

明 細 書

発明の名称：電力管理装置

技術分野

[0001] 本発明は、デマンド制御によって電力管理を行う、電力管理装置に関する。

背景技術

[0002] 例えばビル等の建物における、高圧受電の契約者（ビルオーナー等）は、当該建物における消費電力の最大値である契約電力を定めた受電契約を電気事業者と結ぶ。消費電力の計算単位は、単位時間当たりの平均消費電力で表される。例えばデマンド時限と呼ばれる所定期間（例えば30分間）におけるビル全体の消費電力の平均値（需要電力）が契約電力との比較対象となる。

[0003] 例えばビルにて実際に消費された需要電力が予め定められた契約電力を超過すると、その契約電力に関わらず、超過した需要電力を基準にして契約期間（例えば一年間）の基本料金が設定される。

[0004] そこで従来から、ビルの需要電力を契約電力以下に抑える、電力管理システム（EMS、Energy Management System）が知られている。電力管理システムは、いわゆるデマンド制御に基づいて電力管理を行う。

[0005] 例えば、契約電力より低い値にデマンド制御実行値が設定される。そして需要電力がデマンド制御実行値を超過すると予測されると、当該超過を回避すべく管理対象機器の消費電力が絞り込まれる。例えば稼働中の機器が一部停止させられる。

[0006] このようなデマンド制御に付加されるサービスとして、デマンド制御を実行したことによる消費電力の削減量を算出するサービスが知られている。例えば特許文献1では、省エネ施策を実施していない状態の消費電力量に基づいて使用予測電力量を求めるとともに、省エネ時使用エネルギー予測量を予測

している。また特許文献2では、過去の消費電力量の実績値に基づいてベースラインを求めるとともに、当該ベースラインに対してデマンド制御実行時の消費電力量が下回った分を電力削減量としている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2011-242046号公報

特許文献2：特開2014-96946号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、従来のデマンド制御においては、デマンド制御による電力削減量を求めるために、デマンド制御が実行されなかったと仮定したときの消費電力推定値であるベースラインが求められる。例えば、デマンド制御の実行が一旦停止され、デマンド制御の実行が停止されている期間の消費電力が複数点に亘って取得される。さらに当該複数点の消費電力に基づいて例えば近似直線が求められ、この求められた近似直線がベースラインとなる。

[0009] しかしながら、ベースラインを求める際に、それまで実行されていたデマンド制御が中断されると、デマンド制御が中断されるまで出力を抑制されていた機器が一斉に出力を増加させるおそれがある。一斉に出力を増加させるおそれがあるこれらの機器が設置されたテナント等の利用者にとっては、周辺機器の動作が一斉に高出力となって動作音が気になるなど、違和感を覚えるおそれがある。

[0010] そこで本発明は、デマンド制御のオン／オフの切り替え時の、機器動作の急変を従来よりも緩和可能な、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

[0011] 本発明は、電力管理装置に関する。当該装置は、制御部、電力検出部、及び判定部を備える。制御部は、ビルに設置された管理対象機器の消費電力を制御する。電力検出部は、デマンド時限内の所定のタイミングでビル全体の

消費電力であるビル単位消費電力を検出する。判定部は、検出されたビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限終点までに所定のデマンド制御実行値を超過するか否かを判定する。制御部は、デマンド時限内の所定の判定期間に亘り、管理対象機器の消費電力制限を解除するベースライン判定制御を実行する。判定部は、判定期間におけるビル単位消費電力の積算値に基づいた推定値であるベースラインの値がデマンド時限終点までにデマンド制御実行値を超過するか否かを判定する。ベースラインの値がデマンド時限終点までにデマンド制御実行値を超過すると判定されたときに、制御部は、判定期間後、管理対象機器の消費電力を制限するデマンド制御を実行する。さらに制御部は、デマンド時限の終点においてデマンド制御が実行されているときに、次のデマンド時限における判定期間の前に、管理対象機器に対する消費電力の制限を徐々に緩和させる制限緩和制御を実行する。

[0012] 上記発明によれば、デマンド時限の終点とその次のデマンド時限の判定期間との間、言い換えると、デマンド制御のオン／オフの切り替えの間に制限緩和制御が実行されるので、機器動作の急変を緩和可能となる。

[0013] また上記発明において、制御部は、判定期間の後、管理対象機器に対する消費電力の制限内容が異なる、複数の制御レベル別のデマンド制御リストから、所定の制御レベルのデマンド制御を実行してもよい。またこの場合、制御部は、制限緩和制御において、その直前のデマンド時限の終点において実行されたレベルのデマンド制御から、消費電力の制限内容が緩和されたレベルに段階的に移行するようにデマンド制御を実行してもよい。

[0014] 上記発明によれば、制限緩和制御において、制御レベルを段階的に、制限を緩和する方向に移行させる。制御レベルごとにその制御内容は定められており、制御レベルを移行させるのみにて消費電力の制限が緩和されるから、制限緩和制御において都度緩和対象の機器を選択する等の煩雑な作業が回避され、スムーズな制限緩和が可能となる。

