

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6090904号
(P6090904)

(45) 発行日 平成29年3月8日 (2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日 (2017.2.17)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 8 F 27/00 (2006.01)	F 2 8 F 27/00 5 O 1 Z
F 2 4 F 11/02 (2006.01)	F 2 4 F 11/02 1 O 2 N
	F 2 8 F 27/00 5 O 1 A

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-250331 (P2012-250331)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成24年11月14日 (2012.11.14)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2013-210178 (P2013-210178A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成25年10月10日 (2013.10.10)	(74) 代理人	100112737
審査請求日	平成27年7月28日 (2015.7.28)		弁理士 藤田 考晴
(31) 優先権主張番号	特願2012-44677 (P2012-44677)	(74) 代理人	100118913
(32) 優先日	平成24年2月29日 (2012.2.29)		弁理士 上田 邦生
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	立石 浩毅
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	二階堂 智
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通の冷凍機と並列に接続された複数の冷却塔を備える熱源システムに適用される冷却塔制御装置であって、

前記熱源システムの起動時において、全ての前記冷却塔を起動させ、

運転中の前記冷却塔におけるファンの回転数が予め登録されている最低回転数以下である状態が所定期間維持された場合に、いずれか1台の前記冷却塔を停止させ、

少なくとも1台の前記冷却塔が停止している状態において、

現在運転中の前記冷却塔の台数に1台加算した台数の前記冷却塔の各前記ファンを前記最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する推定手段と、

冷却塔全体に対する要求冷却能力が前記推定手段によって推定された冷却能力以上である状態が、所定期間維持されたか否かを判定する判定手段とを備え、

前記判定手段によって、前記状態が所定期間維持されたと判定された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうち1台の前記冷却塔を起動させる冷却塔制御装置。

【請求項 2】

前記冷却塔の冷却効率が低い順に設定された起動優先度を有し、前記起動優先度に基づいて、停止させる前記冷却塔、及び、再起動させる前記冷却塔を決定する請求項1に記載の冷却塔制御装置。

【請求項 3】

10

20

前記冷却塔の冷却効率にかかわらず、各前記冷却塔の前記ファンを同一回転数で回転させる請求項 1 または請求項 2 に記載の冷却塔制御装置。

【請求項 4】

冷却水温度が所定の閾値以上の状態を所定期間維持された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうちいずれか 1 台の前記冷却塔を起動させ、冷却水温度が所定の閾値以下の状態を所定期間維持された場合に、運転中の前記冷却塔のうちいずれか 1 台の前記冷却塔を停止させる請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の冷却塔制御装置。

【請求項 5】

冷却水が前記冷凍機から前記冷却塔へ行き配管を介して供給され、前記冷却塔から前記冷凍機へ還り配管を介して供給され、前記行き配管から前記還り配管への冷却水のバイパス流量を調整するバイパス弁を備え、

前記バイパス弁が所定の開度以上の状態を所定期間維持された場合に、運転中の前記冷却塔のうちいずれか 1 台の前記冷却塔を停止させる請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の冷却塔制御装置。

【請求項 6】

前記冷却塔における前記ファンの回転数が所定の閾値以上の状態を所定期間維持された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうちいずれか 1 台の前記冷却塔を起動させる請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の冷却塔制御装置。

【請求項 7】

冷凍機と、
前記冷凍機に対して並列に接続された複数の冷却塔と、
請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の冷却塔制御装置と
を具備する熱源システム。

【請求項 8】

共通する冷凍機に対して並列に接続された複数の冷却塔を備える熱源システムに適用される冷却塔制御方法であって、

前記熱源システムの起動時において、全ての前記冷却塔を起動させ、

運転中の前記冷却塔におけるファンの回転数が予め登録されている最低回転数以下である状態が所定期間維持された場合に、いずれか 1 台の前記冷却塔を停止させ、

少なくとも 1 台の前記冷却塔が停止している状態において、

現在運転中の前記冷却塔の台数に 1 台加算した台数の前記冷却塔の各前記ファンを前記最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する推定過程と、

