

(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2016-201869

(P2016-201869A)

(43) 公開日 平成28年12月1日(2016.12.1)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
H02J 3/00	(2006.01)	H02J 3/00	170		5G066
H02J 3/38	(2006.01)	H02J 3/00	130		
		H02J 3/38	110		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2015-78688 (P2015-78688)
 (22) 出願日 平成27年4月7日 (2015.4.7)

(71) 出願人 512129745
 レモンガス株式会社
 東京都港区港南1-8-27日新ビル4F
 (74) 代理人 100154405
 弁理士 前島 大吾
 (74) 代理人 100079005
 弁理士 宇高 克己
 (74) 代理人 230116296
 弁護士 薄葉 健司
 (72) 発明者 横山 隆一
 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大
 学理工学部内
 (72) 発明者 山下 大樹
 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大
 学理工学部内

最終頁に続く

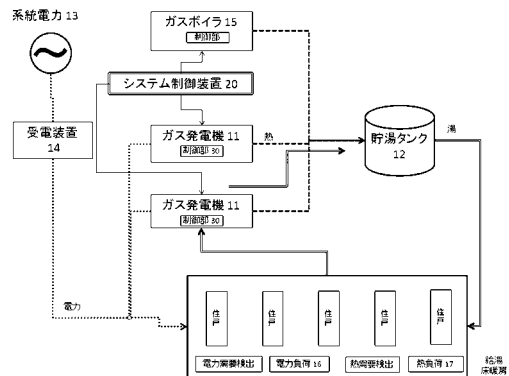
(54) 【発明の名称】 エネルギー管理方法およびエネルギー管理システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 需要予測に基づいて運用可能であり、集合住宅等の中規模施設のコジェネレーションシステムに適用可能なエネルギー管理技術を提供する。

【解決手段】 コジェネレーションシステムは、制御部30を有するガス発電機11と、貯湯タンク12と、系統電力13を受電する受電装置14と、ガスボイラ15と、電力負荷16と、熱負荷17と、記録装置と、システム制御装置20と、を備える。システム制御装置20は、電力需要予測部と、熱需要予測部と、運用計画部と、指令部と、買電量制限部とを有する。電力需要予測部、熱需要予測部及び運用計画部は、パーソナルコンピュータの演算機能を、指令部は、プログラマブルロジックコントローラ(PLC)である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

制御部を有する発電機と、貯湯タンクと、系統電力を含む外部電力を受電する外部電力受電装置と、システム制御装置と、記録装置と、電力負荷と、熱負荷とを備えるコジェネレーションシステムに対するエネルギーマネジメント方法であって、

該システム制御装置は、

該記録装置の記録データに基づいて該電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測ステップと、

該記録装置の記録データに基づいて該熱負荷の熱需要を予測する熱需要予測ステップと、

該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、該発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画ステップと、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令ステップと
を実行し、

該発電機の制御部は、

該稼働/停止指令を受令する受令ステップと、

稼働指令を受令すると、該電力負荷の電力需要に基づいて、発電機の出力制御をおこなう出力制御ステップと

を実行する

ことを特徴とするエネルギーマネジメント方法。

【請求項 2】

前記電力需要予測ステップおよび熱需要予測ステップでは、

線形解析により第 1 予測値を得る線形予測ステップと、

非線形解析により第 2 予測値を得る非線形予測ステップと、

該記録装置の記録データより、該第 1 予測値および第 2 予測値に対応する実測値を得る実測値取得ステップと、

過去の第 1 予測値と第 2 予測値と実測値とに基づいて、第 1 予測値および第 2 予測値の重み付けを行う定式化ステップと、

対象時刻の第 1 予測値と第 2 予測値と該重み付けとに基づいて、第 3 予測値を得る複合予測ステップと、

を実行する

ことを特徴とする請求項 1 記載のエネルギーマネジメント方法。

【請求項 3】

前記線形予測ステップおよび非線形予測ステップでは、

インプットパラメータとして、記録データより同時刻の実測値およびピーク実測値を用いる

ことを特徴とする請求項 2 記載のエネルギーマネジメント方法。

【請求項 4】

前記電力需要予測ステップおよび熱需要予測ステップでは、

一定期間を複数期間に分割し、各時刻の予測値を求めて需要予測曲線を得る長期予測ステップと、

直近の次時刻の予測値を求める短期予測ステップと、

該短期予測ステップの予測値と、対応する該長期予測ステップの予測値とを比較し、誤差を求める誤差確認ステップと、

誤差が閾値以上の場合は、以降の各時刻の予測値を求めて需要予測曲線を修正する需要予測曲線修正ステップと

を実行する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれか記載のエネルギーマネジメント方法。

【請求項 5】

前記システム制御装置は、

10

20

30

40

50

系統電力受電の上限を設定するステップと、
 系統電力受電が上限に達する場合、前記運用計画ステップにて発電機停止と判断した場合でも、発電機を稼働する系統電力制限ステップ
 を実行する
 ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれか記載のエネルギマネジメント方法。

【請求項 6】

制御部を有する発電機と、貯湯タンクと、系統電力を含む外部電力を受電する外部電力受電装置と、システム制御装置と、記録装置と、電力負荷と、熱負荷とを備えるコジェネレーションシステムに対するエネルギマネジメントシステムであって、

該システム制御装置は、
 該記録装置の記録データに基づいて該電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測部と、

該記録装置の記録データに基づいて該熱負荷の電力需要を予測する熱需要予測部と、
 該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、該発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画部と、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令部と
 を有し、

該発電機の制御部は、

該稼働/停止指令を受令する受令部と、

稼働指令を受令すると、該電力負荷の電力需要に基づいて、発電機の出力制御をおこなう出力制御部と

を有する

ことを特徴とするエネルギマネジメントシステム。

【請求項 7】

コジェネレーションシステムのシステム制御装置であって、

記録データに基づいて電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測部と、

記録データに基づいて熱負荷の電力需要を予測する熱需要予測部と、

該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画部と、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令部と

を有する、

ことを特徴とするシステム制御装置。

【請求項 8】

電力需要および熱需要を含むエネルギ需要予測方法であって、

演算装置が、

線形解析による第 1 予測値を得る線形予測ステップと、

非線形解析による第 2 予測値を得る非線形予測ステップと、

該記録装置の記録データより、該第 1 予測値および第 2 予測値に対応する実測値を得る実測値取得ステップと、

過去の第 1 予測値と第 2 予測値と実測値とに基づいて、第 1 予測値および第 2 予測値の重み付けを行う定式化ステップと、

対象時刻の第 1 予測値と第 2 予測値と該重み付けとに基づいて、第 3 予測値を得る複合予測ステップと、

を実行する

ことを特徴とするエネルギ需要予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コジェネレーションシステムに対するエネルギマネジメント技術に関する。

