーブル）、給湯機特性、DR 要求の有無等を元に決定したがこれに限るものではなく、例えば現時刻以降の 2 時間分の PV 発電電力予測結果、負荷消費電力予測結果、蓄電池 3 の運転計画、SOC 情報、気温予測結果、蓄電池セル温度予測結果から運転モードを決定しても良いことは言うまでもない。連続する複数時間の予測データを用いて運転モードを決定することで、より

50

運転計画部 118 で計画した蓄電池 3 の動作に近い運転モードを選択することができる効果がある。

【0139】

また、蓄電池 3 の運転モードを決定する際に、蓄電池セル温度情報を使用しているため、精度よく蓄電池 3 の運転モードを決定することができる。具体的には、蓄電池 3 の充放電電流の最大値を求める際の精度が向上できるため、蓄電池 3 の充放電電流と最大充放電電流の比較の際の精度が上がる効果がある。

なお、蓄電池セル温度情報は、気温情報から蓄電池セル温度を推定して用いることもできる。

【0140】

また、この実施の形態 1 では、蓄電池 3 として定置型のリチウムイオンバッテリーを使用した場合について説明したがこれに限るものではなく、例えば、鉛蓄電池やニッケル水素蓄電池でも同様の効果を奏することは言うまでもない。また、定置蓄電池ではなく EV (Electric Vehicle) や PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) 等の電気自動車に搭載されたバッテリーを使用しても良いことは言うまでもない。

さらに、この実施の形態 1 では、蓄電池 3 として 1 台の定置型蓄電池を使用した場合について説明したがこれに限るものではなく、2 台以上の複数の蓄電池 3 を連携して使用しても良いことは言うまでもない。その際、蓄電池 3 の特性が異なれば、電力管理装置 100 は個々の蓄電池 3 の特性を元に電力料金が最小になるように各々の蓄電池 3 の運転計画を立案し、立案された各々の蓄電池 3 の運転計画に基づき運転モードを決定するよう制御する。これにより、複数の蓄電池 3 を使用する場合も、効果的に各々の蓄電池 3 を制御して電力料金を抑えることができる。

なお、複数台の蓄電池 3 を連携して使用する場合、その中の 1 つ、あるいは複数が EV や PHEV 等の電気自動車であっても良いことは言うまでもない。

【0141】

なお、上記実施の形態 1 では、説明を分かりやすくするために電力管理装置 100 内の電力計測部 116、時刻管理部 117、運転計画部 118、機器管理部 119、負荷機器制御部 120、家族スケジュール管理部 121、DR 対応部 122、蓄電池運転モード決定部 123、負荷消費電力学習管理部 200、PV 発電電力学習管理部 201、負荷消費電力予測部 202、PV 発電電力予測部 203 等を H/W (ハードウェア) である回路で構成する場合について説明したが、これに限るものではない。即ち、全ての回路、あるいは一部の回路を、CPU 110 上で動作する S/W (ソフトウェア) で実現しても同様の効果を奏することは言うまでもない。また、上記各回路の機能を S/W と H/W とに分割し同様の機能を実現しても良いことは言うまでもない。

【0142】

また、この実施の形態 1 では、負荷消費電力学習管理部 200 や PV 発電電力学習管理部 201 等、比較的に大きなデータベース (メモリ) を必要とする機能については、電力管理装置 100 内に実装せず、クラウドサーバ 31 内に同様の機能を実装し機能分割してシステムを構築しても同様の効果を奏することは言うまでもない。