冷却塔全体に対する要求冷却能力が前記推定過程によって推定された冷却能力以上である状態が、所定期間維持されたか否かを判定する判定過程と
を備え、

前記判定過程によって、前記状態が所定期間維持されたと判定された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうち 1 台の前記冷却塔を起動させる冷却塔制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱源システムに係り、特に、熱源システムが備える冷却塔を制御する冷却塔制御装置及びその方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、熱源システムにおける冷却塔の制御方法として、特許文献 1 から 3 に開示されている方法が知られている。特許文献 1 には、冷凍機の負荷率及び外気湿球温度に応じて、冷却塔の起動台数を制御する方法が開示されている。特許文献 2 には、熱源システムの成績係数（COP）に基づいて、冷却水ポンプ及び冷却塔のファンを制御することが開示されている。また、特許文献 3 には、冷却塔へ流入する冷却水流量を計測し、この流量に基づいて冷却塔毎にファンの回転数制御を行い、冷却塔に流入する冷却水流量が所定流量以

10

20

30

40

50

下の場合に当該冷却塔のファンを停止させる方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-236728号公報

【特許文献2】特開2005-257221号公報

【特許文献3】特開2007-333361号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した制御方法では、冷却塔の消費電力を十分に抑制し、省エネルギー化を図ることは難しい。

すなわち、特許文献1に開示される方法は、必要とされる冷却能力を決定し、それに応じて冷却塔の起動台数を決定するため、冷凍機COPを向上させるための冷却能力を発揮することは可能であるが、冷却塔自身の省エネルギー化を図ることは難しい。

特許文献2に開示された方法では、熱源COPに基づいて冷却水出口温度を設定するため、冷却塔に要求される冷却能力は定義できるものの、冷却塔の具体的な運転方法については開示がない。

【0005】

特許文献3に開示された方法は、個々の冷却塔の省エネルギー化を図ったものであり、冷却塔全体としてのマクロ的な省エネルギー化については考慮されていない。

また、一般的に、熱源システム内の冷却水温度に基づいて、冷却塔台数を制御する方法が知られている。しかしながら、この方法も、冷却水温度が高くなれば起動台数を増加させ、冷却水温度が低くなれば起動台数を減少させるという単純な制御であり、冷却塔の省エネルギー化を考慮したものではなかった。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、共通の冷凍機に複数台の冷却塔が並列に接続されている熱源システムにおいて、冷却塔全体としての省エネルギー化を図ることのできる冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システム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】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明は、共通の冷凍機と並列に接続された複数の冷却塔を備える熱源システムに適用される冷却塔制御装置であって、前記熱源システムの起動時において、全ての前記冷却塔を起動させ、運転中の前記冷却塔におけるファンの回転数が予め登録されている最低回転数以下である状態が所定期間維持された場合に、いずれか1台の前記冷却塔を停止させ、少なくとも1台の前記冷却塔が停止している状態において、現在運転中の前記冷却塔の台数に1台加算した台数の前記冷却塔の各前記ファンを前記最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する推定手段と、冷却塔全体に対する要求冷却能力が前記推定手段によって推定された冷却能力以上である状態が、所定期間維持されたか否かを判定する判定手段とを備え、前記判定手段によって、前記状態が所定期間維持されたと判定された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうち1台の前記冷却塔を起動させる冷却塔制御装置を提供する。

【0008】

本発明によれば、熱源システムの起動時において全ての冷却塔を起動させる。換言すると、全ての冷却塔のファンを回転させる。このように、冷凍機負荷や冷却塔全体の要求冷却能力に依らずに、稼働可能な全ての冷却塔を起動するので、1台当たりのファンの回転数を低減させることができ、消費電力を抑制することができる。また、冷凍機負荷や冷却塔全体の要求冷却能力を参照することなく、全ての冷却塔を起動させるという簡易な処理