[0015] また上記発明において、デマンド時限の終点におけるベースラインの値と、当該終点におけるビル単位消費電力の積算値との差分から、電力削減量を

算出する電力削減量算出部を備えてもよい。

- [0016] 上記発明によれば、デマンド制御によるいわゆる省エネ効果が、電力削減量としてデマンド時限ごとに求めることができる。

発明の効果

- [0017] 本発明によれば、デマンド制御のオン／オフの切り替え時の、機器動作の急変を従来よりも緩和可能となる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本実施形態に係る電力管理装置を含む、電力系統図を例示する図である。
- [図2]電力管理装置の機能ブロックを例示する図である。
- [図3]デマンド制御におけるビル単位消費電力の積算値を説明する図である。
- [図4]デマンド制御の実行プロセスについて説明する図（１／２）である。
- [図5]デマンド制御の実行プロセスについて説明する図（２／２）である。
- [図6]制御レベルリストを例示する図である。
- [図7]本実施形態に掛かるデマンド制御プロセスを例示する図である。
- [図8]本実施形態に掛かるデマンド制御フローを示すタイムチャート（１／２）である。
- [図9]本実施形態に掛かるデマンド制御フローを示すタイムチャート（２／２）である。
- [図10]本実施形態に掛かる電力管理装置のハードウェア構成を補足する図である。

発明を実施するための形態

- [0019] 図１に、本実施形態に係る電力管理装置１０を含む、電力管理システムが例示される。図１に例示される電力管理システムは、例えばビル等の複数階建築設備の監視制御システムであるBEMS（Building and Energy Manegement System）から構成される。
- [0020] 電力管理システムは、電力管理装置１０（B-OWS）、サブコントローラ１４Ａ～１４Ｃ（B-BC）、デジタルコントローラ１６Ａ、１６Ｂ（D

DC)、リモートステーション18(RS)を備え、これらがバスに接続される。デジタルコントローラ16A、16B及びリモートステーション18は管理対象機器である各電気機器20A~20Dや各種センサ22A~22Fに接続される。

[0021] 電気機器20A~20Dは、ビル内に設置される種々の設備機器であり、電力管理装置10の管理対象機器である。電気機器20A~20Dには、例えば照明機器、空調機器、昇降機、衛生機器、防災機器、及び防犯機器等が含まれる。図1の例では、電気機器20Aは照明機器であり、電気機器20Bは照明操作盤であり、電気機器20Cは空調機であり、電気機器20Dはエレベーター制御盤である。

[0022] また、センサ22Aは照度センサであり、センサ22Bは照明電力メータであり、センサ22Cは空調機センサであり、センサ22Dは空調電力メータであり、センサ22Eはエレベーター電力メータである。

[0023] さらにセンサ22Fは需要電力メータである。需要電力メータは、要するに電力管理装置10が管理対象とするビルに電気事業者から送電されるビル全体の消費電力(ビル単位消費電力)を計量するメータである。需要電力メータ22Fは例えば電気事業者によって設置され、需要電力メータ22Fが検出したビル単位消費電力は電気事業者に送信される。電気事業者に送信されるビル単位消費電力を電力管理装置10もモニタリング可能とする。電力管理装置10もモニタリング可能とすることで、電気事業者とビル管理者との間で需要電力の情報を共有化できる。

[0024] なお、図1は紙面の都合上、電力管理装置10の下位に接続されるサブコントローラ14等の機器の一部を例示するものであって、図示した構成の他にも種々の機器が接続されていてよい。

[0025] 電力管理装置10は、例えばいわゆるB-OVS(BACnet Operator Workstation)から構成されている。電力管理装置10は、管理者等により操作監視されるクライアントPCとしての機能と、データ保存やアプリケーション処理等を行うサーバとしての機能を備えてい

る。電力管理装置 10 では、例えば画面表示や設定操作が行われる。

[0026] また電力管理装置 10 は、タイマ 38 から時間情報を受信する。受信した時間情報

により、後述するデマンド時限、ビル単位消費電力のサンプリングタイミング、制御レベルの変更タイミング等が定められる。なおタイマ 38 は、電力管理装置 10 に内蔵されていてもよい。

[0027] サブコントローラ 14 は主に制御機能を担う。サブコントローラ 14 は、例えばいわゆる B-B-C (BACnet building Controller) から構成されている。サブコントローラ 14 は、デジタルコントローラ 16 やリモートステーション 18 等の端末伝送機器と通信し、ポイントデータやスケジュール制御等を管理する。例えばサブコントローラ 14 は、空調設備系統、照明設備系統、昇降機系統、衛生設備系統、防犯設備系統等、各機能別系統 (サブシステム) ごとに一つずつ設けられる。

[0028] デジタルコントローラ 16 はいわゆる DDC (Direct Digital Controller) であってよく、BEMS における分散制御を実現するための調節器としての機能を備える。例えばデジタルコントローラ 16 はサブコントローラ 14 から送られたスケジュール設定に基づくプログラム制御や、同じくサブコントローラ 14 から送られた目標値に基づくフィードバック制御等により、接続先の電気機器 20C, 20D を制御する。また、デジタルコントローラ 16 はセンサ 22C~22E の計測値や電気機器 20C, 20D の警告等を上記システムや他のデジタルコントローラ 16 に送信する。