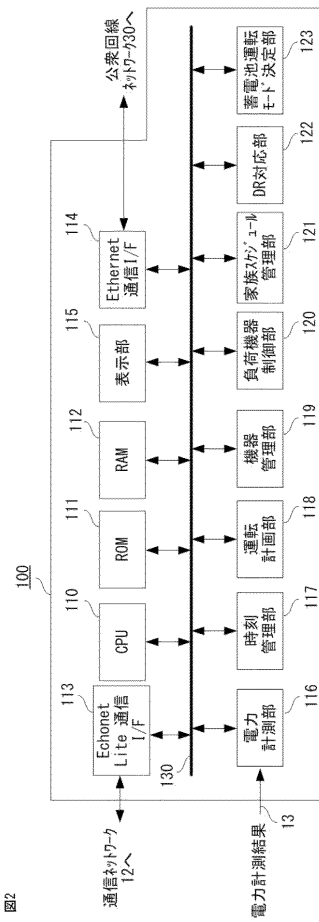
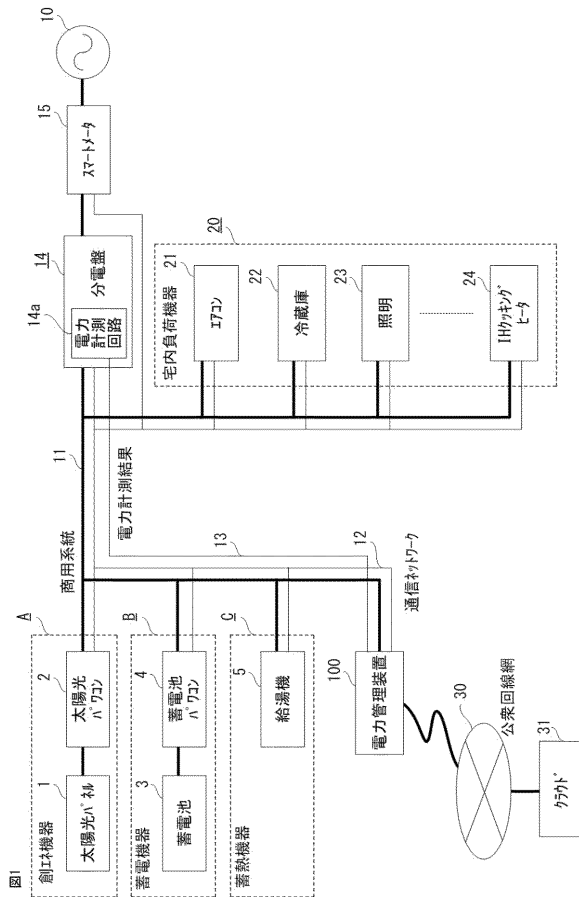
また、蓄電池 3 の劣化度合い等を推定するために必要となる充放電履歴データなどはデータ量が膨大となるため電力管理装置 100 内で管理するのではなく、クラウドサーバ 31 内で管理するように構成しても同様の効果を奏することは言うまでもない。

更に、天気予報から日射量を推定する PV 発電電力予測部 203 内の機能は、天気予報が地域単位で出されることを考慮すると必ずしも電力管理装置 100 内で持つ必要はなく、クラウドサーバ 31 内で天気予報に基づき地域毎の日射量を推定し、推定結果を電力管理装置 100 に送付するよう構成しても良いことは言うまでもない。

