

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6910554号
(P6910554)

(45) 発行日 令和3年7月28日(2021.7.28)

(24) 登録日 令和3年7月8日(2021.7.8)

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| (51) Int.Cl. | F 1 |
| F 2 4 F 11/62 (2018.01) | F 2 4 F 11/62 |
| F 2 4 F 11/86 (2018.01) | F 2 4 F 11/86 |
| F 2 5 B 13/00 (2006.01) | F 2 5 B 13/00 1 0 4 |
| F 2 4 F 110/10 (2018.01) | F 2 4 F 110:10 |
| F 2 4 F 140/20 (2018.01) | F 2 4 F 140:20 |

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2020-530781 (P2020-530781)
 (86) (22) 出願日 平成30年7月18日(2018.7.18)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2018/026889
 (87) 国際公開番号 W02020/016959
 (87) 国際公開日 令和2年1月23日(2020.1.23)
 審査請求日 令和2年8月21日(2020.8.21)

(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 110001461
 特許業務法人きさ特許商標事務所
 (72) 発明者 森 有輝
 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
 (72) 発明者 藤塚 正史
 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
 (72) 発明者 中井 孝洋
 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】 空気調和装置及び空気調和方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の室の室温を検知する室温センサと、
 前記室の目標室温を設定する目標室温設定手段と、
 冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる容量可変形の圧縮機と、
 前記室温と前記目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を前記室毎に演算する要求能力演算部と、
 前記室内熱交換器に接続されている前記電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力部と、
 前記要求能力および前記合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を前記室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算部と、
 前記電動膨張弁の開度を変数として前記暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出部と、
 変数である前記開度の合計と前記合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出部と、
 前記開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算部と、
 前記開度が前記上限値及び前記下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出部と、
 前記評価関数、前記等式制約及び前記不等式制約から最適化問題を解いて前記開度を計算

する最適化問題計算部と
を備えたことを特徴とする空気調和装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の空気調和装置であって、
前記評価関数は、ユークリッド距離関数であることを特徴とする空気調和装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の空気調和装置であって、
前記室内熱交換器は、過熱度を検知する過熱度センサを備え、
前記電動膨張弁開度上下限值演算部は、冷房サイクルの場合には過熱度上限値と前記過熱度との偏差を用いた積分器で前記下限値を導出することを特徴とする空気調和装置。 10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の空気調和装置であって、
前記室内熱交換器は、過冷却度を検知する過冷却度センサを備え、
前記電動膨張弁開度上下限值演算部は、暖房サイクルの場合には過冷却度下限値と前記過冷却度との偏差を用いた積分器で前記上限値を導出することを特徴とする空気調和装置。

【請求項 5】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の空気調和装置であって、
前記室内熱交換器は、過熱度を検知する過熱度センサと過冷却度を検知する過冷却度センサとを備え、
前記電動膨張弁開度上下限值演算部は、冷房サイクルの場合には過熱度上限値と前記過熱度との偏差を用いた積分器で前記下限値を導出し、暖房サイクルの場合には過冷却度下限値と前記過冷却度との偏差を用いた積分器で前記上限値を導出することを特徴とする空気調和装置。 20

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の空気調和装置であって、
前記圧縮機の周波数は、前記要求能力の総和で決定されることを特徴とする空気調和装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の空気調和装置であって、
前記要求能力演算部は、前記合計開度と前記下限値と現ステップの前記要求能力とから次ステップの要求能力下限値を演算することを特徴とする空気調和装置。 30

【請求項 8】

複数の室の室温を検知する室温検出ステップと、
前記室の目標室温を設定する目標室温設定ステップと、
容量可変形の圧縮機を用いて冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる循環ステップと、
前記室温と前記目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を前記室毎に演算する要求能力演算ステップと、
前記室内熱交換器に接続されている前記電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力ステップと、 40
前記要求能力および前記合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を前記室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算ステップと、
前記電動膨張弁の開度を変数として前記暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出ステップと、
変数である前記開度の合計と前記合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出ステップと、
前記開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算ステップと、
前記開度が前記上限値及び前記下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出ステップと、
前記評価関数、前記等式制約及び前記不等式制約から最適化問題を解いて前記開度を計算 50

する最適化問題計算ステップと
を備えたことを特徴とする空気調和方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の室内熱交換器へ冷媒を供給する室外機を備えた空気調和装置及び空気調和方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の複数の室内熱交換器へ冷媒を供給する室外機を備えた空気調和装置において、冷凍サイクル内の冷媒状態を適正な状態に保ちつつ各室の室温を目標室温に制御するために、負荷、冷媒温度、運転状況に応じて電動膨張弁の開度を決定している。

10

【0003】

例えば、特許文献1では、吐出温度を各室内熱交換器に接続している各電動膨張弁の合計開度によって制御している。目標室温と室温との偏差に応じて決められる目標空調能力に対する現空調能力の比率を基に、各電動膨張弁の合計開度の変化量を各電動膨張弁に分配している。