[0029] リモートステーション 18 はアウトステーション、ローカルステーションとも呼ばれ、接続先のセンサ 22A, 22B や電気機器 20A, 20B の監視や制御を行う。リモートステーション 18 は、機能的にはデジタルコントローラ 16 と重複する。このため、デジタルコントローラ 16 及びリモートステーション 18 は接続先の電気機器 20A~20D やセンサ 22A~22E に応じて適宜どちらか一方が選択される。

- [0030] 電力管理装置 10、サブコントローラ 14、デジタルコントローラ 16、及びリモートステーション 18 はコンピュータから構成される。例えば代表的に電力管理装置 10 に示すように、そのいずれにも、CPU (Central Processing Unit) 26、メモリ 28、ハードディスクドライブ (HDD (Hard Disk Drive)) 30、入力部 32、出力部 34、及び入出力インターフェース 36 が設けられる。
- [0031] 後述するように、電力管理装置 10 の CPU 26、メモリ 28 及びハードディスクドライブ 30 によって、図 2 に例示されるような機能ブロックが構成される。また、出力部 34 は例えばディスプレイであって、例えばビル単位消費電力の変化等が表示される。入力部 32 はキーボードやマウス等の入力デバイスであってよく、例えば後述するデマンド制御リストの登録内容を設定、変更可能となっている。
- [0032] 図 2 には、電力管理装置 10 の機能ブロックが例示されている。電力管理装置 10 は、電力積算部 40、ベースライン算出部 42、電力削減量算出部 44、ベースライン比較部 46、デマンド制御実行判定部 48、レベル設定部 50、及び機器制御部 54 の複数の機能部を備える。これらの機能部は、電力管理装置 10 の CPU 26、メモリ 28、ハードディスクドライブ 30 等の各リソースが割り当てられることで構成される。また電力管理装置 10 は、HDD 30 及びメモリ 28 の一部として、電力設定値記憶部 60、デマンド制御レベル記憶部 62、及び設定レベル記憶部 64 を備える。
- [0033] 電力管理装置 10 の各機能ブロックの作用効果について概説する。電力積算部 40 は、需要電力メータ 22F からビル単位消費電力を取得し、デマンド時限内でビル単位消費電力を積算する。ベースライン算出部 42 は、後述するように、デマンド制御が実行されていないときのビル単位消費電力の推定値であるベースライン BL を算出する。
- [0034] 電力削減量算出部 44 は、ベースライン BL と、デマンド時限終点時における実際のビル単位消費電力の積算値との差に基づいて、デマンド制御の実行に伴う電力削減量を算出する。ベースライン比較部 46 は、ベースライン

BLとデマンド制御実行値 P_Dmd との差分 ΔP_Dtm を求める。デマンド制御実行判定部48は、差分 ΔP_Dtm に基づいて、デマンド制御の実行可否を判定する。

[0035] レベル設定部50は、デマンド制御の実行に当たり、制御レベルを設定する。機器制御部54は、設定された制御レベルに基づいて、管理対象機器20の消費電力を制御（抑制）する。

[0036] 電力設定値記憶部60には、種々の電力設定値が記憶されている。例えばデマンド制御実行値 P_Dmd 、閾値 P_Ctr 等が記憶される。デマンド制御レベル記憶部62には、制御レベル別の制御内容が記憶されている。設定レベル記憶部64には、設定された制御レベルの現在値が記憶される。なお、これら各機能部の機能、作用については後述する。

[0037] <デマンド制御>

デマンド制御では、デマンド時限と呼ばれる所定期間（例えば30分間）におけるビル単位消費電力の平均値（需要電力）が、予め定めた契約電力を超過しないように、機器制御部54がビル内の管理対象機器20の消費電力を制御する。

[0038] このデマンド制御に当たり、デマンド時限におけるビル単位消費電力の積算値が用いられる。例えばデマンド時限内（30分）の所定のタイミング（例えば一分）で、需要電力メータ22Fから電力管理装置10の電力積算部40（図2参照）にビル単位消費電力が送信される。電力[kW]は瞬時値であるところ、例えば一分間の平均電力として、需要電力メータ22Fから電力積算部40にビル単位消費電力が送信される。

[0039] デマンド制御の主目的は、需要電力が契約電力を超過することを回避することにある。このような回避を可能とするために、図3に例示されるような、ビル単位消費電力の積算値が用いられる。図3のグラフは、ビル単位消費電力の積算値の、デマンド時限ごとの変化を例示するものである。図3のグラフは、横軸が時間[min]、縦軸が電力[kW]を示す。