10

20

30

40

50

により容易に省エネルギー化を図ることができる。

【0010】

冷却塔におけるファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持された場合には、いずれか1台の冷却塔を停止させるので、冷却塔1台当たりのファンの回転数を増加させることが可能となる。これにより、極端に低い回転数領域でのファンの運転を回避することができる。

最低回転数とは、例えば、冷却塔の仕様で設定されている下限回転数、またはそれに任意のマージンを持たせた値である。

【0012】

このように、一部の冷却塔が運転を停止している状態において、そのうちの1台を追加起動させる場合に、その1台を追加したとしても各冷却塔のファンを最低回転数以上で運転できることを事前に確認してから追加起動を行うので、冷却塔の発停が頻繁に繰り返されることを防止し、熱源システム全体の安定化を図ることが可能となる。また、このような制御を行うことで、できるだけ多くの台数の冷却塔を起動させることができる。これにより、消費電力を効果的に抑制でき、省エネルギー化を図ることができる。

10

【0013】

上記冷却塔制御装置は、前記冷却塔の冷却効率が低い順に設定された起動優先度を有し、前記起動優先度に基づいて、停止させる前記冷却塔、及び、再起動させる前記冷却塔を決定することとしてもよい。

【0014】

20

このように、冷却塔の冷却効率が異なる場合においては、冷却効率の低い冷却塔から優先して運転を停止させ、また、冷却効率の高い冷却塔は起動状態を維持させるように制御する。これにより、消費電力を更に抑制することができる。

【0015】

上記冷却塔制御装置は、前記冷却塔の冷却効率にかかわらず、各前記冷却塔のファンを同一回転数で回転させることとしてもよい。

【0016】

冷却効率が相対的に高い冷却塔と、冷却効率が相対的に低い冷却塔が存在する場合に、冷却効率が相対的に高い冷却塔のファンの回転数を高めに設定し、冷却効率が相対的に低い冷却塔のファンの回転数を低めに設定して運転させたとしても、その回転数の違いによる消費電力の影響はそれほど顕著に現れないことが確認された。従って、冷却効率にかかわらず、全てのファンに対して同じ回転数指令を与えることで、簡易な制御により、消費電力を抑制させることができる。

30

【0017】

上記冷却塔制御装置は、冷却水温度が所定の閾値以上の状態を所定期間維持された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうちいずれか1台の前記冷却塔を起動させ、冷却水温度が所定の閾値以下の状態を所定期間維持された場合に、運転中の前記冷却塔のうちいずれか1台の前記冷却塔を停止させることとしてもよい。

【0018】

このように、冷却水温度を考慮した冷却塔起動または停止を行うことにより、冷却水を所定の範囲内で直接的に制御可能となり、冷却水系統および冷凍機を安定して運転することが可能となる。

40

【0019】

上記冷却塔制御装置は、冷却水が前記冷凍機から前記冷却塔へ行き配管を介して供給され、前記冷却塔から前記冷凍機へ還り配管を介して供給され、前記行き配管から前記還り配管への冷却水のバイパス流量を調整するバイパス弁を備え、前記バイパス弁が所定の開度以上の状態を所定期間維持された場合に、運転中の前記冷却塔のうちいずれか1台の前記冷却塔を停止させることとしてもよい。

【0020】

このように、冷却水バイパス弁を考慮した冷却塔停止を行うことにより、冷却塔の非効

50

率な過剰運転を回避できる。すなわち、冷却塔の消費電力を抑制することが可能となる。

【0021】

上記冷却塔制御装置は、前記冷却塔における前記ファンの回転数が所定の閾値以上の状態を所定期間維持された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうちいずれか1台の前記冷却塔を起動させることとしてもよい。