【0004】

また、特許文献2では、圧縮機の吸入冷媒状態を適切に保つために、運転状況に応じて電動膨張弁開度の上下限値を可変している。

20

【0005】

さらに、特許文献3では、室外機の過冷却度が目標過冷却度となるように各電動膨張弁の合計開度を決め、室内熱交換器の容量比で分配した各開度を、各室内熱交換器の過熱度と目標過熱度の差によって補正している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平8 - 28983

【特許文献2】特開2005 - 147541

【特許文献3】特開2002 - 54836

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

このような空気調和装置にあつては、接続する室内熱交換器の種類又は設置条件の違いによって、室温と目標室温との偏差が最小となることが保証されない。例えば、特許文献1では、吸込み温度と吹出し温度との差又は過熱度が、各室内熱交換器においてすべて等しいときには、室温が目標室温に一致する場合を除き、室温偏差は収束しない。また、特許文献2のように、冷媒状態を適正に保つために電動膨張弁開度の駆動範囲を制限する要素を加えた場合、室温や吐出温度の制御性能が低下し、各制御を並立できないという課題があつた。さらに、特許文献3のように、過熱度を制御する場合は、圧縮機吸入過熱度が制御できずに、省エネ性の劣化や運転範囲の限定が懸念される。

40

【0008】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、電動膨張弁開度の駆動範囲に制限が加えられた場合や、設置条件等にはばらつきがある場合においても、高効率運転を実現しつつ、室温偏差を最小値に収束させることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の空気調和装置は、複数の室の室温を検知する室温センサと、室の目標室温を設定する目標室温設定手段と、冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる容量可変形の圧縮機と、室温と目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を

50

室毎に演算する要求能力演算部と、室内熱交換器に接続されている電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力部と、要求能力および合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算部と、電動膨張弁の開度を変数として暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出部と、変数である開度の合計と合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出部と、開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算部と、開度が上限値及び下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出部と、評価関数、等式制約及び不等式制約から最適化問題を解いて開度を計算する最適化問題計算部とを備えた空気調和装置である。

【0010】

また、本発明の空気調和方法は、複数の室の室温を検知する室温検出ステップと、室の目標室温を設定する目標室温設定ステップと、容量可変形の圧縮機を用いて冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる循環ステップと、室温と目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を室毎に演算する要求能力演算ステップと、室内熱交換器に接続されている電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力ステップと、要求能力および合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算ステップと、電動膨張弁の開度を変数として暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出ステップと、変数である開度の合計と合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出ステップと、開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算ステップと、開度が上限値及び下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出ステップと、評価関数、等式制約及び不等式制約から最適化問題を解いて開度を計算する最適化問題計算ステップとを備えた空気調和方法である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、許容される電動膨張弁開度の駆動範囲内で、高効率運転を実現しつつ、室温偏差を最小値に収束させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は本発明の実施の形態1による空気調和装置の概略図である。

【図2】図2は本発明の実施の形態1による制御装置の構成を示す図である。

【図3】図3は本発明の実施の形態1による制御フローを示す図である。

【図4】図4は本発明の実施の形態1による周波数出力部が出力する周波数を演算する手段を表すブロック線図である。

【図5】図5は本発明の実施の形態1による電動膨張弁開度を演算する冷房運転時のブロック線図である。

【図6】図6は本発明の実施の形態1による電動膨張弁開度を演算する暖房運転時のブロック線図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

実施の形態1 .

図1は、本発明の実施の形態1による空気調和装置1の概略図である。空気調和装置1は、容量可変形の圧縮機101、四方弁102、室外熱交換器103、電動膨張弁104a、104b、室内熱交換器105a、105bを順次、配管で接続することで構成されている。この図では、実施の形態1では室内熱交換器105a、105bと2台としているが、3台以上を接続していてもよい。なお、添え字a、bは、これ以降の他の符号でも用いているが、aの符号、bの符号でそれぞれ一つの室を対象としている。この実施の形態では、二室ある場合について説明する。

【0014】

冷房サイクルでは、圧縮機101から吐出された冷媒は、四方弁102の実線を通り、室外熱交換器103で放熱する。室外熱交換器を通過した冷媒は、電動膨張弁104a

、104bによって減圧され、低温の二相状態となり、室内熱交換器105a、105bで吸熱する。室内熱交換器105a、105bで吸熱した冷媒は、圧縮機101に吸入される。

【0015】

暖房サイクルでは圧縮機101から吐出された冷媒は、四方弁102の破線を通り、室内熱交換器105a、105bで放熱する。室内熱交換器105a、105bで放熱した冷媒は、電動膨張弁104a、104bによって減圧され、低温の二相状態となり、室外熱交換器103で吸熱する。室外熱交換器を通りした冷媒は、圧縮機101に吸入される。

【0016】

構成として圧縮機101の吸入側にアキュムレータが接続されていてもよい。また、室外熱交換器103と電動膨張弁104との間にレシーバを接続がされ、レシーバと室外熱交換器103との間に電動膨張弁が接続されていてもよい。