[0040] ビル単位消費電力の積算値は、デマンド時限内の所定の各サンプリングタ

イミングで需要電力メータ 22 F が検出し電力積算部 40 に送信されたビル単位消費電力を積算することで求められる。例えばサンプリングタイミングが 1 分ごとであり、デマンド時限が 30 分である場合、デマンド時限ごとに最大 30 点のビル単位消費電力データが電力積算部 40 により積算される。この最大値が、デマンド時限終点時における、ビル単位消費電力積算値となる。

[0041] デマンド制御では、このビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限の始点から終点までの間に、所定のデマンド制御実行値 P_Dmd (図 4 参照) を超過するか否かが判定される。デマンド制御実行値 P_Dmd は、例えば契約電力に基づく閾値 P_Ctr より低くなるように設定される。例えば閾値 P_Ctr の 70% 以上 90% 以下の値にデマンド制御実行値 P_Dmd が設定される。閾値 P_Ctr は、例えば契約電力 $\times$ デマンド時限のサンプリング数 (例えば 30 点) から求められる。

[0042] デマンド制御はビル内の空調機器等、管理対象機器 20 の消費電力を抑制する制御である。デマンド制御は管理対象機器 20 の消費電力を抑制する制御であるから、ビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限の全期間を通してデマンド制御実行値 P_Dmd を下回るときには、ビルの利用者の快適性を考慮すると、デマンド制御を実行しないことが好ましい。そこで、デマンド時限の所定の期間、例えば図 4 のようなデマンド時限の始点から時刻 t_1 まで、デマンド制御、つまり管理対象機器の消費電力制限を強制的に解除する判定期間が設けられる。

[0043] 判定期間におけるビル単位消費電力の積算値から、破線で示すベースライン BL が求められる。例えば判定期間におけるビル単位消費電力の積算値の全データをもとに、最小二乗法によって近似直線が求められ、これがベースライン BL となる。

[0044] ベースライン BL は、デマンド時限の全期間においてデマンド制御が実行されなかった場合の、ビル単位消費電力積算値の推定値 (予測値) を表すものとなる。この推定値 (予測値) が、デマンド時限の終点までにデマンド制

御実行値 $P_D m d$ を超過するのであれば、判定期間の終点 t_1 以降に、デマンド制御が実行される。

[0045] デマンド制御においては、需要電力が契約電力を超過することを抑制することを主目的とする。しかし、需要電力が契約電力よりも過剰に下回ると、空調の動作が過度に抑えられる等、ビルの利用者の快適性が低下するおそれがある。そこで、判定期間の終点 t_1 以降は、定期的にビル単位消費電力積算値をチェックして、管理対象機器 20 の消費電力の絞込みが過剰とならないように調整してもよい。

[0046] 例えば図 5 に例示されるように、デマンド時限の時刻 t_1 以降の期間が複数期間（例えば 4 分ごと）に分割され、各期間におけるビル単位消費電力積算値の各プロットから破線で示す予想直線 L_n ($L_1 \sim L_4$) が求められる。この予想直線の、デマンド時限終点時における値と、デマンド制御実行値 $P_D m d$ との差分を比較して、次の期間における制御内容が決定される。

[0047] 例えば図 2、図 6 を参照する。デマンド制御レベル記憶部 62 には、制御レベル別の制御項目が定められる。制御レベルは、消費電力の制限度合いを定めるものであって、デマンド制御レベル記憶部 62 には、制御レベルごとに、管理対象機器に対する消費電力の制限内容が各レベルで異なるように設定される。例えば制御レベルは、レベル番号が低いほど、制限度合いが緩い（甘い）。

[0048] 制御項目は、機器ごとに定められる。例えば制御レベル $D m d L v 1$ では、空調 1 に対して風量の上限が中に制限される（強設定が禁止される）。制御レベルが上がるほど、対象となる機器及びその制限内容が強化される。例えば制御レベルが上がるほど、対象機器が追加される。また、制御レベルが上がるほど、その制限内容が厳しくなる。この対象機器、及び制限内容は、予め電力管理装置 10 の入力部 32（図 1 参照）を用いて入力設定が可能となっている。後述するように、デマンド制御実行時に、機器制御部 54 は、設定された制御レベルに応じて管理対象機器 20 の出力を制御する。

[0049] 図 5 に戻り、時刻 $t_1 \sim$ 時刻 t_2 の期間（デマンド期間）において、制御

レベル $D_{md}Lv4$ が選択される。時刻 t_2 において予想直線 L_1 が作成され、デマンド制御実行値 $P_{D_{md}}$ から予想直線 L_1 のデマンド時限終点時の値を引いた差分値 ΔP_1 が求められる。当該差分値 ΔP_1 が所定の閾値を超過する、つまり消費電力制限が過剰である場合には、次の期間 ($t_2 \sim t_3$) は、期間 $t_1 \sim t_2$ よりも緩い条件の制御レベル、例えば制御レベル $D_{md}Lv1$ が選択される。

[0050] ところで、デマンド時限が終了して次のデマンド時限に入る際に、上述したようなデマンド制御が解除 ($D_{md}Off$) される判定期間が設けられる。このとき、先のデマンド時限終点時に実行されていたデマンド制御が解除される。この解除によって消費電力の制限対象となっていた機器が一斉に出力を増加させるおそれがある。