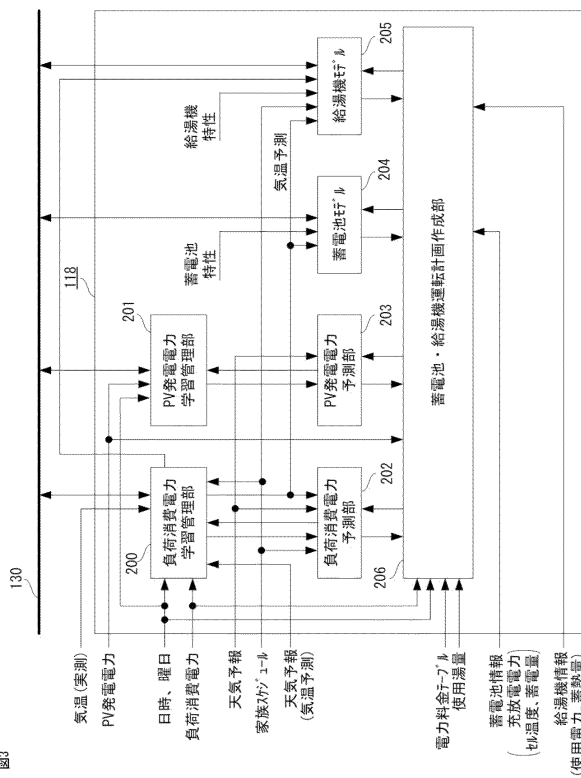
【0143】

またこの発明は、その発明の範囲内において、実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

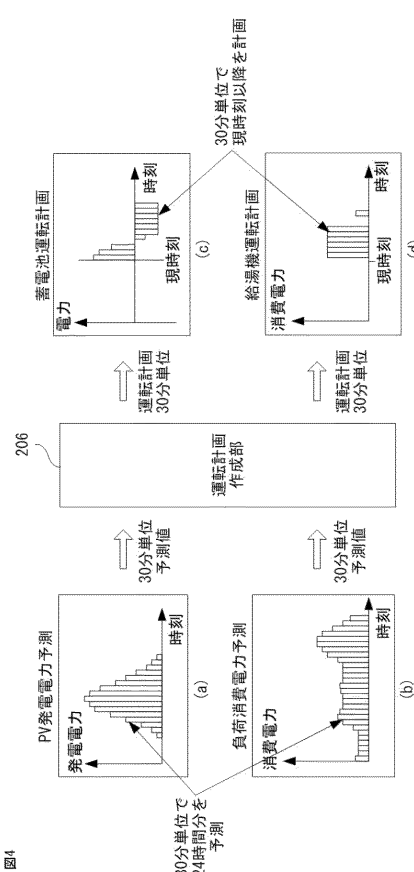
【図 2】



【図 3】

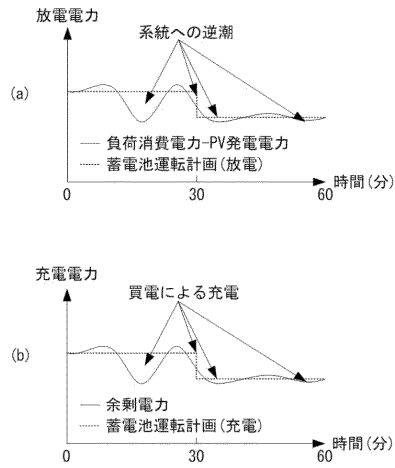


【図 4】



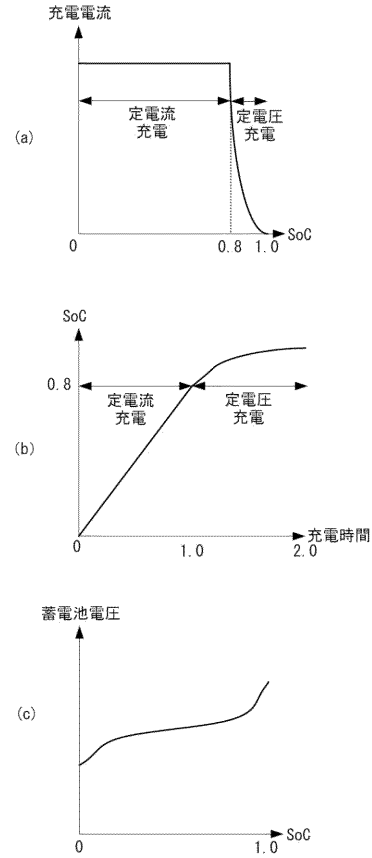
【図 5】

図5



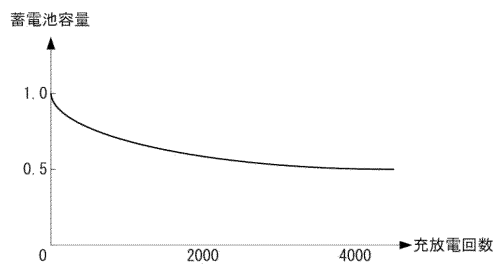