【0017】

空気調和装置1は制御装置10を備えている。制御装置10は、室温センサ106a、106b、吐出温度センサ108、過熱度センサ109a、109b、過冷却度センサ110a、110bなどの各種センサのセンサ値を取得する。また、ユーザが所望の室温を設定できるリモコンなどの目標室温設定手段107a、107bから室内熱交換器105a、105bに対する目標室温を取得する。室温の設定はユーザではなく、上位系の制御システムが設定する値等でもよい。

【0018】

制御装置10は、先の述べた各種センサのセンサ値、及び目標室温設定手段107a、107bで設定される目標室温から圧縮機101の周波数及び電動膨張弁104a、104bの操作量を決定する。

【0019】

図2は本発明の実施の形態1による制御装置の構成を示す図である。制御装置10は、メモリ等の記憶装置11とプロセッサ等の演算装置12とを備える。記憶装置11は、各室（本実施の形態では、室a、室b）の目標室温設定手段107によって設定される目標室温（設定室温）を記憶する。また、記憶装置11は、冷媒の吐出温度を計測する吐出温度センサ108、各室の室温を計測する室温センサ106、各室の室内熱交換器過熱度を計測する過熱度センサ109、各室の室内熱交換器過冷却度を計測する過冷却度センサ110の各センサ値を記憶する。さらに、記憶装置11は、制御ゲイン、過熱度の上限値、過冷却度の下限値を記憶している。

【0020】

演算装置12は、記憶装置11に記憶された数値を用いて演算を行い、電動膨張弁開度、圧縮機周波数、目標吐出温度を出力する。演算装置12が出力した電動膨張弁開度、圧縮機周波数、目標吐出温度は、記憶装置11に記憶され、空気調和装置1の電動膨張弁104及び圧縮機101を駆動する。

【0021】

また、演算装置12は、例えば、電動膨張弁合計開度出力部2、電動膨張弁開度上下限値演算部3、要求能力演算部4、暫定電動膨張弁開度演算部5、評価関数導出部201、等式制約導出部202、不等式制約導出部203、最適化問題計算部204を備えている。これらの名称及び各部の区切りは、より大きな単位で捉えることもできるものであり、説明上の便宜に過ぎない。

【0022】

図3は本発明の実施の形態1による制御フローを示す図である。例えば、要求能力演算部4は、目標室温設定手段107aと室温センサ106aとが入力され、室内熱交換器105aの要求能力を出力される。その他の室についても、同様に、要求能力演算部4は、目標室温設定手段107bと室温センサ106bとが入力され、室内熱交換器105bの要求能力が出力される。また、暫定電動膨張弁開度演算部5は、電動膨張弁合計開度出力

10

20

30

40

50

部 2 から出力される電動膨張弁合計開度と、各室内熱交換器 105 の各要求能力とが入力され、各暫定電動膨張弁開度が出力される。さらに、電動膨張弁開度上下限值演算部 3 は、各室の電動膨張弁開度の上下限值を出力する。

【 0 0 2 3 】

電動膨張弁開度演算部 6 は、評価関数導出部 201、等式制約導出部 202、不等式制約導出部 203 から構成されている。評価関数導出部 201 は、暫定電動膨張弁開度演算部 5 が出力する各暫定電動膨張弁開度から評価関数を導出して出力する。また、等式制約導出部 202 は、電動膨張弁合計開度出力部 2 が出力する電動膨張弁合計開度から等式制約を導出して出力する。さらに、不等式制約導出部 203 は、電動膨張弁開度上下限值演算部 3 が出力する各電動膨張弁開度上下限值から不等式制約を導出して出力する。

10

【 0 0 2 4 】

最適化問題計算部 204 は、評価関数、等式制約、不等式制約からなる最適化問題の解として、各電動膨張弁開度を計算し、電動膨張弁開度演算部 6 の出力として出力する。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、本発明の実施の形態 1 による周波数出力部が出力する周波数を演算する手段を表すブロック線図である。まず、各室温偏差を入力とし、暫定部分周波数を式 1 によって出力する。なお、各室温偏差とは、各室の室温と目標室温（設定室温）の差である。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 】

$$Fp_tmp(k,i) = Kp_F (Trtgt(k,i) - Tr(k,i)) + Ki_F \sum_{l=0}^k (Trtgt(l,i) - Tr(l,i)) Ts, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

20

【 0 0 2 7 】

ここで、k は離散的な時刻、i は部屋番号であり 2 部屋を例にしており、 Fp_tmp は暫定部分周波数、 Kp_F は比例ゲイン、 Ki_F は積分ゲイン、 $Trtgt$ は目標室温、 Tr は室温、 Ts は制御周期である。

【 0 0 2 8 】

このように積分器を含む制御器によって暫定部分周波数を計算することにより、室内の熱負荷の変化、設置条件の差、ハードのばらつきなどに起因する外乱を抑制しながら、各室内熱交換器 105 が要求する周波数を求めることができ、各アクチュエータが上下限值内で動作している場合には、室温が目標室温に収束することを保証できる。また、このように各室内熱交換器 105 において部分周波数をもつことで、室内機の台数変化時の周波数変化量を自動的に与えることが可能となる。