[0051] 例えば図5を参照して、デマンド時限の終点時において設定されていた制御レベル $D_{md}Lv3$ が、次のデマンド時限に入った時点で解除される。例えば図6を参照する。制御レベル $D_{md}Lv3$ による制御が解除されたとき、停止していた空調1が始動し、空調2は風量が増加し、消灯されていた照明1, 2が点灯する。このように、デマンド時限の終点から判定期間への切り替わり時に、消費電力の制限対象となっていた機器が一斉に出力を増加させる。制限対象となっていた機器が一斉に出力を増加させることにより、ビルの利用者は動作音が気になったり、部屋が突然明るくなったことに違和感を覚えるおそれがある。

[0052] そこで本実施形態に係る電力管理装置10では、デマンド時限の終点から次のデマンド時限の判定期間の間に、バッファ期間を設けている。バッファ期間では、直前のデマンド時限の終点においてデマンド制御が実行されているとき、その次のデマンド時限における判定期間の前に、管理対象機器20に対する消費電力の制限を徐々に緩和させる制限緩和制御が、機器制御部54により実行される。

[0053] 例えば図7を参照して、デマンド時限の終点において制御レベル $D_{md}Lv4$ が設定されている場合に、その次のデマンド時限の始点 t_0 から時刻 t

aまでの期間がバッファ期間として設定される。この設定されたバッファ期間に、管理対象機器に対する消費電力の制限が徐々に緩和される制限緩和制御が実行される。例えば制限緩和制御では、制御レベルが徐々に引き下げられる。言い換えると、バッファ期間では、制御レベルが、消費電力の制限内容が緩和されたレベルに段階的に移行される。

[0054] このような制限緩和制御が実行されるバッファ期間を設けることにより、消費電力の制限が徐々に緩和されていくから、機器の出力が一斉に増加する等の急変が避けられる。

[0055] <デマンド制御実行フロー>

図8、図9には、本実施形態に係るデマンド制御フローが例示される。当該制御フローは、デマンド時限ごとに繰り返し実行される。したがって図8の制御フローの始点（Start）は、デマンド時限の始点（時刻t0）となる。

[0056] デマンド時限のカウントがタイマ38（図2参照）によって開始される。電力積算部40は、それまでの積算値をゼロに再設定して、需要電力メータ22Fから送信されるビル単位消費電力の値を積算する。

[0057] 図8を参照して、レベル設定部50は、直前のデマンド時限における、最後の（時刻t6以降の期間の）制御レベルDmdLv_n（n：1～4）を取得する（S10）。例えばデマンド制御実行中の制御レベルDmdLv_nは設定レベル記憶部64に記憶されており、レベル設定部50は、設定レベル記憶部64から直前のデマンド時限における、最後の制御レベルDmdLv_nを取得する。

[0058] 次にレベル設定部50は、バッファ期間の最初の制御レベルとして、取得した最後の制御レベルから制御レベルを一段階引き下げる（S12）。引き下げられた制御レベルDmdLv_nは、レベル設定部50によって設定レベル記憶部64に記憶（更新）される。また引き下げられた制御レベルDmdLv_nは、レベル設定部50により機器制御部54に送信される。

[0059] 制限緩和制御として、機器制御部54はデマンド制御レベル記憶部62を

参照して、引き下げられた制御レベル $DmdLv_n$ に応じた制御リストをデマンド制御レベル記憶部 62 から取得する。つまり、機器制御部 54 は、引き下げられた制御レベル $DmdLv_n$ に応じた制御対象機器及びその制限内容を、デマンド制御レベル記憶部 62 から取得する。機器制御部 54 は、取得した制御対象機器及びその制限内容に基づいてデマンド制御（制限緩和制御）を実行する。

[0060] 引き下げられた制御レベル $DmdLv_n$ が設定された後、所定期間が経過するまで待機状態となる（S14）。この所定期間は、バッファ期間（時刻 $t_0 \sim t_a$ ）を、制御レベルの最大値（例えば 4）で割った期間であってよい。

[0061] 所定期間経過後、レベル設定部 50 は、現在設定されている制御レベルが最も制限の緩い制御レベル $DmdLv_1$ であるか否かを判定する（S16）。現在設定されている制御レベルが制御レベル $DmdLv_1$ でない場合、ステップ S12 に戻り、段階的に制御レベルが引き下げられる。

[0062] 一方、現在設定されている制御レベルが最も制限の緩い制御レベル $DmdLv_1$ である場合、レベル設定部 50 はデマンド制御を解除させるオフ指令をデマンド制御実行判定部 48 に送信する。これを受けてデマンド制御実行判定部 48 は、デマンド制御のオフ指令を機器制御部 54 に送信する。

[0063] 機器制御部 54 は、デマンド制御のオフ指令を受けて、デマンド時限内の所定の判定期間に亘り、管理対象機器 20 に対する消費電力制限を解除するベースライン判定制御を実行する（S18）。