【背景技術】

【0002】

エネルギー利用効率の観点および災害時のエネルギー確保という観点から、集合住宅、ホテル、病院、老人ホーム、公共施設、複合商業施設等（本願明細書では、便宜的に中規模施設という）において、コジェネレーションシステムの導入が検討されている（例えば、特許文献1）。

【0003】

コジェネレーションシステムは、石油やLPガス、都市ガス等の燃料を用いて、内燃機関を作動させ、その動力は発電機の駆動に用いられ、その排熱を熱交換器により顕熱回収して熱媒或いは水を加熱して、熱として供給するものである。内燃機関に替えて燃料電池を用いても良い。

10

【0004】

コジェネレーションシステムでは、電力と熱が同時に発生する。そのため、エネルギー利用効率の観点から電力需要と熱需要のマッチングが重要である。しかし、電力需要と熱需要とが一致するとは限らない。すなわち、熱需要の少ないときに発電すると、発生した余剰熱を蓄熱手段（例えば、貯湯タンク）に蓄熱するが、貯湯タンクの蓄熱量には限界がある。また、蓄熱状態での熱損失も考慮する必要がある。一方、電力需要の少ないときは、熱需要を賄うべく運転すると余剰電力が発生する。電力会社等へ売電できない場合、或いは、売電すると不経済となる場合もある。

【0005】

したがって、事前に最適となる運用計画を検討する必要がある。そのためにも、需要予測が重要である。

20

【0006】

ところで、広域な電力システムを運用する大手電力事業者は、綿密な電力需要予測を行っている（例えば、特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-226850号公報

【特許文献2】特開2009-225613号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

大手電力事業者は広域の電力需要者を対象としており、統計データのサンプル数が膨大であるため、個別の要因の変動を無視でき、精度の良い電力需要予測が可能である。

【0009】

これに対し、集合住宅等では、十数～数百の電力需要者を対象としている。各電力需要者（各家庭）のライフスタイルはバラバラであり、個別の要因の変動に起因する誤差が大きく、既存の需要予測技術を適用することが難しかった。また、熱需要予測に関しては、従来技術が少ない。

40

【0010】

その結果、充分高精度な電力需要予測および熱需要予測ができず、最適な運用計画を立てることが難しい。一方、コジェネレーションシステムは出力制御を行う。運用計画が不適切であると、出力制御の意義が没却してしまう（効率的なエネルギー利用ができない）。

【0011】

なお、家庭用のホームエネルギーマネジメントシステム（HEMS）においては、一家庭の需要変動は集合住宅等に比べて規則性があり、需要予測は容易である。また、需要予測が外れた場合でも、家庭のエネルギー需要は限定的であり、損害も限定的である。

【0012】

これに対し、集合住宅等では、一家庭に比べてエネルギー需要が多く、需要予測が外れた

50

場合の損害も大きくなる。

【0013】

本発明は上記課題を解決するものであり、需要予測に基づいて運用可能であり、集合住宅、ホテル、病院、老人ホーム、公共施設、複合商業施設等の中規模施設のコジェネレーションシステムに適用可能なおよびエネルギマネージメント技術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】

【0014】

上記課題を解決する本発明は、コジェネレーションシステムに適用するエネルギマネージメント方法である。コジェネレーションシステムは、制御部を有する発電機と、貯湯タンクと、系統電力を含む外部電力を受電する外部電力受電装置と、システム制御装置と、記録装置と、電力負荷と、熱負荷とを備える。

該システム制御装置は、

該記録装置の記録データに基づいて該電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測ステップと、

該記録装置の記録データに基づいて該熱負荷の熱需要を予測する熱需要予測ステップと、

該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、該発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画ステップと、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令ステップと
を実行する。

該発電機の制御部は、

該稼働/停止指令を受令する受令ステップと、

稼働指令を受令すると、該電力負荷の電力需要に基づいて、発電機の出力制御をおこなう出力制御ステップと

を実行する。

【0015】

すなわち、システム制御装置は、発電機の稼働/停止のみ判断し、出力制御を行わない。出力制御に対応可能な需要予測を検討すると、高精度な需要予測が要求される。一方で、発電機の稼働/停止のみの判断であれば、比較的、高精度な需要予測が要求されない。したがって、需要予測が適用可能であり、需要予測に基づいて運用可能である。更に、後述のように需要予測の精度を向上させるとなお良い。

【0016】

上記発明において好ましくは、前記電力需要予測ステップおよび熱需要予測ステップでは、

線形解析による第1予測値を得る線形予測ステップと、

非線形解析による第2予測値を得る非線形予測ステップと、

該記録装置の記録データより、該第1予測値および第2予測値に対応する実測値を得る実測値取得ステップと、

過去の第1予測値と第2予測値と実測値とに基づいて、第1予測値および第2予測値の重み付けを行う定式化ステップと、

対象時刻の第1予測値と第2予測値と該重み付けとに基づいて、第3予測値を得る複合予測ステップと、

を実行する。

【0017】

これにより、線形予測および非線形予測の長所を維持しながら短所を補うことができる。すなわち、予測精度を維持しながら、突発的な変動にも対応できる。また、自動的に、線形解析/非線形解析の適否を判断できる。その結果、需要予測精度が向上し、集合住宅等の中規模施設にも需要予測を適用できる。

【0018】

10

20

30

40

50

上記発明において好ましくは、前記線形予測ステップおよび非線形予測ステップでは、インプットパラメータとして、記録データより同時刻の実測値およびピーク実測値を用いる。

【0019】

同時刻の実測値との相関により、需要予測曲線の形を近似できる。一方、ピーク実測値との相関により、需要予測曲線の縦軸方向（需要量）を修正できる。その結果、需要予測精度が向上する。