【図 6】

図6



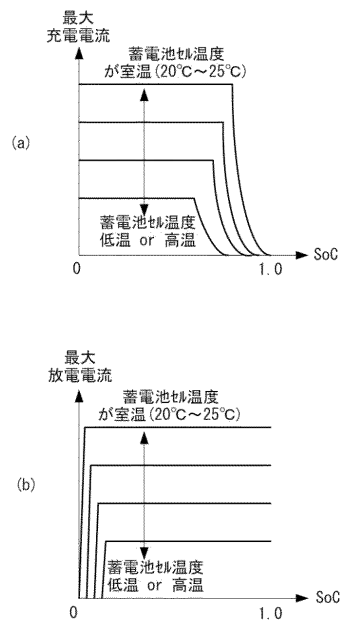
【図 7】

図7

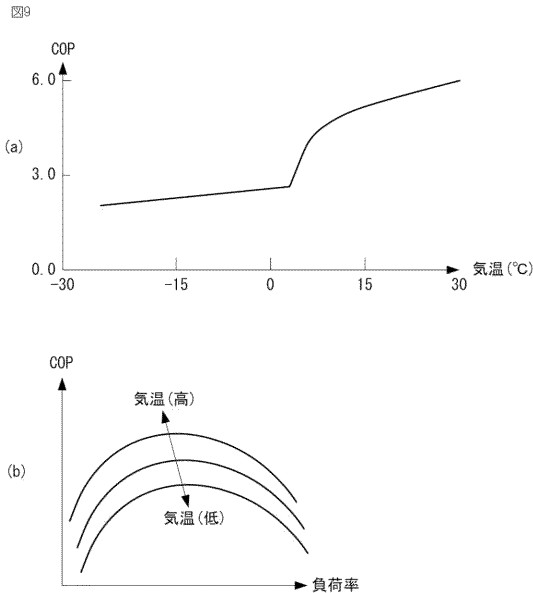


【図 8】

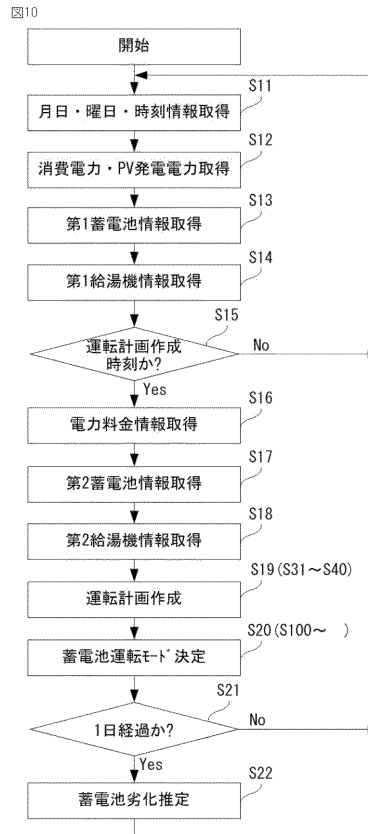
図8



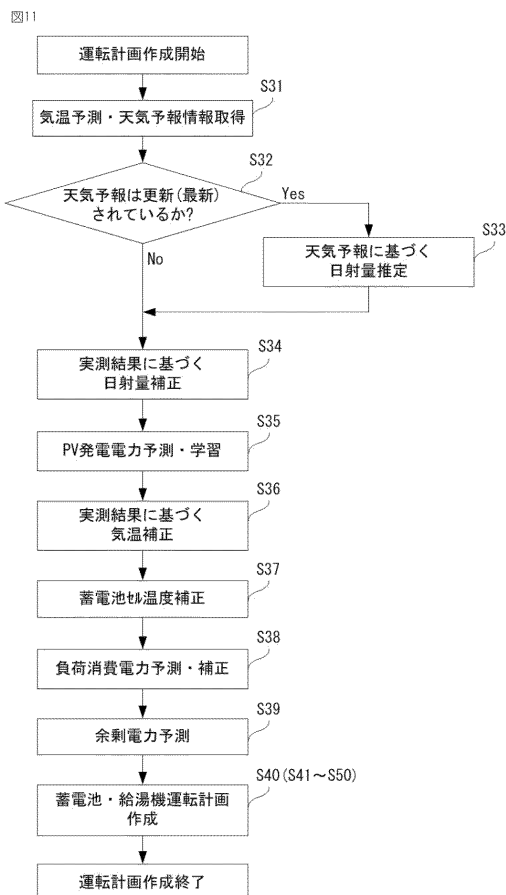
【図 9】



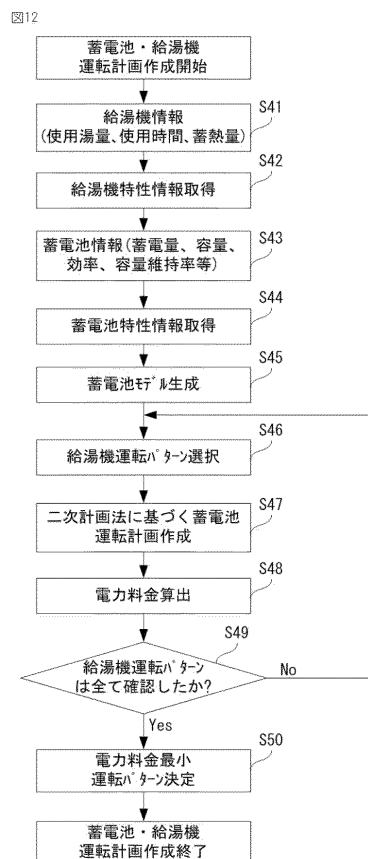
【図 10】



【図 11】

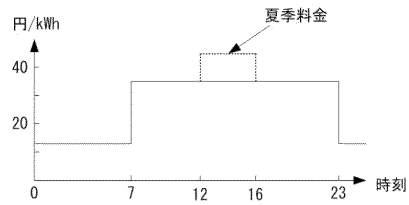


【図 12】