【0022】

このように、冷却塔の劣化を考慮した冷却塔起動を行うことにより、冷却塔性能が劣化した場合に冷却塔の追加起動の遅れを防止し、高いファン回転数の状態での非効率な運転が継続されるのを回避できる。すなわち、冷却塔の消費電力を抑制することが可能となる。

10

【0023】

本発明は、冷凍機と、前記冷凍機に対して並列に接続された複数の冷却塔と、上記いずれかの冷却塔制御装置とを具備する熱源システムを提供する。

【0024】

本発明は、共通する冷凍機に対して並列に接続された複数の冷却塔を備える熱源システムに適用される冷却塔制御方法であって、前記熱源システムの起動時において、全ての前記冷却塔を起動させ、運転中の前記冷却塔におけるファンの回転数が予め登録されている最低回転数以下である状態が所定期間維持された場合に、いずれか1台の前記冷却塔を停止させ、少なくとも1台の前記冷却塔が停止している状態において、現在運転中の前記冷却塔の台数に1台加算した台数の前記冷却塔の各前記ファンを前記最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する推定過程と、冷却塔全体に対する要求冷却能力が前記推定過程によって推定された冷却能力以上である状態が、所定期間維持されたか否かを判定する判定過程とを備え、前記判定過程によって、前記状態が所定期間維持されたと判定された場合に、運転を停止している前記冷却塔のうち1台の前記冷却塔を起動させる冷却塔制御方法を提供する。

20

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、冷却塔全体としての省エネルギー化を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

30

【0026】

【図1】本発明の一実施形態に係る熱源システムの構成を概略的に示した図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る冷却塔制御装置によって実行される処理について示したフローチャートである。

【図3】回転数に対する冷却塔の消費電力、冷却能力、および冷却効率の関係を示した図である。

【図4】各冷却塔への冷却水流路を等しく想定した場合の起動台数別の冷却能力と消費電力の関係を示した図である。

【図5】シミュレーションを行う際の冷却塔の条件を示した図である。

【図6】図5に示した条件の冷却塔を想定した場合の冷却能力と消費電力の関係を示した図である。

40

【図7】本発明の第2実施形態に係る冷却塔制御装置によって実行される処理について示したフローチャートである。

【図8】本発明の第3実施形態に係る冷却塔制御装置によって実行される処理について示したフローチャートである。

【図9】本発明の第4実施形態に係る冷却塔制御装置によって実行される処理について示したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下に、本発明の一実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システ

50

ムについて図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る熱源システムの構成を概略的に示した図である。図1に示すように、熱源システム1は、冷凍機2と、冷凍機2と並列に接続され、冷凍機2で用いられることにより加熱された冷却水を冷却して冷凍機2へ供給する3台の冷却塔3a、3b、3cと、冷却塔3a、3b、3cの制御を行う冷却塔制御装置4とを主な構成として備えている。図1では、3台の冷却塔を備えている場合を例示しているが、冷却塔の台数については限定されない。

【0028】

各冷却塔3a、3b、3cには、行き配管6を介して冷凍機2で利用された冷却水が供給される。各冷却塔3a、3b、3cで冷却された冷却水は、還り配管7を介して冷凍機2へ送られる。行き配管6には送水ヘッダ8が設けられ、還り配管7には還水ヘッダ9が設けられている。還り配管7における還水ヘッダ9よりも冷却水流れの下流側には冷却水ポンプ10が設けられている。冷却水ポンプ10の回転数が制御されることで、循環する冷却水の流量が調整される。送水ヘッダ8と還水ヘッダ9の間にはバイパス配管12が設けられている。バイパス配管12には冷却水バイパス弁（バイパス弁）13が設けられている。冷却水バイパス弁13の開度を調整することにより、送水ヘッダ8から還水ヘッダ9へバイパスさせる流量が調整される。