30

【 0 0 2 9 】

次に、暫定部分周波数は 1 次 F リミッタを通り、部分周波数を式 2 によって出力する。

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$Fp(k,i) = \begin{cases} Fpmax_c & \text{if } Fp_tmp(k,i) > Fpmax_c \\ Fpmin(k) & \text{if } Fp_tmp(k,i) < Fpmin(k) \\ Fp_tmp(k,i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

40

【 0 0 3 1 】

ここで、 $Fpmax_c$ は事前に定められた定数である。上下限を設けることで、要求周波数が負の値となったり、過大な値となったりすることを回避することができる。 $Fpmin$ は、周波数と電動膨張弁開度下限値と電動膨張弁合計開度とから式 3 のように計算される。

50

【 0 0 3 2 】

【 数 3 】

$$F_{pmin}(k,i) = F(k-1) \frac{C_{pmin}(k-1,i)}{C(k-1)} \quad (3)$$

【 0 0 3 3 】

ここで、 F は周波数、 C_{pmin} は電動膨張弁開度下限値、 C は電動膨張弁合計開度であり、その計算方法については後述する。このように1次Fリミッタの下限値を計算することで、ある電動膨張弁開度が電動膨張弁開度下限値で動作している場合には、当該電動膨張弁に対応する暫定部分周波数は1ステップ前の暫定部分周波数以上の値をとる。それにより、冷房時には不冷を回避し、暖房時には不暖を回避することができる。

10

【 0 0 3 4 】

次に暫定周波数は、式4によって部分周波数の総和で計算される。

【 0 0 3 5 】

【 数 4 】

$$F_{tmp}(k) = \sum_{l=1}^2 F_p(k,l) \quad (4)$$

20

【 0 0 3 6 】

ここで、 F_{tmp} は暫定周波数である。最後に暫定周波数を入力とし、式5によって周波数を入力する。

【 0 0 3 7 】

【 数 5 】

$$F(k) = \begin{cases} F_{max_c} & \text{if } F_{tmp}(k) > F_{max_c} \\ F_{min_c} & \text{if } F_{tmp}(k) < F_{min_c} \\ F_{tmp}(k) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

30

【 0 0 3 8 】

ここで、 F は周波数、 F_{max_c} は事前に定められた周波数最大値、 F_{min_c} は事前に定められた周波数最小値である。

【 0 0 3 9 】

図4の例では、 $F_{p,tmp}$ を演算するためにPI制御器を用いたが、PI制御に限定されるものではなく、I制御、PID制御、LQI制御、積分器つきモデル予測制御、2自由度制御等の制御方式でもよいし、それらの基本構成に加え、上下限リミット、積分器のアンチリセットウィンドアップ処理が含まれている制御方式でもよい。

40

【 0 0 4 0 】

図5は本発明の実施の形態1による電動膨張弁開度を演算するブロック線図であり、冷房運転時の制御装置10である。まず、電動膨張弁合計開度出力部2は吐出温度偏差を入力とし、電動膨張弁合計開度を式6によって出力する。

【 0 0 4 1 】

【数6】

$$C(k) = Kp_c(Tdtgt(k) - Td(k)) + Ki_c \sum_{l=0}^k (Tdtgt(l) - Td(l)) T_s \quad (6)$$

【0042】

ここで、 k は離散的な時刻、 C は電動膨張弁合計開度、 K_{p_c} は比例ゲイン、 K_{i_c} は積分ゲイン、 T_{dtgt} は目標吐出温度、 T_d は室温、 T_s は制御周期である。

10

【0043】

このように積分器を含む制御器によって吐出温度制御をすることで、吐出温度を目標吐出温度に収束することが保証できる。こうして吐出温度を精度よく制御することで、省エネ性の向上、圧縮機の故障率を低下させることができる。

【0044】

図5の電動膨張弁合計開度出力部2ではPI制御器を用いたが、PI制御に限定されるものではなく、I制御、PID制御、LQI制御、積分器つきモデル予測制御、2自由度制御等の制御方式でもよいし、それらの基本構成に加え、上下限リミット、積分器のアンチリセットウィンドアップ処理が含まれている制御方式でもよい。また、吐出温度制御の代わりに、圧縮機の吸入過熱度、圧縮機吐出過熱度、代表となる室内熱交換器105の出口過熱度、過冷却等を制御してもよい。

20

【0045】

電動膨張弁開度上下限值演算部3は、まず、事前に定められた室内熱交換器105の過熱度最大値と室内熱交換器105の現在時刻の過熱度との差を入力とし、暫定電動膨張弁下限開度を式7によって出力する。

【0046】

【数7】

$$C_{pmin_tmp}(k,i) = Kp_{Cpmin}(T_{shmax_c} - T_{sh}(k,i)) + Ki_{Cpmin} \sum_{l=0}^k (T_{shmax_c} - T_{sh}(l,i)) T_s, i = 1,2 \quad (7)$$