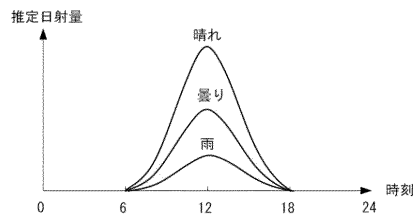
【図 1 3】

図13



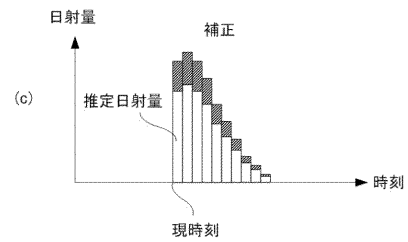
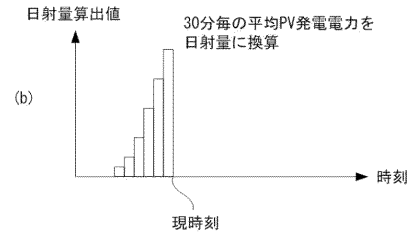
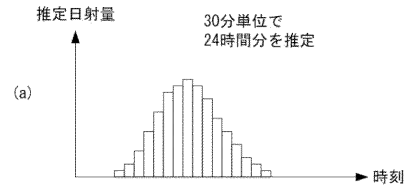
【図 1 4】

図14



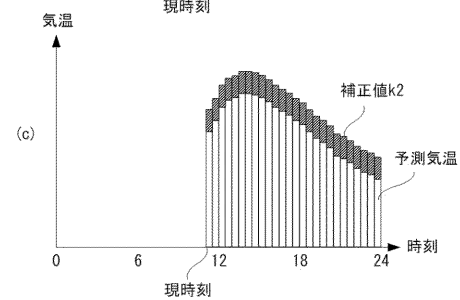
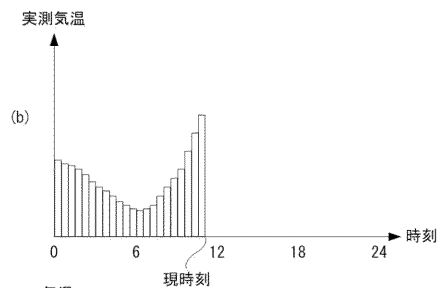
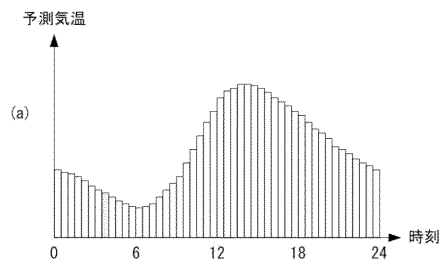
【図 1 5】