【0029】

行き配管6において、送水ヘッダ8よりも冷却水流れの上流側には、冷凍機2から流出された冷却水の流量 F_c を計測する流量センサ15及び冷凍機2において熱交換された後の冷却水の温度（以下「冷却塔入口温度 T_i 」という。）を計測する温度センサ16が設けられている。また、還り配管7において、還水ヘッダ9よりも冷却水流れの下流側には、冷却塔3a、3b、3cにおいて冷却されて冷凍機2へ流入される冷却水の温度（以下「冷却塔出口温度 T_o 」という。）を計測する温度センサ17が設けられている。

流量センサ15、温度センサ16、17の計測値は冷却塔制御装置4へ出力される。

【0030】

冷却塔制御装置4は、流量センサ15、温度センサ16、17からの計測値を用いて冷却塔3a、3b、3cのファンの回転数を制御するとともに、以下に示す起動・停止制御を行う。

例えば、冷却塔制御装置4は、例えば、コンピュータであり、CPU（中央演算処理装置）、RAM（Random Access Memory）等の主記憶装置、補助記憶装置、外部の機器と通信を行うことにより情報の授受を行う通信装置などを備えている。

【0031】

補助記憶装置は、コンピュータ読取可能な記録媒体であり、例えば、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。この補助記憶装置には、各種プログラムが格納されており、CPUが補助記憶装置から主記憶装置にプログラムを読み出し、実行することにより種々の処理を実現させる。

【0032】

〔第1実施形態〕

以下、本発明の第1実施形態に係る冷却塔制御装置4によって実行される処理について、図2を用いて説明する。

まず、冷却塔制御装置4は、冷却塔の起動指令を受信すると、全台数の冷却塔を起動させる（ステップSA1）。これにより、冷却塔3a、3b、3cは起動し、ファンが回転することにより、冷却水の冷却が開始される。

【0033】

次に、各冷却塔3a、3b、3cの起動が完了すると、冷却塔制御装置4は、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数制御を開始する（ステップSA2）。これにより、冷却塔出口温度 T_o が設定温度となるように、各冷却塔3a、3b、3cのファンの回転数が制御されることとなる。本実施形態では、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数は同じ回転数に制御される。

【0034】

次に、冷却塔制御装置4は、ファンの回転数が予め設定されている最低回転数以下である状態が所定期間（例えば、60sec）維持されているか否かを判定する（ステップSA3）。ここで、最低回転数とは、極端に低い回転数での運転を防止するために、一般的に設定されている下限回転数である。また、この下限回転数に任意のマージンを持たせた値としてもよい。

この結果、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を1台停止させ（ステップSA4）、ステップSA9に進む。

【0035】

一方、上記ステップSA3において、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップSA3において「NO」）、運転停止中の冷却塔があるか否かを判定する（ステップSA5）。この結果、運転停止中の冷却塔がない場合には、ステップSA1へ戻り、運転停止中の冷却塔がある場合には、運転中の冷却塔台数に1台加算した台数の冷却塔を最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する（ステップSA6）。例えば、N台の冷却塔が運転中であった場合には、以下のようにして冷却能力が推定される。

例えば、冷却塔制御装置4は、各冷却塔に対応して、その冷却塔を最低回転数で運転させた場合の冷却能力と外気湿球温度及び冷却水流量とが関連付けられたテーブルを保有している。そして、冷却塔制御装置4は、運転中及び追加起動させる冷却塔に対応する上記テーブルを用いて、現在の冷却水流量と外気湿球温度に対応する冷却能力をそれぞれ取得し、取得した冷却能力を合計することで、1台追加起動させた場合の冷却塔能力を推定する。

【0036】

次に、冷却塔全体に対する要求冷却能力がステップSA6において推定した冷却能力以上である状態が、所定期間（例えば、300sec）維持されているか否かを判定する（ステップSA7）。この結果、上記状態が所定期間維持されている場合には、運転停止中である冷却塔のうち、1台の冷却塔を追加起動させ（ステップSA8）、ステップSA9に進む。