【0020】

上記発明において好ましくは、前記電力需要予測ステップおよび熱需要予測ステップでは、

一定期間を複数期間に分割し、各時刻の予測値を求めて需要予測曲線を得る長期予測ステップと、

直近の次時刻の予測値を求める短期予測ステップと、

該短期予測ステップの予測値と、対応する該長期予測ステップの予測値とを比較し、誤差を求める誤差確認ステップと、

誤差が閾値以上の場合は、以降の各時刻の予測値を求めて需要予測曲線を修正する需要予測曲線修正ステップと

を実行する。

【0021】

短期予測ステップでは、直近の実測値を反映させることができる。需要予測曲線を修正することで、需要予測精度が向上する。

【0022】

上記発明において好ましくは、該システム制御装置は、

系統電力受電の上限を設定するステップと、

系統電力受電が上限に達する場合、前記運用計画ステップにて発電機停止と判断した場合でも、発電機を稼働する系統電力制限ステップ

を実行する。

【0023】

系統電力のピークカットに寄与する。その貢献の対価として、買電基本料金の増額を抑制でき、結果的にエネルギーコスト削減になる。

【0024】

上記課題を解決する本発明は、コジェネレーションシステムに適用可能なエネルギー管理システムである。コジェネレーションシステムは、制御部を有する発電機と、貯湯タンクと、系統電力を含む外部電力を受電する外部電力受電装置と、システム制御装置と、記録装置と、電力負荷と、熱負荷とを備える。

該システム制御装置は、

該記録装置の記録データに基づいて該電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測部と、

該記録装置の記録データに基づいて該熱負荷の電力需要を予測する熱需要予測部と、

該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、該発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画部と、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令部と

を有する。

該発電機の制御部は、

該稼働/停止指令を受令する受令部と、

稼働指令を受令すると、該電力負荷の電力需要に基づいて、発電機の出力制御をおこなう出力制御部と

を有する。

【0025】

上記課題を解決する本発明は、コジェネレーションシステムのシステム制御装置である

10

20

30

40

50

。

【0026】

システム制御装置

記録データに基づいて電力負荷の電力需要を予測する電力需要予測部と、
 記録データに基づいて熱負荷の電力需要を予測する熱需要予測部と、
 該電力需要予測および熱需要予測に基づいて、発電機の稼働/停止に係る運用計画を作成する運用計画部と、

該運用計画に基づいて、発電機に稼働/停止を指令する指令部とを有する。

【0027】

上記課題を解決する本発明は、電力需要および熱需要を含むエネルギー需要予測方法である。

演算装置が、

線形解析による第1予測値を得る線形予測ステップと、

非線形解析による第2予測値を得る非線形予測ステップと、

該記録装置の記録データより、該第1予測値および第2予測値に対応する実測値を得る実測値取得ステップと、

過去の第1予測値と第2予測値と実測値とに基づいて、第1予測値および第2予測値の重み付けを行う定式化ステップと、

対象時刻の第1予測値と第2予測値と該重み付けとに基づいて、第3予測値を得る複

合予測ステップと、

を実行する。

【発明の効果】

【0028】

本発明のコジェネレーションシステムおよび対応するエネルギーマネジメントシステムでは、需要予測の適用が可能である。その結果、需要予測に基づいて運用可能である。また、集合住宅、ホテル、病院、老人ホーム、公共施設、複合商業施設等の中規模施設に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】コジェネレーションシステム全体構成図

【図2】エネルギーマネジメントシステム構成図

【図3】コジェネレーションシステム全体構成図(変形例)

【図4】エネルギーマネジメントフロー

【図5】需要予測フロー

【図6】ニューラルネットワーク概念図

【図7】アンサンブル予測(複合解析)概念図

【図8】エネルギーマネジメントシステム運用例

【発明を実施するための形態】

【0030】

～構成～

本実施形態の構成について説明する。図1は、本実施形態に係るコジェネレーションシステムの全体構成図である。

【0031】

本実施形態に係るコジェネレーションシステムは、集合住宅、ホテル、病院、老人ホーム、公共施設、複合商業施設等の中規模施設に適用される。本願明細書における中規模施設とは、電力および熱の両方を必要とする複数(多数)の需要家が共在する施設である。集合住宅はマンションおよび地域開発された戸建住宅群を含む。各需要家は、お互い連動することなく、自らの都合に基づき、電力及び熱を消費する。以下、集合住宅への適用例について説明する。

10

20

30

40

50

【0032】

コジェネレーションシステムは、ガス発電機11と、貯湯タンク12と、系統電力13を受電する受電装置14と、ガスボイラ15と、電力負荷16と、熱負荷17と、記録装置18と、システム制御装置20と、を備える。

【0033】

ガス発電機11は、石油ガス(LPGガス)、都市ガス、を燃料としてエンジンを作動させ、その動力により発電する。そして、エンジンの冷却のためのジャケット排熱や排気ガスの排熱を液体の熱媒(クーラント)を通流して熱交換して、その熱媒(たとえば湯)の熱エネルギーを利用する。ガスに替えて石油(灯油等)を燃焼させても良い。ガス発電機に替えてPEFC方式の燃料電池としても良い。

10

【0034】

ガス発電機11は1つでも良いが、通常複数のガス発電機が設けられている。ガス発電機11は大量生産された市販品を想定している。ガス発電機11には制御部30が設けられている。

【0035】

貯湯タンク12は、熱エネルギーを回収した熱媒を蓄える。断熱材で断熱された液体貯蔵タンクであって、貯蔵量と温度を計測しつつ、バルブ、ポンプ及び給送管路からなる熱媒移送手段により集合住宅の各住戸を並列或いは直接に接続して熱媒が流送されるようになっており、その後全ての熱媒が集められてガス発電機11に環流するようになっている。

20

【0036】

なお、還流された熱媒は、エンジンの冷却に用いられる。冷却に不十分な場合は、還流路に設置された放熱器(図示省略)にて所定の温度以下に熱媒が冷却される。

【0037】

熱媒の循環経路において、各住戸に熱交換器が設置されており、熱媒はその全ての熱交換器を流通している。熱交換器では、集合住宅の給水設備から各住戸に配管された水道管路が分岐されて、水道の一部が熱交換器を流通して熱媒と熱交換されて加温されるようになっている。また、各住戸の熱交換器には、各住戸内の暖房又は乾燥端末機の熱源となる住戸内だけを循環する戸内用熱媒が流通されており、集合住宅を循環する熱媒から熱交換されて、戸内の温水以外の熱需要に供するための熱源として利用される。