図15



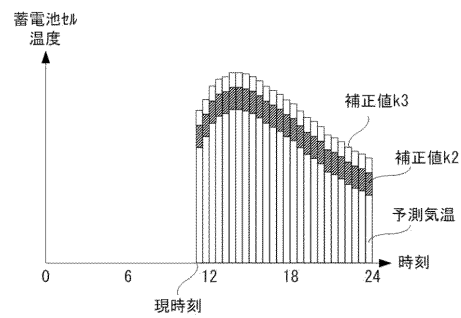
【図 1 6】

図16



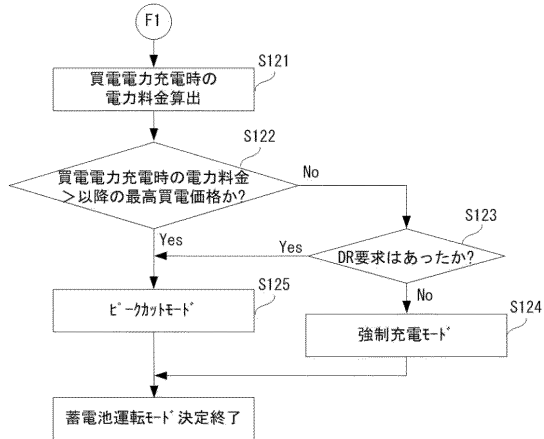
【図 1 7】

図17



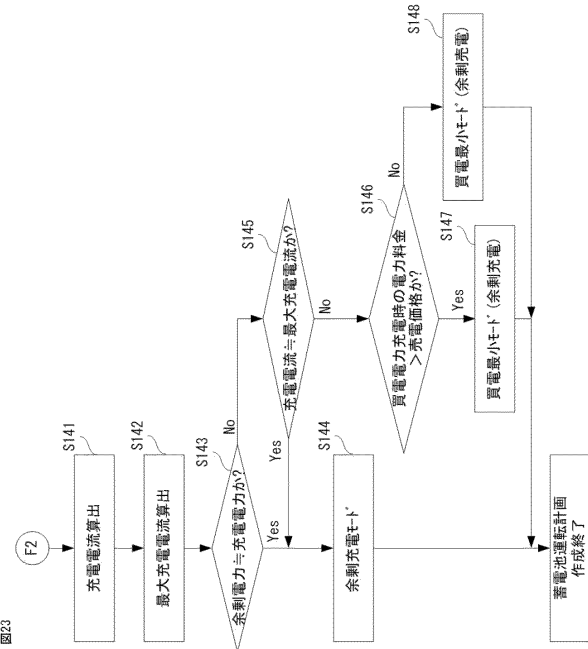
【図 2 2】

図22



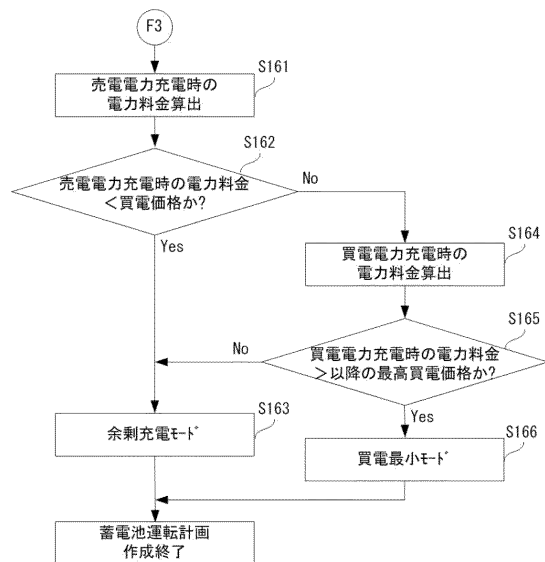
【図 2 3】

図23



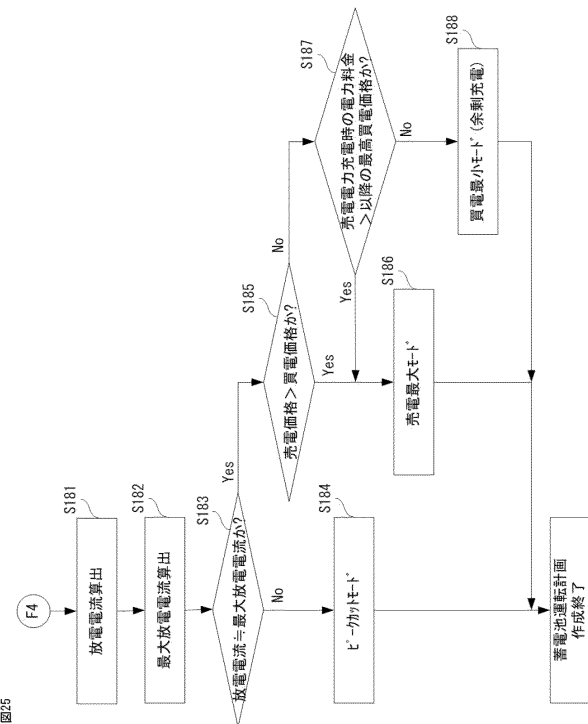
【図 2 4】

図24



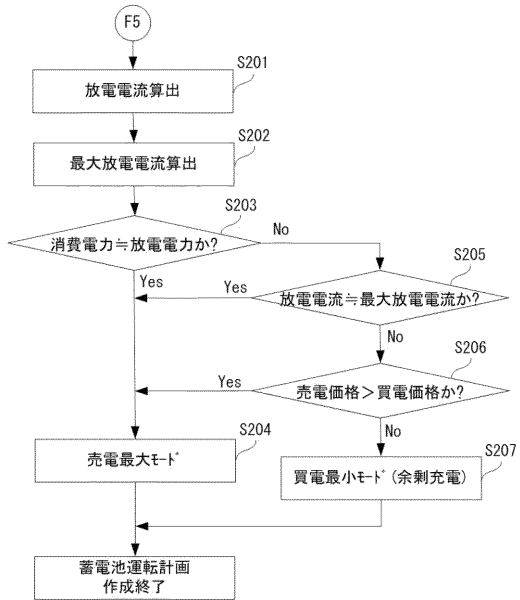
【図 2 5】

図25



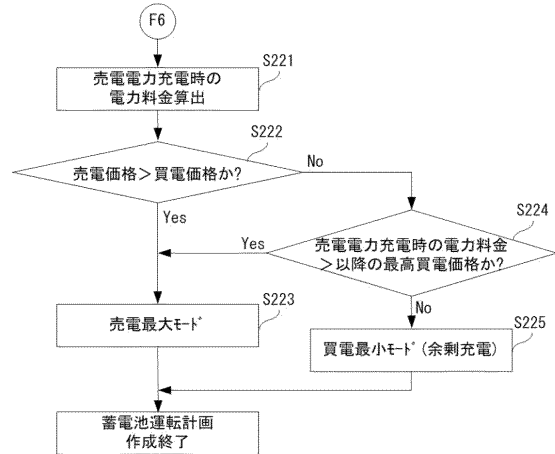
【図 26】

図26



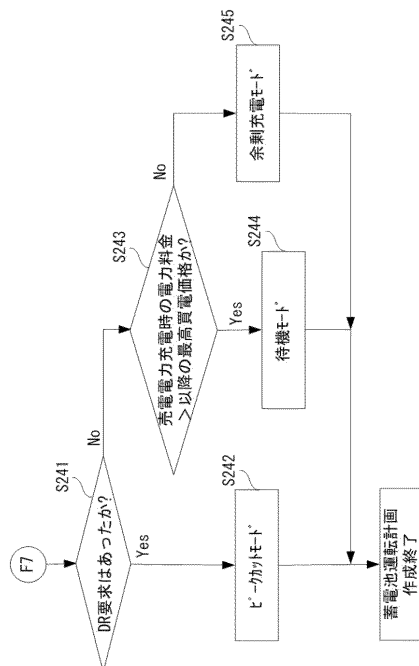
【図 27】

図27