一方、上記ステップSA7において、上記状態が所定期間維持されていないと判定した場合には、ステップSA9に進む。

ステップSA9では、運転停止指令を受信したか否かを判定し、受信していなかった場合には、ステップSA3に戻り、上記処理を繰り返す。一方、運転停止指令を受信した場合には、運転中である冷却塔を運転停止させ（ステップSA10）、処理を終了する。

【0037】

以上、説明してきたように、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムによれば、熱源システム1の起動時において、稼働可能な全ての台数の冷却塔を起動させる。これにより、各冷却塔におけるファンの回転数を低く制御することができ、全体としての消費電力を抑制することが可能となる。図3に、ファンの回転数に対する冷却塔の消費電力、冷却能力、および冷却効率の関係を示す。ここで、冷却塔の冷却能力は、以下の（1）式で表わされ、冷却効率は、以下の（2）式で表わされる。

【0038】

$$\text{冷却能力} = \Delta T \times F_c \times c \quad (1)$$

$$\text{冷却効率} = \text{冷却能力} / \text{消費電力} \quad (2)$$

【0039】

（1）式において、 ΔT は冷却塔入口温度と冷却塔出口温度との差、 F_c は冷却水流量、 c は比熱である。

【0040】

図3に示すように、ファンの回転数が低いほど消費電力が低く、かつ、冷却効率が高いことがわかる。このように、ファンの回転数をできるだけ低く維持すると、消費電力が抑

10

20

30

40

50

制されて、冷却効率が向上する。

【0041】

また、図4に、各冷却塔への冷却水流路を等しく想定した場合の起動台数別の冷却能力と消費電力の関係を示す。図4では、1台の冷却塔を運転させた場合、2台の冷却塔を運転させた場合、及び3台の冷却塔を運転させた場合の冷却能力と消費電力との関係をそれぞれ示している。また、図4における各プロットは、各冷却塔の回転数を複数組み合わせた場合のプロットとされている。

【0042】

例えば、冷却塔2台を起動させて、ある冷却能力を発揮させる場合、各冷却塔への負荷の配分の組み合わせが複数通り存在する。例えば、ある冷却能力が要求されたとき、一方の冷却塔を30Hz、他方の冷却塔を50Hzで運転させても、双方の冷却塔を40Hzで運転させても同じ冷却能力を得ることが可能な場合がある。このように同じ冷却能力を発揮する場合であっても、各冷却塔の運転点、すなわち回転数は異なるため、消費電力はそれに応じて変化することとなる。そして、このように、同じ冷却能力を得るために複数通りの回転数の配分比を設定し、それぞれのパターンにおける消費電力と冷却能力をプロットしたものが図4である。そして、図4において示された曲線は、各冷却塔の回転数を同一とした場合のプロットを結んだものである。このように、図4から回転数を同一とした場合が消費電力を最も抑制できていることがわかる。

【0043】

また、図4に示される各プロットは、冷却塔への通水を冷却塔の起動として想定して取得したものである。従って、3台起動（3台に通水）しても、ある1台が回転数0となっている場合には、実質的には2台の冷却塔のみで冷却能力を発揮しなければならない、2台起動（2台に通水）時よりも性能が悪く示されているところがある。また、図4は、冷却塔起動を冷却塔通水とした場合の結果を示したものであるが、冷却塔起動を冷却塔ファン回転かつ冷却塔通水とした場合でも、同様の結果が得られた。これにより、いずれの場合にも、各冷却塔を同一回転数で運転させた場合に、消費電力を最も低減できることがわかった。

【0044】

更に、図4によれば、起動台数が多いほど消費電力を低減できることがわかる。例えば、2000[kW]の冷却能力を3台の冷却塔で得ようとした場合、消費電力は約1[kW]程度であるのに対し、2台の冷却塔で得ようとした場合には、その2倍以上の消費電力、更に、1台の冷却塔で得ようとした場合には7倍近くの消費電力を示している。