30

【0038】

受電装置14は、大手電力事業者から系統電力13を受電する(買電)する。すなわち、コジェネレーションシステムは、ガス発電機11と系統電力13とから電力供給可能である。ガス発電機11の供給電力が不足する場合や、ガス発電機11停止の場合は、系統電力13を含む外部電力により、電力需要を賄う。

【0039】

ガスボイラ15は、貯湯タンク12を加熱する。すなわち、コジェネレーションシステムは、ガス発電機11とガスボイラ15とから熱供給可能である。ガス発電機11の供給熱が不足する場合や、ガス発電機11停止の場合は、ガスボイラ15により、熱需要を賄う。ガスボイラ15に変えて電気加熱式のボイラを用いても良い。

40

【0040】

電力負荷16は、各需要家(家庭)に設けられた電化製品や照明器具等である。各需要家毎に電力需要を検出する検出器が設けられている。

【0041】

熱負荷17は、各需要家(家庭)における給湯、床暖房、風呂の追い焚き、乾燥端末機等である。各需要家毎に熱需要を検出する検出器が設けられている。

【0042】

記録装置18は、各需要家毎の電力需要および熱需要を記録するとともに、合計値を記録する。

【0043】

本実施形態の特徴的な構成として、システム制御装置20が付加されている。

50

【 0 0 4 4 】

図 2 は、システム制御装置 2 0 を中心とするエネルギー管理システムの構成図である。

【 0 0 4 5 】

システム制御装置 2 0 は、電力需要予測部 2 1 と、熱需要予測部 2 2 と、運用計画部 2 3 と、指令部 2 4 と、買電量制限部 2 5 とを有する。具体的には、電力需要予測部 2 1、熱需要予測部 2 2、運用計画部 2 3 は、パーソナルコンピュータの演算機能を、指令部 2 4 は、プログラマブルロジックコントローラ (P L C) を想定する。すなわち、システム制御装置 2 0 は、パーソナルコンピュータとプログラマブルロジックコントローラとからなるユニットである。

10

【 0 0 4 6 】

電力需要予測部 2 1 は、記録データに基づいて電力負荷 1 6 の電力需要を予測する。電力負荷 1 6 の需要実測値 (記録データ) は、記録装置 1 8 に記録されている。

【 0 0 4 7 】

熱需要予測部 2 2 は、記録データに基づいて熱負荷 1 7 の熱需要を予測する。熱負荷 1 7 の需要実測値 (記録データ) は、記録装置 1 8 に記録されている。

【 0 0 4 8 】

運用計画部 2 3 は、電力需要予測部 2 1 による電力需要予測および熱需要予測部 2 2 による熱需要予測に基づいて、一定時間において発電機を稼働すべきか、停止すべきかを判断する。判断の詳細については後述する。一定時間の判断を所定回数繰り返し、稼働 O N / O F F に係る運用計画を作成する。

20

【 0 0 4 9 】

運用計画部 2 3 は、ボイラ稼働 O N / O F F に係る運用計画を作成し、指令部 2 4 は、運用計画に基づいて、発電機 1 1 に稼働 / 停止を指令する。

【 0 0 5 0 】

さらに、指令部 2 4 は、ガスボイラ 1 5 に稼働 / 停止を指令してもよい。

【 0 0 5 1 】

買電量制限部 2 5 は、予め買電量の上限を記憶しておき、上限量に達する場合、買電ピークカット信号を指令部 2 4 に通知する。指令部 2 4 は運用計画が O F F である場合でも、発電機 1 1 に稼働を指令する。

30

【 0 0 5 2 】

ガス発電機 1 1 には制御部 3 0 が設けられている。制御部 3 0 は、受令部 3 1 と出力制御部 3 2 とを有する。

【 0 0 5 3 】

受令部 3 1 は、指令部 2 4 からの稼働 / 停止指令を受令する。

【 0 0 5 4 】

出力制御部 3 2 は、稼働指令を受令すると、電力負荷 1 6 の電力需要に基づいて、発電機 1 1 の出力制御をおこなう。

【 0 0 5 5 】

なお、ガス発電機 1 1 は大量生産された市販品を想定している。受令部 3 1 は発電機に設けられた L A N ポート等入出力ポートを想定している。また、ほぼ全ての市販の発電機は出力制御機能を有している。

40

【 0 0 5 6 】

～ 変形例 ～

図 1 に、コジェネレーションシステム構成の一例を示したが、これに限定されない。図 3 に変形例を示す。

【 0 0 5 7 】

図 1 では、複数の発電機 1 1 はそれぞれ制御部 3 0 を有していたが、図 3 のように複数の発電機 1 1 に対し、1 つの制御部 3 0 であってもよい。

【 0 0 5 8 】

50

図 1 では、システム制御装置 20 はボイラ 15 にも指令するが、図 3 のように発電機 11 のみに指令をしても良い。

【0059】

図 1 では、外部電源は系統電力 13 のみであったが、図 3 のように太陽光発電や蓄電池を付加しても良い。

【0060】

上記以外にも、本発明の技術思想の範囲で種々の変形が可能である。

【0061】

～制御～

本実施形態における発電機の運用について説明する。図 4 は、エネルギー管理フローである。

10

【0062】

システム制御装置 20 は、記録データに基づいて電力負荷 16 の 24 時間の電力需要を予測する。具体的には、24 時間を 48 期間（30 分毎）に分割し、各時刻の予測値を求める（ステップ S1）。

【0063】

予測値を時系列に整理し、電力需要予測曲線を作成する（ステップ S2）。長期予測（24 時間予測）は、毎日定時（例えば AM 4 時）に行う。需要予測方法の詳細については後述する。

【0064】

20

同様に、熱負荷 17 の 24 時間の電力需要を予測し（ステップ S3）、熱需要予測曲線を作成する（ステップ S4）。

【0065】

なお、1 日単位で最適化を行う場合、24 時間予測は必須となる。

【0066】

次いで、買電単価およびガス単価を入力し（ステップ S5）、24 時間電力需要予測および 24 時間熱需要予測に基づいてコストを比較し（ステップ S6）、発電機 11 に稼働 / 停止に係る運用計画を作成する（ステップ S7）。

【0067】

運用計画について詳細に説明する。運用計画は下記の目的関数を最適化することで決定する。（詳細については論文参照）

30

目的関数(k) :

$$\min f = \sum_{k=0}^{K-1} \left[C_{LPG} \{ F_{GE} + F_{GB} \} + C_{buy}(k) P_{buy}(k) \right] \quad (1)$$