30

【0047】

ここで、 k は離散的な時刻、 i は部屋番号であり2室を例にしており、 C_{pmin_tmp} は暫定電動膨張弁下限開度、 $K_{p_{Cpmin}}$ は比例ゲイン、 $K_{i_{Cpmin}}$ は積分ゲイン、 T_{shmax_c} は室内熱交換器105の過熱度最大値、 T_{sh} は室内熱交換器105の過熱度、 T_s は制御周期である。

【0048】

このように過熱度と過熱度最大値とから電動膨張弁開度下限値を計算することで、過熱度が過大となることを防ぎ、露飛び現象、及び熱交換効率の低下を回避することができる。また、条件によっては過熱度を最大値で運転することが求められる。その観点では、積分器を含む構成とすることで過熱度を最大値に収束させる運転が可能であるため、保守的でない制御が実現できる。過熱度 T_{sh} は、各室内熱交換器105の出入口付近に設置された温度センサの差として求めてもよいし、圧力センサから変換した蒸発温度と室内熱交換器105の出口付近に設置された温度センサとの差として求めてもよい。

40

【0049】

また、図5の電動膨張弁開度上下限值演算部3ではPI制御器を用いたが、PI制御に限定されるものではなく、I制御、PID制御、LQI制御、積分器つきモデル予測制御、2自由度制御等の制御方式でもよいし、それらの基本構成に加え、上下限リミット、積分器のアンチリセットウィンドアップ処理が含まれている制御方式でもよい。また、過熱

50

度の最大値を設定する必要がない場合には、PI制御のような制御器を用いる必要はなく、 $C_{pmin}(k, i) = C_{pmin_c}$ とすればよい。

【0050】

室内熱交換器105は、過熱度を検知する過熱度センサ109を備え、電動膨張弁開度上下限值演算部3は、冷房サイクルの場合には過熱度上限値と過熱度との偏差を用いた積分器で下限値を導出することになる。

【0051】

次に、暫定電動膨張弁下限開度を入力とし、電動膨張弁下限開度を式8によって出力する。

【0052】

10

【数8】

$$C_{pmin}(k, i) = \begin{cases} C_{pmin_c} & \text{if } C_{pmin_tmp}(k, i) < C_{pmin_c} \\ C_{pmax_c} & \text{if } C_{pmin_tmp}(k, i) > C_{pmax_c} \\ C_{pmin_tmp}(k, i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

【0053】

ここで、 C_{pmin_c} 、 C_{pmax_c} は事前に定められた定数である。以上より、電動膨張弁開度上下限值演算部3は電動膨張弁開度下限値として C_{pmin_c} を出力し、電動膨張弁開度上限値として C_{pmax_c} を出力する。

20

【0054】

要求能力演算部4は室温偏差から要求能力を演算する要素である。より具体的には、要求能力演算部4は室温と目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を室毎に演算する。前述の部分周波数も室温偏差から演算される量であり、対応する室内熱交換器105の要求能力であるとみなすことができるため、要求能力演算部4の出力として部分周波数 F_p をそのまま用いることができる。部分周波数を演算する手段には積分器が含まれているため、要求能力は実運転時の負荷に応じた値が出力される。よって、外乱の影響を抑制し、各アクチュエータが上下限内で動作している場合には、各室温をそれぞれの目標室温に収束させる保証を得る。

30

【0055】

また、圧縮機101の周波数は、要求能力の総和とする。これによって、圧縮機101の周波数と電動膨張弁開度とが連動することにより、各室温制御の速応性が向上する。

【0056】

さらに、要求能力演算部4は、電動膨張弁合計開度と各電動膨張弁開度下限値と現ステップの要求能力とから次ステップの要求能力の下限値を演算する。

【0057】

暫定電動膨張弁開度演算部5は、要求能力と電動膨張弁合計開度とを入力とし、式9によって暫定電動膨張弁開度を出力する。許容運転範囲内ですべての室温を目標室温に収束させることができない場合にも、最も負荷の大きい部屋の室温を目標室温に追従させることができ、冷房時には不冷、暖房時には不暖となることを回避できる。

40

【0058】

【数9】

$$C_{p_tmp}(k, i) = C(k) \frac{F_p(k, i)}{F_tmp(k)} \quad (9)$$

【0059】

50

ここで、 C_{p_tmp} は暫定膨張弁開度である。これは電動膨張弁合計開度を要求周波数比にしたがって分配することを意味する。従来、電動膨張弁合計開度を各室内熱交換器105の容量比にしたがって分配する手法があるが、実運転時の外乱等の影響を抑制できないため、室温が目標室温に収束することが保証されない。また、電動膨張弁合計開度の1ステップごとの増減分を能力ごとに分配する手法があるが、電動膨張弁合計開度が安定し、増減量が小さい領域では応答性に課題がある。本発明においては電動膨張弁合計開度全体を実運転に応じて変化する要求能力にしたがって分配する。このため、すばやく目標室温に収束させることができる。

【0060】

電動膨張弁開度演算部6は、最適化問題を定式化し、解を求める要素である。最適化問題の決定変数は電動膨張弁開度である。まず、評価関数導出部201は、暫定電動膨張弁開度から評価関数を式10によって出力する。