【0045】

以上のように、図3及び図4から、同じ冷却能力に対して、冷却塔の起動台数を多くして各ファンの回転数を低い回転数に保ち、かつ、各冷却塔の回転数を一樣とする運転が、冷却塔全体での消費電力を最も抑えることができることがわかる。

したがって、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムのように、冷却塔の起動時において、稼働可能な全台数の冷却塔を起動させることにより、冷却塔全体としての省エネルギー化を図ることができる。

【0046】

また、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムによれば、ファンの回転数が最低回転数以下である場合には、冷却塔の運転台数を1台減らすので、最低回転数以下の領域でのファンの運転を回避させることができる。

【0047】

また、このようにして、一部の冷却塔を停止させた状態において、要求冷却能力が増加すると、そのうちの1台を追加起動させる。この場合において、その1台を追加して起動したとしても、各冷却塔のファンを最低回転数以上で運転できることを事前に確認してから追加起動を行うので、冷却塔の発停が頻繁に繰り返されることを防止し、熱源システム全体の安定化を図ることが可能となる。また、このような制御を行うことで、できるだけ多くの台数の冷却塔を起動させることができ、消費電力を効果的に抑制でき、省エネルギー

ー化を図ることができる。

【0048】

更に、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムにおいて、各冷却塔が発揮可能な冷却効率にかかわらず、各冷却塔が備えるファンの回転数は同じ回転数に制御される。

例えば、図5に示すように、冷却効率の異なる2台の冷却塔を想定し、冷却能力と消費電力の関係をシミュレーションした結果を図6に示す。このシミュレーション結果は、消費電力が回転数の3乗に比例するという関係に基づいて得たものである。

【0049】

図6に示すように、冷却効率が相対的に低い冷却塔Aと、冷却効率が相対的に高い冷却塔Bとの両方を運転させた場合には、冷却能力を最適な比率で冷却塔A及び冷却塔Bに分配させたとき（図6における「冷却塔A回転数<冷却塔B回転数」）と、冷却塔A及び冷却塔Bの回転数を同じに設定したとき（図6における「冷却塔A回転数=冷却塔B回転数」）とで、略同じ特性を示すことがわかった。

【0050】

また、本シミュレーションでは、図5に示すように、冷却塔Aの定格運転時における消費電力を9kW、冷却塔Bの定格運転時における消費電力を6kWに設定したが、実際にはこれほど冷却塔の消費電力に差が生じることはそれほどない。したがって、冷却効率が多少異なる複数の冷却塔を用いる場合でも、冷却効率の違いによる回転数制御は行う必要はなく、全ての冷却塔に対して同じ回転数指令を与えることによって、十分な省エネルギー化を図ることができることがわかった。

【0051】

更に、図5及び図6から1台のみを起動させた場合には、冷却塔Aよりも冷却塔Bの方が消費電力が低いことは明らかである（図6における「冷却塔Aのみ運転」と「冷却塔Bのみ運転」とを参照）。したがって、要求冷却能力の低下によって冷却塔を1台停止させる場合には（図2のステップSA4）、冷却効率の悪い冷却塔を優先的に停止させることとしてもよい。また、逆に、要求冷却能力の増加によって冷却塔を1台追加起動させる場合には（図2のステップSA8）、冷却効率の高い冷却塔を優先的に起動させることとしてもよい。このように、冷却効率に応じた優先度を決定しておき、この優先度に基づいて起動・停止制御を行うことで、例えば、要求冷却能力が低いために1台のみの冷却塔による運転で出力が足りる場合に、消費電力を抑制することができる。

【0052】

〔第2実施形態〕

以下、本発明の第2実施形態に係る冷却塔制御装置4によって実行される処理について、図7を用いて説明する。

本実施形態は、上記した第1実施形態に冷却水温度を考慮した冷却塔の起動または停止の処理を追加したものである。その他の点については第1実施形態と同様であるので、説明は省略する。