ガス発電機電力出力 :

$$P_{GE}(k) = a_{GE}^p F_{GE}(k) + b_{GE}^p U_{GE}(k) \quad (2)$$

40

ガス発電機熱出力 :

$$H_{GE}(k) = a_{GE}^h F_{GE}(k) + b_{GE}^h U_{GE}(k) \quad (3)$$

ガスボイラ熱出力 :

$$H_{GB}(k) = a_{GB}^h F_{GB}(k) + b_{GB}^h \quad (4)$$

熱供給：

$$H_{in} = H_{GE} + H_{GB} \quad (5)$$

貯湯タンク条件(k)：

10

$$T(k) = T(k+1) - \frac{1}{C\rho V} \{H_{in}(k) - H_{load}(k) - H_{loss}(k)\} \quad (6)$$

電力需給制約：

$$P_{GE} + P_{buy} = P_{load} \quad (7)$$

貯湯タンクの温度制約：

20

$$\underline{T} \leq T(k) \leq \bar{T} \quad (8)$$

ガスエンジン発電機出力上下限制約：

$$\left(\frac{P_{GE} - b_{GE} U_{GE}}{a_{GE}} \right) \leq F_{GE} \leq \left(\frac{\bar{P}_{GE} - b_{GE} U_{GE}}{a_{GE}} \right) \quad (9)$$

30

k=0...K：時刻

F_{GE} ：発電機の燃料消費量[m3]

F_{GB} ：ガスボイラの燃料消費量[m3]

P_{buy} ：システムからの買電量[kWh]

U_{GE} ：発電機起動状況 0：停止，1：起動

C：蓄熱媒体の比熱[kWh/(kg·)]

：蓄熱媒体の密度[kg/m3]

V：蓄熱槽の容量[m3]

C_{LPG} ：ガス単価

C_{buy} ：買電単価

40

発電機運用に関しては各期間のON/OFFの2つの値しか取り得ないことから、この程度の計算量であれば十分列挙法で解くことができる。

【0068】

これにより、24時間(48期間×30分)の運用計画が作成される。

【0069】

一方で、各期間ごとに、30分前の電力需要予測(ステップS8)と、30分前の熱需要予測(ステップS10)とを行う。需要予測方法については、24時間予測と同様であるが、直近の実測値を反映させることができる(詳細後述)。これにより、予測式を修正でき、予測値も修正できる。

【0070】

50

電力需要および熱需要について、30分前予測の予測値と、対応する24時間予測の予測値とを比較し、誤差を求める(ステップS9、ステップS11)。

【0071】

ステップS9およびステップS11において、誤差が閾値(例えば5%)未満の場合、システム制御装置20は運用計画に基づいてガス発電機11に稼働/停止(ON/OFF)を指令する(ステップS12)。

【0072】

ガス発電機11の制御部30は、稼働/停止指令を受令し、稼働指令の場合は、電力負荷16の電力需要に基づいて、ガス発電機11の出力制御をおこなう(ステップS13)。停止指令の場合は、電力負荷16の電力需要があっても、ガス発電機11は稼働しない。電力負荷16の電力需要は、買電により賄う。

10

【0073】

ステップS9またはステップS11において、誤差が閾値以上の場合は、以降の期間の予測値を求めて需要予測曲線を修正する(ステップS14、ステップS15)。そして、修正後の需要予測曲線に基づいて、発電機を運用する(S2 S4 S5 S6 S7 S12 S13)。

【0074】

なお、前の期間にて需要予測曲線修正を検討しているため、次の期間にて大きな誤差が出る可能性は低い。ほとんどの場合、誤差が閾値未満であると想定される。つまり、頻繁な修正はなく、予測精度を維持しながら計算量を削減できる。

20

【0075】

ところで、本実施形態は買電ピークカット機能を有する。買電量が上限に達する場合、買電ピークカット機能が作動する。ステップS7にて発電機停止であっても、発電機を稼働する(S15 S12 S13)。買電上限量は予め設定されている。

【0076】

～需要予測方法～

本実施形態における需要予測方法について説明する。なお、本実施形態では、電力需要予測と熱需要予測とを行うが、同様の手法を用いる。

【0077】

本実施形態における需要予測方法は、線形解析と非線形解析を併用すること、および、両者の結果に基づく複合解析(アンサンブル予測)を用いることを特徴とする。線形解析の一例として重回帰分析を用いる。非線形解析の一例としてニューラルネットワークを用いる。

30

【0078】

重回帰分析は多変量解析の一つで、回帰分析と基本は同様のものであるが、独立変数の数が複数になっているところに違いがある。本手法を用いることで、計算しやすく誤差が少ない予測式を作ることができる。たとえば、重回帰分析を線形モデルを用いて、最小二乗法により重み係数を算定する。各要素によって作成した連立方程式を掃き出し法を用いて解く。

【0079】

ニューラルネットワークには階層型、相互連結型など様々な種類がある。翌日電力需要想定のような数値を予測する問題では、ニューラルネットワークの有する任意の非線形連続関数を近似できる性質を利用することでこれを実現できる。図6は一例として示す階層型ネットワークの概念図である。階層型ニューラルネットワークの基本的な構造は入力層、中間層、出力層からなり、階層は複数のユニットから構成される。

40

【0080】

予測のためのインプットデータを入力するのが入力層であり、予測値が出力されるのが出力層である。中間層は入力層データを一旦結合させるために使用するものである。一般的には中間層の数は入力層の2倍以下の数が良いといわれている。各層同士ではそれぞれ重みを設定する必要がある。入力層に適当な入力信号を入れ、重みの値によって各層の出力が決まり、最終的に出力層の出力から予測などを行う。よって重みを如何に決めるかが

50

重要である。

【0081】

ニューラルネットワークを用いた予測を行うためにはインプットデータを多数入力し学習を行う必要がある。ここで言う学習とはインプットデータから作成したアウトプットデータと現実の値を比較し、それらの値が近づくように結合荷重を更新していく過程のことを指す。

【0082】

ニューラルネットワークの学習を行う手法として、バックプロパゲーション法、ランダム探索法等の手法がある。

【0083】

線形解析である重回帰分析と非線形解析であるニューラルネットワークにはそれぞれ長所と短所がある。また、それぞれの予測手法の特性によって季節や曜日などによって予測精度の高いところや低いところのムラが発生する恐れがある。