【0061】

【数10】

$$J(C_p(k, 1), C_p(k, 2)) = \sum_{l=1}^2 (C_{p_tmp}(k, l) - C_p(k, l))^2 \quad (10)$$

10

20

【0062】

ここで、 J は評価関数である。今回は最小化する指標として、電動膨張弁開度と暫定電動膨張弁開度とのユークリッド距離の二乗であるユークリッド距離関数を用いたが、 L_p ノルムの定める距離又は L_p ノルムの定める距離の n 乗(n は正の数)を用いてもよく、正則化項つきの評価関数を用いてもよい。評価関数導出部201は、電動膨張弁の開度を変数として暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出することになる。

【0063】

次に、等式制約導出部202が電動膨張弁合計開度から等式制約を式11によって出力する。ここでは、等式制約を用いたが、ある程度の誤差を許容する制約としてもよく、等式制約は、等式だけではなく、所定の誤差を許容する疑似等式制約を含むものである。

30

【0064】

【数11】

$$\sum_{l=1}^2 C_p(k, l) = C(k) \quad (11)$$

【0065】

最後に不等式制約導出部203が電動膨張弁開度上下限值から、式12によって不等式制約を出力する。

40

【0066】

【数12】

$$C_{pmin}(k, i) \leq C_p(k, i) \leq C_{pmax_c}, i=1, 2 \quad (12)$$

【0067】

以上から最適化問題は式13のように定式化される。

50

【 0 0 6 8 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned} \min_{Cp(k,i), i=1,2} & \sum_{l=1}^2 (Cp_tmp(k,l) - Cp(k,l))^2 \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^2 Cp(k,i) = C(k) \end{aligned} \quad (13)$$

10

$$Cpmin(k,i) \leq Cp(k,i) \leq Cpmax_c, i = 1,2$$

【 0 0 6 9 】

この最適化問題は二次計画問題となっており、最適化問題計算部 2 0 4 は効率よく解を求めることができる。このように、最適化問題を定式化することで、吐出温度を目標値に収束させ、かつ、過熱度の過大に起因する露飛び現象及び効率の低下を回避し、かつ、可能な限り室温を目標室温に近づけることが可能となる。また、解が上下限制約内であるとき、すなわち、上下限制約がインアクティブ (i n a c t i v e) であるときは、過熱度を許容範囲に保ちつつ、吐出温度と室温とがそれぞれの目標値に収束することが保証される。解において、ある要素が下限値であるときは、対応する室内熱交換器 1 0 5 の過熱度が最大値に収束し、吐出温度は目標吐出温度に収束し、下限値に対応する室内熱交換器 1 0 5 以外の室温は目標室温に収束し、下限値に対応する室内熱交換器 1 0 5 の室温は目標室温を下回るが、可能な限り目標室温に近づける運転となる。

20

【 0 0 7 0 】

図 6 は、本発明の実施の形態 1 による電動膨張弁開度を演算するブロック線図であり、暖房運転時の制御装置 1 0 である。図 5 では冷房運転時の制御装置 1 0 を説明したが、図 6 では暖房運転時の制御装置 1 0 について説明する。もっとも、制御装置 1 0 は、冷房運転時又は暖房運転時に、図 5 及び図 6 に示すブロック線図を切り替えて、空気調和装置 1 を制御すればよい。

30

【 0 0 7 1 】

電動膨張弁開度上下限值演算部 3 以外の要素は、図 5 と等価である。よって、異なる点を中心に以下、説明する。電動膨張弁開度上下限值演算部 3 は、過冷却度最小値と過冷却度の差を入力とし、式 1 4 によって電動膨張弁開度の上限値を出力する。

【 0 0 7 2 】

【 数 1 4 】

40

$$\begin{aligned} & Cpmax_tmp(k,i) \\ & = Kp_{Cpmax} (Tscmin_c - Tsc(k,i)) \\ & \quad + Ki_{Cpmax} \sum_{l=0}^k (Tscmin_c - Tsc(l,i)) Ts, \quad i = 1,2 \end{aligned} \quad (14)$$

【 0 0 7 3 】

ここで、k は離散的な時刻、i は部屋番号であり 2 室を例にしており、C_{pmax_tmp} は暫

50

定電動膨張弁上限開度、 $K_{p_{cpmax}}$ は比例ゲイン、 $K_{i_{cpmax}}$ は積分ゲイン、 T_{scmin_c} は室内熱交換器105の過冷却度最小値、 T_{sc} は室内熱交換器105の過冷却度、 T_s は制御周期である。

【0074】

このように電動膨張弁開度上限値を求めることで、過冷却度を下限値以上に制御することができ、二相冷媒が電動膨張弁を通過することにより発生する冷媒音を回避することができる。 T_{sc} は各室内熱交換器105の出入口付近に設置された温度センサの差として求めてもよいし、圧力センサから変換した凝縮温度と室内熱交換器105の出口付近に設置された温度センサとの差として求めてもよい。