[0064] なお、デマンド制御が強制的に解除されるタイミングは、判定期間より前であってもよく、つまりバッファ期間中であってよい。例えば直前のデマンド時限における、最後の制御レベルが $DmdLv_1$ であるような場合に、判定期間より前にデマンド制御が解除される。

[0065] 機器制御部 54 により、判定期間に亘ってデマンド制御が強制的に解除された後、図 8 のフローは所定期間待機状態となる（S20）。この待機期間には、図 7 に例示される判定期間が含まれる。

- [0066] 判定期間経過後、ベースライン算出部42は、電力積算部40からデマンド制御オフ期間（この場合は判定期間）のビル単位消費電力の積算値を複数点取得する（S22）。さらにベースライン算出部42は、取得したビル単位消費電力積算値から、ベースラインBLを算出する（S24）。例えばベースラインBLは、判定期間におけるビル単位消費電力積算値から最小二乗法を用いて求めた近似直線であってよい。
- [0067] なお、ベースラインBLの算出に当たり、バッファ期間のビル単位消費電力の影響を取り除いてもよい。例えば、判定期間の各ビル単位消費電力積算値から、判定期間前のバッファ期間における積算値、例えば時刻 t_a における積算値をそれぞれ差し引いた値を用いてベースラインBLを算出してもよい。
- [0068] 算出されたベースラインBLはベースライン比較部46に送られる。ベースライン比較部46は、電力設定値記憶部60から、デマンド制御実行値 P_Dmd を抽出する。さらにベースライン比較部46は、デマンド制御実行値 P_Dmd から、ベースラインBLのデマンド時限終点（ $t = t_0$ ）における値 $BL(t_0)$ を差し引いた差分値 ΔP_Dtm を算出する。
- [0069] 差分値 ΔP_Dtm は、ベースライン比較部46によりデマンド制御実行判定部48に送信される。デマンド制御実行判定部48は、ベースラインBLがデマンド時限終点までにデマンド制御実行値 P_Dmd を超過するか否かを判定する（S26）。言い換えると、デマンド制御実行判定部48は、需要電力メータ22Fによって検出されたビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限終点までに所定のデマンド制御実行値 P_Dmd を超過するか否かを判定する。
- [0070] ステップS26にて、デマンド制御実行判定部48によりビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限終点までに所定のデマンド制御実行値を超過しないと予測されれば、言い換えると、例えば差分値 ΔP_Dtm が0以上であれば、 $P_Dmd \geq BL(t_0)$ であり、デマンド制御を実行しなくても需要電力は契約電力を下回ると予測される。需要電力は契約電力を下回

ると予測されることから、デマンド制御の実行は見送られる。

[0071] その後、デマンド制御実行判定部48は、デマンド時限が終了したか、言い換えると終点に到達したか否かを判定する(S28)。デマンド時限が終了した場合は、次のデマンド時限に備えてフローの始点に戻る。

[0072] 一方、ステップS28にて、デマンド時限がまだ終点に到達していない場合には、所定時間待機の後、ステップS22までフローが戻る。そして、判定期間を含むデマンド制御オフ期間のビル単位消費電力積算値が電力積算部40からベースライン算出部42に送られ、再びデマンド制御の実行可否が判定される。

[0073] ステップS26に戻り、ビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限終点までに所定のデマンド制御実行値を超過する、言い換えると、例えば差分値 ΔP_Dtm が負であれば、 $P_Dmd < BL(t0)$ であり、デマンド制御を実行しなければ需要電力が契約電力を超過すると、デマンド制御実行判定部48により予測される。このことから、差分値 ΔP_Dtm が負の場合には、判定期間の終点時刻 $t1$ 以降、機器制御部54によってデマンド制御が実行される(S32)。

[0074] デマンド制御の実行に際して、デマンド制御実行判定部48からレベル設定部50に、デマンド制御のオン指令が送信される。レベル設定部50には、ベースライン比較部46から差分値 ΔP_Dtm が送信され、これに応じてレベル設定部50は制御レベルを設定する(S34)。

[0075] 定性的には、差分値 ΔP_Dtm の絶対値が大きいほど、制限の厳しい制御レベルが選択される。設定された制御レベル $DmdLv_n$ は、レベル設定部50により設定レベル記憶部64に送信され記憶される。

[0076] また設定された制御レベル $DmdLv_n$ は、機器制御部54にも送信される。機器制御部54は、送信された制御レベル $DmdLv_n$ の制御内容、具体的にはデマンド制御の対象となる機器とその制限内容を、デマンド制御レベル記憶部62から抽出する。

[0077] さらに機器制御部54は、デマンド制御レベル記憶部62から抽出されたデ

マンド制御の対象となる機器に対して、その制限内容に応じてその動作を制御する。例えば空調機器であれば、空調機器のコントローラにて設定された値に関わらず、その出力上限が上記制限内容に応じて定められる。

[0078] さらに図9のフローが所定期間待機状態となる（S36）。この待機期間は上述したように図5において小分けされたデマンド時限、例えば時刻 t_1 から t_2 の期間である。