【0084】

例えば重回帰分析による需要予測であれば適切な要因系データの種類と数があれば、ある程度の高精度の予測が可能である。一方、インプットデータに用いてもデータの相関分析が十分出ない場合、過剰適合（見せかけの予測精度向上がもたらすエラー）や多重共線性（要素同士の相関関係がもたらすエラー）などが発生しうる。また、いわゆるパーティーなど突発的なエネルギー需要に対応できない。

【0085】

ニューラルネットワークでは上記のような相関関係によるエラーは少なくなる。また突発的なエネルギー需要にも対応できる。一方、学習データによっては予測を大きく外す可能性がある。

【0086】

発明者は、線形解析および非線形解析のそれぞれの長所を維持し、短所を補うことを目的として、線形解析および非線形解析の結果に基づく複合解析（アンサンブル予測法）を開発した。

【0087】

複合解析に予測値（第3予測値）は、線形解析による第1予測値および非線形解析による第2予測値に重み付けをして足し合わせることにより得られる。それぞれ重み係数は第1予測値および第2予測値と過去の実測値から得られる（詳細後述）。

【0088】

図5は、本実施形態における需要予測フローである。

【0089】

記録装置18には、過去の電力需要および熱需要の実測値が時系列に記録されている。まず、下記の記録データをインプットデータとして読み込む（ステップS21）。

【0090】

- ・ 休日フラグ : 0: 平日 1: 休日
- ・ 入居部屋数
- ・ 前日の同時刻の電力需要実測値 / 熱需要実測値
- ・ 前週の同時刻の電力需要実測値 / 熱需要実測値
- ・ 前年の同時刻の電力需要実測値 / 熱需要実測値
- ・ 前日同時刻の不快感指数（温度と湿度をパラメータとする指数）
- ・ 前日同時刻の24時間前までの実測最大値（ピーク値）
- ・ 前日までの同時刻の電力需要実測値 / 熱需要実測値の28日平均
- ・ 現在の電力需要実測値 / 熱需要実測値（24時間予測のみ）

【0091】

上記インプットデータに基づき線形解析による第1予測値を求める（ステップS22）。

【0092】

。

10

20

30

40

50

まず、過去の実測値と対応するインプットデータの間を14日×48区間(30分毎)整理し連立方程式を立てる。残差の二乗和を最小とするよう、連立方程式を解くことにより、重み係数を算定する。これにより、予測式を定式化する。さらに、予測対象時刻に対応するインプットデータを予測式にあてはめて、予測値を得る。

【0093】

上記インプットデータに基づき非線形解析による第2予測値を求める(ステップS23)。

【0094】

まず、過去の実測値と対応するインプットデータの間を14日×48区間(30分毎)整理し、ニューラルネットワークの学習を行う。これにより、ニューラルネットワークをモデル化する。さらに、予測対象時刻に対応するインプットデータを予測モデルにあてはめて、予測値を得る。

10

【0095】

次に、複合解析(アンサンブル予測法)を行う。図7は、アンサンブル予測の概念図である。

【0096】

14日×48区間(30分毎)、過去の第1予測値および第2予測値と、対応する実測値を得る(ステップS24)。

【0097】

過去の第1予測値と第2予測値と実測値とに基づいて、残差の二乗和を最小とするよう、連立方程式を解くことにより、重み係数を算定する。これにより、アンサンブル式を定式化する(ステップS25)。重み付けの方法は限定されず、線形解析に替えて、非線形解析を用いても良い。

20

【0098】

さらに、予測対象時刻に対応する第1予測値および第2予測値をアンサンブル式にあてはめて、第3予測値を得る(ステップS26)。

【0099】

すなわち、アンサンブル予測法では、過去の実測値と比較することにより、線形解析の方が精度が良いのか?非線形解析の方が精度が良いのか?を判断し、適宜、精度のよい予測手法の方を重視する。したがって、極端に予測を外すことがない。

30

【0100】

～動作～

本実施形態の動作について、本実施形態を十数戸の中小規模マンションに適用した場合を例に説明する。

【0101】

一年を通して、エネルギー需要は朝方と夕方から夜にかけて発生する傾向にある。特に夕方から夜の間は、家族がそろって家庭内で生活するため、エネルギー需要が集中する。

【0102】

一方、夏季と冬季とではエネルギー需要特性が異なる。本実施形態のコジェネレーションシステムおよびエネルギーマネジメントシステムは、エネルギー需要特性に対応するように動作する。

40

【0103】

図8Aは、冬季のエネルギー需要特性と運用例を示し、図8Bは、夏季のエネルギー需要特性と運用例を示す。

【0104】

冬季では、床暖房や給湯を利用するため、熱需要が多い。したがって、電力需要に対応するように発電機が稼働しても、排熱を有効利用できる。言い換えると、電力需要と熱需要とがマッチングしているため、エネルギー利用効率のよい運用が可能である。

【0105】

発電機が稼働するため、買電量を削減することができる。熱需要が超過する場合は、ガ

50

スボイラ稼働により対応する。

【0106】

夏季では、追い焚き負荷程度しか熱需要がない一方、冷房による電力需要が多い。電力需要と熱需要とがミスマッチしているため、発電機停止とする運用をしている。

【0107】

ところで、中小規模マンションで電力需要が急増する時、他でも電力需要が急増する可能性が高い。広域電力系統において電力需要が集中すると大規模停電が発生するおそれがある。本実施形態は買電ピークカット機能を有し、電力需要と熱需要とのミスマッチが生じる場合でも発電機が稼働し、大規模停電発生防止に寄与する。

【0108】

また、中小規模マンション等の中規模施設と大手電力事業者との契約では、年間における最大使用電力（最大値）を基準として基本料金が決定される。1回でも突出した最大値を記録すると、翌年の基本料金が増加する。電力需要と熱需要とのミスマッチが生じる場合に発電機が稼働すると、一見不経済に見えるが、買電ピークカット機能が作動することにより、翌年の基本料金増加を防止し、結果的にエネルギーコスト削減となる。

【0109】

また、電力需要と熱需要とのミスマッチが生じる場合でも、ガス単価が安い場合には、発電機が稼働する。相対的にエネルギーコスト削減となる。

【0110】

～効果～

本実施形態の効果について、各構成毎に説明する。

【0111】

・システム制御装置

従来技術における発電機も制御部を有し、出力制御を行っている。しかし、出力制御に対応可能な需要予測を検討すると、高精度な需要予測が必要となる。これが、コジェネレーションシステムおよびエネルギーマネジメントシステムに需要予測技術を適用することが難しい一因となっていた。一方で、中小規模マンション等の中規模施設では、個別要因の変動に起因して、高精度な需要予測は難しい。