【0075】

また、図6の電動膨張弁開度上下限值演算部3ではPI制御器を用いたが、PI制御に限定されるものではなく、I制御、PID制御、LQI制御、積分器つきモデル予測制御、2自由度制御等の制御方式でもよいし、それらの基本構成に加え、上下限リミット、積分器のアンチリセットウィンドアップ処理が含まれている制御方式でもよい。また、過冷却度の最小値を設定する必要がない場合には、PI制御のような制御器を用いる必要はなく、 $C_{pmax}(k,i) = C_{pmax_c}$ とすればよい。

【0076】

室内熱交換器105は、過冷却度を検知する過冷却度センサ110を備え、電動膨張弁開度上下限值演算部3は、暖房サイクルの場合には過冷却度下限値と過冷却度との偏差を用いた積分器で上限値を導出することになる。

【0077】

次に、暫定電動膨張弁上限開度を入力とし、電動膨張弁上限開度を式15によって出力する。

【0078】

【数15】

$$C_{pmax}(k,i) = \begin{cases} C_{pmax_c} & \text{if } C_{pmax_tmp}(k,i) > C_{pmax_c} \\ C_{pmin_c} & \text{if } C_{pmax_tmp}(k,i) < C_{pmin_c} \\ C_{pmax_tmp}(k,i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

【0079】

ここで、 C_{pmax_c} 、 C_{pmin_c} は事前に定められた定数である。以上より、電動膨張弁開度上下限值演算部3は電動膨張弁開度上限値として C_{pmax_c} を出力し、電動膨張弁開度下限値として C_{pmin_c} を出力する。この電動膨張弁開度上下限值を用いて最適化問題を式16のように定式化する。

【0080】

10

20

30

【数 16】

$$\begin{aligned} \min_{Cp(k,i), i=1,2} & \sum_{l=1}^2 (Cp_tmp(k,l) - Cp(k,l))^2 \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^2 Cp(k,i) = C(k) \end{aligned} \quad (16)$$

10

$$Cpmin_c \leq Cp(k,i) \leq Cpmax(k,i) , i = 1,2$$

【0081】

この最適化問題の解を電動膨張弁開度とすることで、吐出温度を目標値に収束させ、かつ、過冷却度の過小に起因する冷媒音や効率の低下を回避し、かつ、可能な限り室温を目標室温に近づけることが可能となる。なお、解が上下制限約内であるとき、すなわち、上下制限約がインアクティブ (inactive) であるときは、過冷却度を許容範囲に保ちつつ、吐出温度と室温とがそれぞれの目標値に収束することが保証される。解において、ある要素が下限値であるときは、対応する電動膨張弁開度が事前に設定された最小開度に収束し、吐出温度は目標吐出温度に収束し、下限値に対応する室内熱交換器 105 以外の室温は目標室温に収束し、下限値に対応する室内熱交換器 105 の室温は目標室温を上回るが、可能な限り目標室温に近づける運転となる。

20

【0082】

以上のように、複数の室の室温を検知する室温センサと、室の目標室温を設定する目標室温設定手段と、冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる容量可変形の圧縮機と、室温と目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を室毎に演算する要求能力演算部と、室内熱交換器に接続されている電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力部と、要求能力および合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算部と、電動膨張弁の開度を変数として暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出部と、変数である開度の合計と合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出部と、開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算部と、開度が上限値及び下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出部と、評価関数、等式制約及び不等式制約から最適化問題を解いて開度を計算する最適化問題計算部とを備えた空気調和装置である。

30

【0083】

また、複数の室の室温を検知する室温検出ステップと、室の目標室温を設定する目標室温設定ステップと、容量可変形の圧縮機を用いて冷媒を室外熱交換器、電動膨張弁、室内熱交換器に順次循環させる循環ステップと、室温と目標室温との偏差を積分した値を用いて要求能力を室毎に演算する要求能力演算ステップと、室内熱交換器に接続されている電動膨張弁の合計開度を出力する電動膨張弁合計開度出力ステップと、要求能力および合計開度を用いて暫定電動膨張弁開度を室毎に演算する暫定電動膨張弁開度演算ステップと、電動膨張弁の開度を変数として暫定電動膨張弁開度との距離関数を評価関数として導出する評価関数導出ステップと、変数である開度の合計と合計開度とを等しくする等式制約を導出する等式制約導出ステップと、開度の上限値及び下限値を演算する電動膨張弁開度上下限值演算ステップと、開度が上限値及び下限値を満たす不等式制約を導出する不等式制約導出ステップと、評価関数、等式制約及び不等式制約から最適化問題を解いて開度を計