[0079] 上記待機期間の経過後、デマンド制御実行判定部48はデマンド時限が終了したか否かを判定する（S38）。デマンド時限が終了した、言い換えると終点に到達したときは、ベースライン算出部42は、電力積算部40から、デマンド時限終点時におけるビル単位消費電力積算値（実測値）を取得する。さらにベースライン算出部42は、当該デマンド時限におけるベースラインBLを算出して、当該ベースラインBLのデマンド時限終点時における値BL(t_0)を求める。さらにベースライン算出部42は、ベースラインBLのデマンド終点時の値BL(t_0)とデマンド時限終点時におけるビル単位消費電力積算値との差分から、電力削減量 ΔP_Rdt （図4参照）を求める（S40）。例えば、ベースライン算出部42は、デマンド時限終点時のベースラインBLの値BL(t_0)からデマンド時限終点時における（実際の）ビル単位消費電力積算値を差し引いて、電力削減量 ΔP_Rdt （図4参照）を求める。

[0080] 電力削減量 ΔP_Rdt は、デマンド制御を実行したことによる電力削減量を表しており、図1の出力部34（ディスプレイ）から出力される。デマンド時限ごとに電力削減量が出力されることで、デマンド制御の実行に伴う省エネ効果が可視化される。電力削減量の算出後、図8のフローの始点に戻り、次のデマンド時限に備える。

[0081] ステップS38に戻り、デマンド時限が終了していない場合、ベースライン算出部42は、制御レベルDmdLv_n設定後のビル単位消費電力積算値を複数点取得する（S42）。例えば図5を参照して、制御レベルDmdLv₄が選択された時刻 t_1 から t_2 の期間のビル単位消費電力積算値を全

て取得する。

[0082] さらにベースライン算出部42は、取得したビル単位消費電力積算値に基づいて、例えば上述した最小二乗法に基づいて、予想直線L1を算出する(S44)。さらにベースライン比較部46は、求められた予想直線L1が、デマンド時限の終点においてデマンド制御実行値 P_Dmd を超過するか否かを判定する(S46)。

[0083] 予想直線L1が、デマンド時限の終点においてデマンド制御実行値 P_Dmd を超過するとベースライン比較部46により判定されると、レベル設定部50は、制御レベル $DmdLv_n$ を再設定する(S50)。この再設定は、図5に示されるような、予想直線L1のデマンド時限終点時の値 $L1(t0)$ とデマンド制御実行値 P_Dmd との差分値 $\Delta P1 (= L1(t0) - P_Dmd)$ に基づいて実行される。さらにステップS36に戻り、再設定された制御レベル $DmdLv_n$ に基づいて管理機器に対する消費電力制限が実行される。

[0084] ステップS46において、ベースライン比較部46により、予想直線L1が、デマンド時限の終点においてデマンド制御実行値 P_Dmd 以下になると判定されると、次にレベル設定部50は、差分値 $\Delta P1 (= L1(t0) - P_Dmd)$ が予め定められた閾値を超過するか否かを判定する(S48)。

[0085] 前段のステップS46にて予想直線L1がデマンド制御実行値 P_Dmd を超過しないことが判明したことから、ステップS48では、レベル設定部50により、予想直線L1がデマンド制御実行値 P_Dmd を下回り過ぎていないか、つまり消費電力の制限が過度に行われていないか否かが判定される。

[0086] 差分値 $\Delta P1$ が予め定められた閾値を超過する場合、ステップS50に進んで、レベル設定部50により、制御レベル $DmdLv_n$ が再設定される。一般的にここではより制限の緩い制御レベルが設定される。差分値 $\Delta P1$ が予め定められた閾値以下に収まる場合は、現在選択されている制御レベル

$DmdLv_n$ が維持され、ステップS36まで戻る。

[0087] このように本実施形態に係る電力管理装置10では、デマンド時限の終点とその次のデマンド時限の判定期間との間、言い換えると、デマンド制御のオン／オフの切り替えの間に制限緩和制御が実行されるので、機器動作の急変を緩和可能となる。

[0088] なお、上述した実施形態において、ベースラインBL及び予想直線Lnを最小二乗法に基づく近似直線により求めていたが、この形態に限らない。例えばベースラインであれば判定期間の始点と終点の二点、予想直線Lnであれば時刻 $t_n \sim t_{n+1}$ の始点と終点の二点のビル単位消費電力積算値を結び、これをベースラインBL及び予想直線Lnとしてもよい。

[0089] または、例えばベースラインであれば判定期間の始点の次の点と終点の一つ前の点の二点、予想直線Lnであれば時刻 $t_n \sim t_{n+1}$ の始点の次の点と終点の一つ前の点の二点のビル単位消費電力積算値を結び、これをベースラインBL及び予想直線Lnとしてもよい。

[0090] また、ベースラインBL及び予想直線Lnの他の求め方として、ベースラインであれば時刻 t_0 （始点）、予想直線Lnであれば時刻 t_n （始点）のビル単位消費電力積算値を除くビル単位消費電力積算値に基づいて、ベースラインBL及び予想直線Lnを求めてもよい。または、ベースラインであれば時刻 t_0 （始点）及び時刻 t_1 （終点）、予想直線Lnであれば時刻 t_n （始点）及び時刻 t_{n+1} （終点）のビル単位消費電力積算値を除くビル単位消費電力積算値に基づいて、ベースラインBL及び予想直線Lnを求めてもよい。