【0112】

本実施形態のシステム制御装置は、発電機の稼働/停止（ON/OFF）のみを判断する。すなわち、出力制御に対応可能な需要予測ほどの高精度な需要予測は要求されない。その結果、コジェネレーションシステムおよびエネルギーマネジメントシステムに需要予測技術を適用することが可能となる。

【0113】

一方、発電機は制御部を有し、出力制御を行う。発電機は大量生産された市販品を想定している。すなわち、発電機の制御部は信頼性が高い。上位の判断（発電機ON/OFF）についてはシステム制御装置がおこなうが、下位の判断（出力制御）については発電機が行う。これにより、エネルギー利用の高効率を担保している。

【0114】

本実施形態は、既存のコジェネレーションシステムおよびエネルギーマネジメントシステムにシステム制御装置を付加したものである。具体的には、パーソナルコンピュータとPCLと記録装置を発電機およびエネルギー負荷検出器に接続したものである。すなわち既設の中規模施設に適用できる。

【0115】

また、本実施形態は、市販の発電機と簡易なシステム制御装置の組み合わせであり、新設の中規模施設に適用する場合でも、導入コストが低い。

【0116】

さらに、何らかの理由によりシステム制御装置が故障した場合でも、発電機の制御部は自律的に作動する。すなわち、システム全体が破綻することがなく、運用を継続でき、信頼性が高い。

10

20

30

40

50

【0117】

・アンサンプル予測（複合解析）

線形解析による予測は、精度が担保されている一方で、突発的な変動に対応できない。非線形解析による予測は、突発的な変動に対応可能であるが、大ハズレのおそれが残る。アンサンプル予測は、予測精度を維持しながら、突発的な変動にも対応できる。

【0118】

また、季節や時間帯により、線形解析が適していたり、非線形解析が適していたりするが、その適否判断は難しい。アンサンプル予測は、実測値と照らし合わせて過去の予測精度を検証することで、自動的に、線形解析／非線形解析の適否を判断できる。

【0119】

以上のように需要予測精度が向上する。その結果、集合住宅等の中規模施設にも需要予測を適用できる。

【0120】

・インプットデータに「最大値（ピーク値）」を含むこと

前日・前週・前年・28日平均の同時刻実測値および前日同時刻の不快指数をインプットデータとすることにより、需要曲線の形に関してはこれらのデータの相関関係から特定することができる一方、曲線の形はそのままに需要量が高低してしまうことがあった。これは需要予測の対象が集合住宅であるため、家電など機器の仕様傾向の変化や増設等に起因する。

【0121】

本願発明者は、需要量（縦軸）は、前日ピーク値と相関関係が高いことを見出した。インプットデータに「最大値（ピーク値）」を含むことにより、需要曲線を縦軸方向に修正できる。すなわち、家電機器などの増設や機器の仕様傾向の変化に対応することができる。縦軸方向修正により需要予測精度が向上する。

【0122】

なお、ピーク値はインプットデータのの一つとして扱われるため、需要曲線の形の特定と縦軸方向（量方向）の修正は、同時に行われる。

【0123】

・長期予測と短期予測

長期予測（24時間予測）を行うことにより、1日単位で最適化できる。短期予測では、直近の実測値を反映させることにより、予測式を修正でき、予測値も修正できる。本実施形態では下記の2点において修正をしている。

【0124】

まず、線形解析による第1予測値を求めるステップおよび非線形解析による第2予測値を求めるステップにおいて、直近の実測値を反映させて修正する。すなわち、アンサンプル予測の元データ（需要予測曲線）を修正する。

【0125】

さらに、複合解析による第3予測値を求めるステップにおいて、直近の実測値を反映させて修正する。すなわち、直近における線形解析／非線形解析の適否を修正する。

【0126】

短期予測による2つの修正により、需要予測精度が向上する。

【0127】

・まとめ

システム制御装置は発電機のON/OFFのみを判断する（出力制御をしない）。すなわち、出力制御に対応可能な需要予測ほどの高精度な需要予測は要求されない。その結果、コジェネレーションシステムおよびエネルギーマネジメントシステムに需要予測技術を適用することが可能となる。

【0128】

アンサンプル予測、前日最大値による縦軸方向修正、短期予測による修正により、需要予測精度が向上する。その結果、集合住宅等の中規模施設にも需要予測を適用できる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 9 】

精度のよい需要予測に基づいてシステム運用するため、エネルギー利用効率のよい運用が可能である。発明者の試算では、システム制御装置によるマネジメントがない時に比べて、年間のエネルギーコストを2割削減可能となる。

【 符号の説明 】

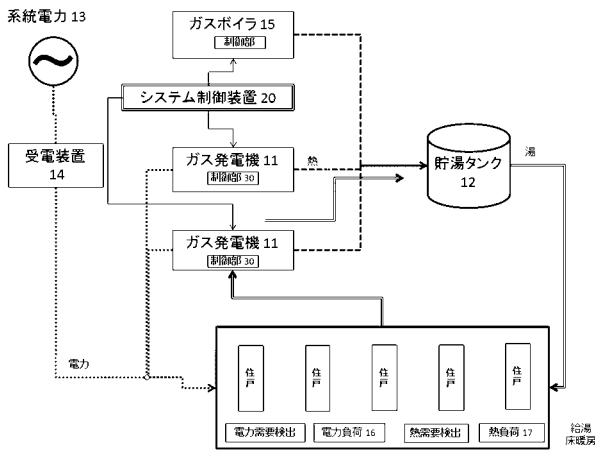
【 0 1 3 0 】

- 1 1 ガス発電機
- 1 2 貯湯タンク
- 1 3 系統電力
- 1 4 受電装置
- 1 5 ガスボイラ
- 1 6 電力負荷
- 1 7 熱負荷
- 1 8 記録装置
- 2 0 システム制御装置
- 2 1 電力需要予測部
- 2 2 熱需要予測部
- 2 3 運用計画部
- 2 4 指令部
- 2 5 買電量制限部
- 3 0 制御部
- 3 1 受令部
- 3 2 出力制御部