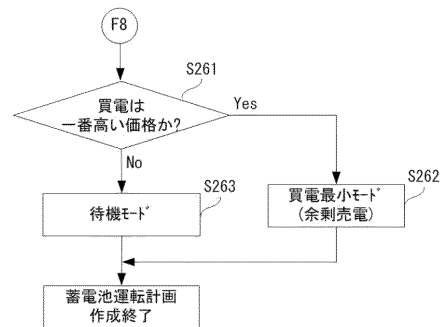
【図 28】

図28

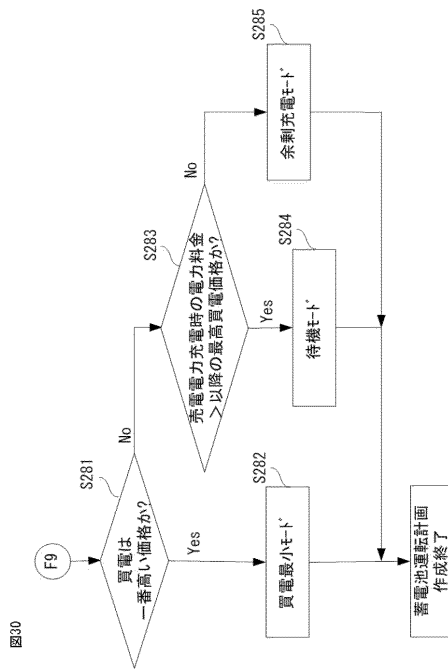


【図 29】

図29

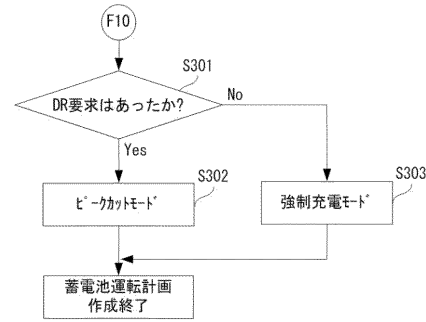


【図 30】

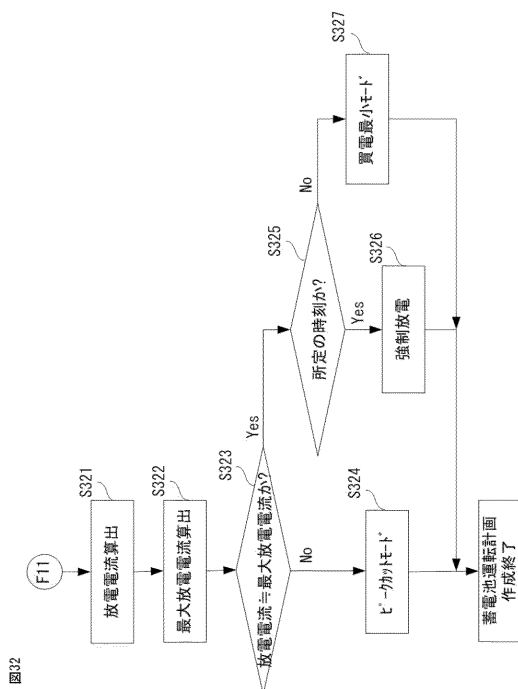


【図 31】

図31

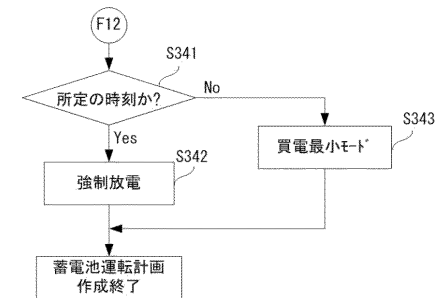


【図 32】



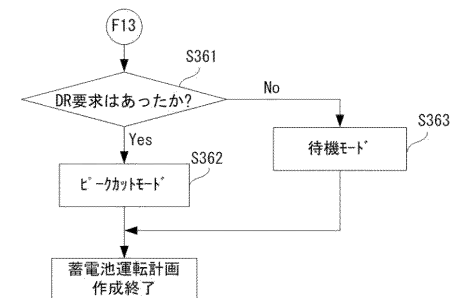
【図 33】

図33



【図 34】

図34



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 6 Q 50/06
H 0 2 J 3/38 1 3 0
H 0 2 J 3/38 1 1 0

審査官 阿部 陽

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 6 9 5 8 7 (J P, A)
国際公開第 2 0 1 4 / 0 5 1 0 3 8 (W O, A 1)
特開 2 0 1 4 - 1 9 5 3 4 6 (J P, A)
特開 2 0 1 4 - 1 6 8 3 1 5 (J P, A)
特開 2 0 1 4 - 0 6 0 8 7 9 (J P, A)
特開平 0 5 - 3 0 4 7 2 7 (J P, A)
特開平 0 6 - 0 1 4 4 5 8 (J P, A)
特開平 0 6 - 0 1 4 4 6 1 (J P, A)
特開 2 0 1 1 - 0 1 5 5 8 9 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
H 0 2 J 3 / 0 0 - 5 / 0 0
H 0 2 J 7 / 0 0 - 7 / 1 2 ; 7 / 3 4 - 7 / 3 6
H 0 2 J 1 3 / 0 0
G 0 6 Q 5 0 / 0 6