40

50

算する最適化問題計算ステップとを備えた空気調和方法である。

【0084】

よって、許容される電動膨張弁開度の駆動範囲内で、高効率運転を実現しつつ、室温偏差を最小値に収束させることができる。

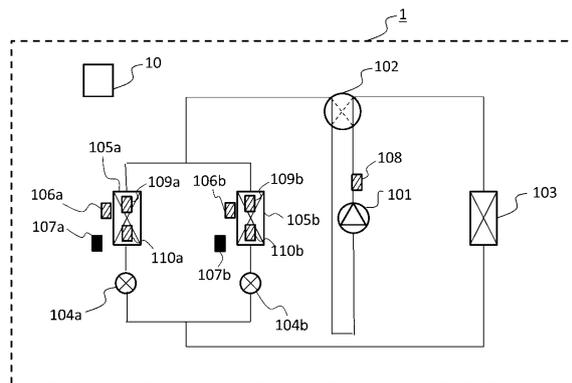
【符号の説明】

【0085】

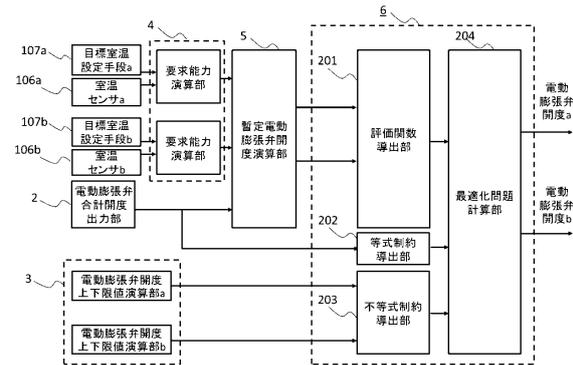
1 空気調和装置、2 電動膨張弁合計開度出力部、3 電動膨張弁開度上下限值演算部、4 要求能力演算部、5 暫定電動膨張弁開度演算部、6 電動膨張弁開度演算部、10 制御装置、11 記憶装置、12 演算装置、101 圧縮機、102 四方弁、103 室外熱交換器、104, 104a、104b 電動膨張弁、105、105a、105b 室内熱交換器、106、106a、106b 室温センサ、107、107a、107b 目標室温設定手段、108 吐出温度センサ、109、109a、109b 過熱度センサ、110、110a、110b 過冷却度センサ、201 評価関数導出部、202 等式制約導出部、203 不等式制約導出部、204 最適化問題計算部。

10

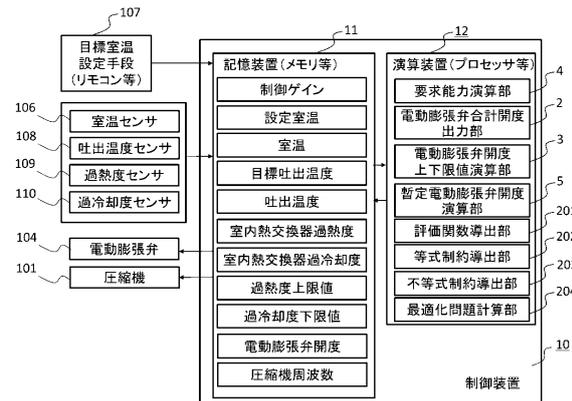
【図1】



【図3】



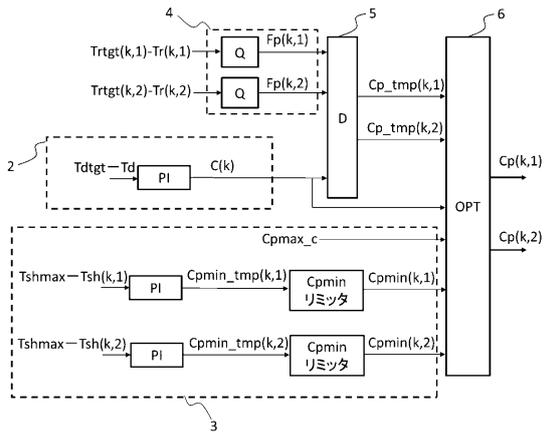
【図2】



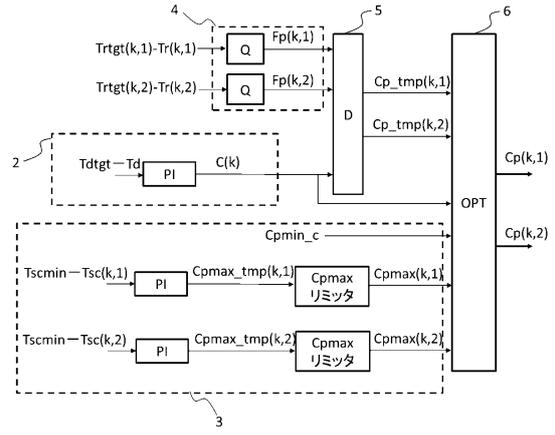
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 笹木 俊男

- (56)参考文献 特開2006-29734(JP,A)
特開平8-159589(JP,A)
特開平8-327122(JP,A)
特開平6-147671(JP,A)
特開2016-99910(JP,A)
特開2015-7828(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-------------|
| F 2 4 F | 1 1 / 6 2 |
| F 2 4 F | 1 1 / 8 6 |
| F 2 5 B | 5 / 0 2 |
| F 2 5 B | 1 3 / 0 0 |
| F 2 4 F | 1 1 0 / 1 0 |
| F 2 4 F | 1 4 0 / 2 0 |