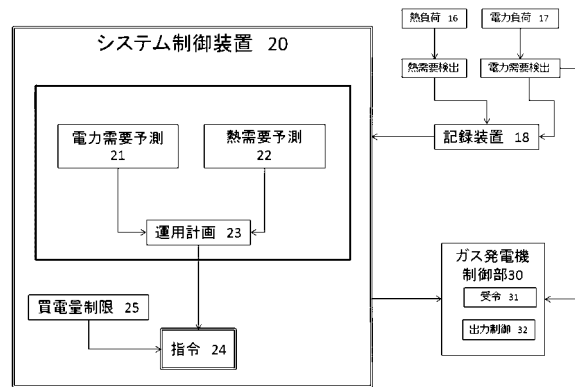
10

20

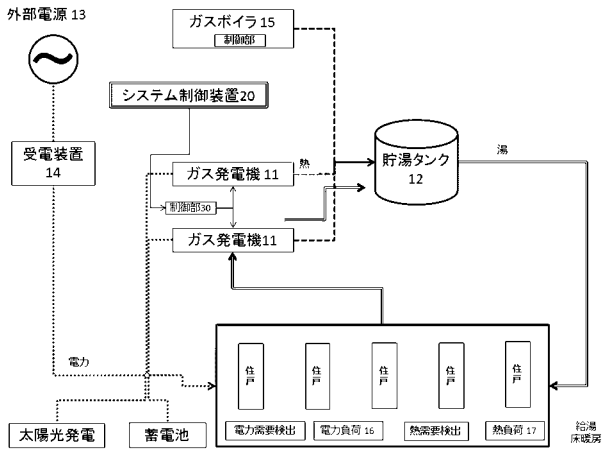
【 図 1 】



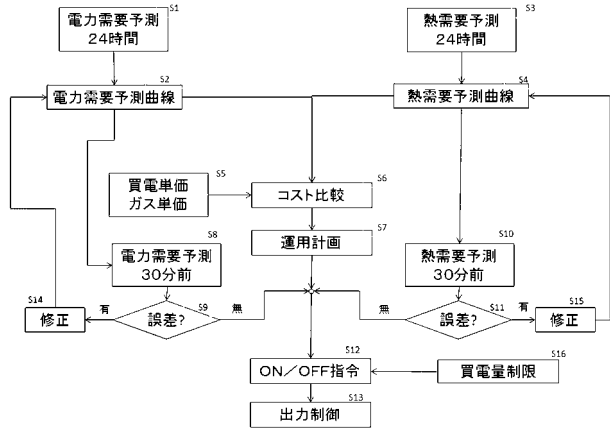
【 図 2 】



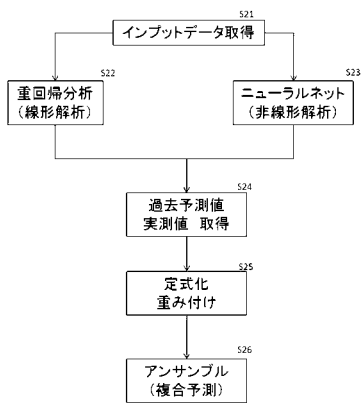
【図3】



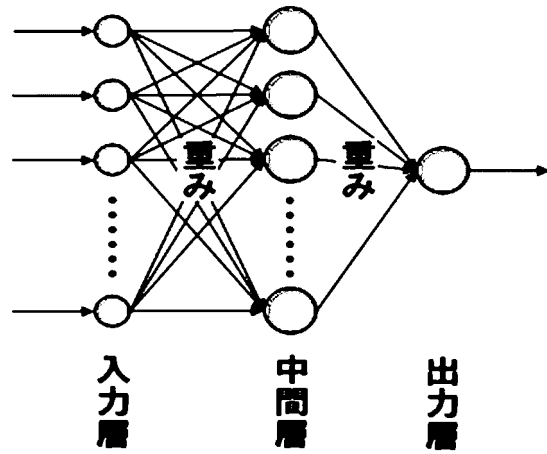
【図4】



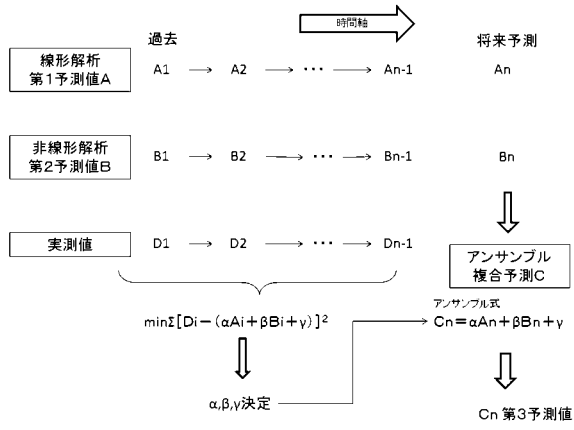
【図5】



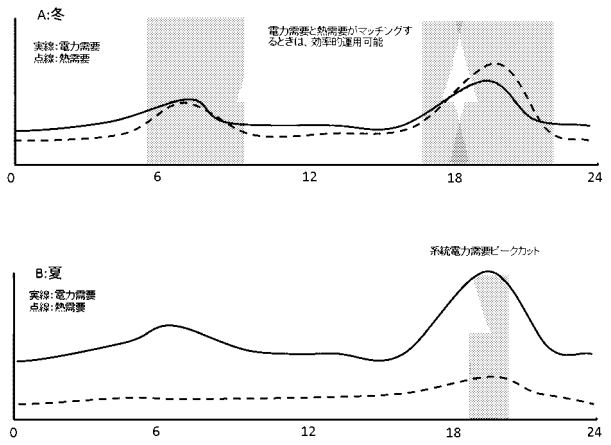
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 赤津 一二
東京都港区港南 1 - 8 - 2 7 日新ビル 4 F レモンガス株式会社内
- (72)発明者 赤津 欣弥
東京都港区港南 1 - 8 - 2 7 日新ビル 4 F レモンガス株式会社内
- (72)発明者 佐藤 良一
東京都港区港南 1 - 8 - 2 7 日新ビル 4 F レモンガス株式会社内
- (72)発明者 柴田 治次
東京都港区港南 1 - 8 - 2 7 日新ビル 4 F レモンガス株式会社内
- (72)発明者 辻 重幸
東京都港区港南 1 - 8 - 2 7 日新ビル 4 F レモンガス株式会社内
- Fターム(参考) 5G066 AA02 AE03 AE09 HB02