[0091] また、ベースラインBLの更なる他の求め方として、例えば判定期間がデマンド時限の $1/k$ の期間であるときに、判定期間の終点、つまり時刻 t_1 のビル単位消費電力積算値を k 倍することで、ベースラインBLの、デマンド時限終点時の予測値を求めてもよい。

[0092] さらに、上述した実施形態では、ベースラインBL及び予想直線Lnをいずれも直線として扱ったが、要するにデマンド時限の終点時における予測値

が求められればよいので、直線に代えて曲線であってもよい。

[0093] 電力管理装置 10 のハードウェア構成を補足する。

上記した電力管理装置 10 の機能は、プログラムで実現される。しかし、電力管理装置の機能が、ハードウェアで実現されてもよい。

図 10 は、電力管理装置の機能がハードウェアで実現される構成を示す。図 10 の電子回路 90 は、電力管理装置 10 の電力積算部 40、ベースライン算出部 42、電力削減量算出部 44、ベースライン比較部 46、デマンド制御実行判定部 48、レベル設定部 50、及び機器制御部 54 の機能を実現する専用の電子回路である。

電子回路 90 は、信号線 91 に接続している。電子回路 90 は、具体的には、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ロジック IC、GA、ASIC、または、FPGA である。GA は、Gate Array の略語である。ASIC は、Application Specific Integrated Circuit の略語である。FPGA は、Field-Programmable Gate Array の略語である。

電力管理装置の構成要素の機能は、1 つの電子回路で実現されてもよいし、複数の電子回路に分散して実現されてもよい。また、電力管理装置の機能の構成要素の一部の機能が電子回路で実現され、残りの機能がソフトウェアで実現されてもよい。

[0094] CPU と電子回路 90 の各々は、プロセッシングサーキットリとも呼ばれる。電力管理装置の電力積算部 40、ベースライン算出部 42、電力削減量算出部 44、ベースライン比較部 46、デマンド制御実行判定部 48、レベル設定部 50、及び機器制御部 54 の機能が、プロセッシングサーキットリにより実現されてもよい。

なお、電力管理装置の動作手順は、電力管理方法に相当する。電力管理装置の動作を実現するプログラムは、電力管理プログラムに相当する。

符号の説明

[0095] 10 電力管理装置、14 サブコントローラ、16 デジタルコントローラ、18 リモートステーション、20 管理対象機器、22 センサ、38 タイマ、40 電力積算部、42 ベースライン算出部、44 電力削減量算出部、46 ベースライン比較部、48 デマンド制御実行判定部、50 レベル設定部、54 機器制御部、60 電力設定値記憶部、62 デマンド制御レベル記憶部、64 設定レベル記憶部、90 電子回路、91 信号線。

請求の範囲

[請求項1]

ビルに設置された管理対象機器の消費電力を制御する制御部と、
デマンド時限内の所定のタイミングで前記ビル全体の消費電力であるビル単位消費電力を検出する電力検出部と、

検出されたビル単位消費電力の積算値が、デマンド時限終点までに所定のデマンド制御実行値を超過するか否かを判定する判定部と、
を備える電力管理装置であって、

前記制御部は、前記デマンド時限内の所定の判定期間に亘り、前記管理対象機器の消費電力制限を解除するベースライン判定制御を実行し、

前記判定部は、前記判定期間における前記ビル単位消費電力の積算値に基づいた推定値であるベースラインの値が前記デマンド時限終点までに前記デマンド制御実行値を超過するか否かを判定し、

前記ベースラインの値が前記デマンド時限終点までに前記デマンド制御実行値を超過すると判定されたときに、前記制御部は、前記判定期間後、前記管理対象機器の消費電力を制限するデマンド制御を実行し、

前記制御部は、前記デマンド時限の終点において前記デマンド制御が実行されているときに、次のデマンド時限における前記判定期間の前に、前記管理対象機器に対する消費電力の制限を徐々に緩和させる制限緩和制御を実行する、

電力管理装置。

[請求項2]

請求項1に記載の電力管理装置であって、

前記制御部は、

前記判定期間の後、前記管理対象機器に対する消費電力の制限内容が異なる、複数の制御レベル別のデマンド制御リストから、所定の制御レベルの前記デマンド制御を実行し、

前記制限緩和制御において、その直前の前記デマンド時限の終点

において実行されたレベルの前記デマンド制御から、消費電力の制限内容が緩和されたレベルに段階的に移行するように前記デマンド制御を実行する、
電力管理装置。

[請求項3]

請求項 1 または 2 に記載の電力管理装置であって、
前記デマンド時限の終点における前記ベースラインの値と、当該終点における前記ビル単位消費電力の積算値との差分から、電力削減量を算出する電力削減量算出部を備える、電力管理装置。