まず、冷却塔制御装置4は、冷却塔の起動指令を受信すると、全台数の冷却塔を起動させる（ステップSB1）。これにより、冷却塔3a、3b、3cは起動し、ファンが回転することにより、冷却水の冷却が開始される。

【0053】

次に、各冷却塔3a、3b、3cの起動が完了すると、冷却塔制御装置4は、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数制御を開始する（ステップSB2）。これにより、冷却塔出口温度 T_o が設定温度となるように、各冷却塔3a、3b、3cのファンの回転数が制御されることとなる。本実施形態では、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数は同じ回転数に制御される。

【0054】

次に、冷却塔制御装置4は、冷却水温度、すなわち冷却塔出口温度 T_o が予め設定されている指定温度1以下である状態が所定期間維持されているか否かを判定する（ステップ

S B 3)。ここで、指定温度 1 とは、冷却塔強制停止の基準となる所定の閾値であり、冷凍機により決定される冷却水温度の下限值に基づく値である。

この結果、冷却水温度が指定温度 1 以下である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を 1 台停止させ（ステップ S B 4）、ステップ S B 1 1 に進む。

【0055】

一方、上記ステップ S B 3 において、冷却水温度が指定温度 1 以下である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップ S B 3 において「NO」）、冷却塔制御装置 4 は、ファンの回転数が予め設定されている最低回転数以下である状態が所定期間（例えば、60 sec）維持されているか否かを判定する（ステップ S B 5）。ここで、最低回転数とは、極端に低い回転数での運転を防止するために、一般的に設定されている

10

下限回転数である。また、この下限回転数に任意のマージンを持たせた値としてもよい。

この結果、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を 1 台停止させ（ステップ S B 4）、ステップ S B 1 1 に進む。

【0056】

一方、上記ステップ S B 5 において、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップ S B 5 において「NO」）、運転停止中の冷却塔があるか否かを判定する（ステップ S B 6）。この結果、運転停止中の冷却塔がない場合には、ステップ S B 1 へ戻り、運転停止中の冷却塔がある場合には、冷却塔制御装置 4 は、冷却水温度、すなわち冷却塔出口温度 T_o が予め設定されている指定温度 2 以上である状態が所定期間維持されているか否かを判定する（ステップ S B 7）。こ

20

ここで、指定温度 2 とは、冷却塔強制追加起動の基準となる所定の閾値であり、外気湿球温度または外気乾球温度に任意のマージンを持たせた値である。

この結果、冷却水温度が指定温度 2 以上である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を 1 台追加起動させ（ステップ S B 8）、ステップ S B 1 1 に進む。

【0057】

一方、上記ステップ S B 7 において、冷却水温度が指定温度 2 以上である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップ S B 7 において「NO」）、運転中の冷却塔台数に 1 台加算した台数の冷却塔を最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する（ステップ S B 9）。

【0058】

30

次に、冷却塔全体に対する要求冷却能力がステップ S B 9 において推定した冷却能力以上である状態が、所定期間（例えば、300 sec）維持されているか否かを判定する（ステップ S B 10）。この結果、上記状態が所定期間維持されている場合には、運転停止中である冷却塔のうち、1 台の冷却塔を追加起動させ（ステップ S B 8）、ステップ S B 1 1 に進む。

一方、上記ステップ S B 10 において、上記状態が所定期間維持されていないと判定した場合には、ステップ S B 1 1 に進む。

ステップ S B 1 1 では、運転停止指令を受信したか否かを判定し、受信していなかった場合には、ステップ S B 3 に戻り、上記処理を繰り返し行う。一方、運転停止指令を受信した場合には、運転中である冷却塔を運転停止させ（ステップ S B 1 2）、処理を終了する。

40

【0059】

以上、説明してきたように、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムによれば、冷却水温度を考慮し冷却塔を起動または停止させる。これにより、冷却水を所定の範囲内で直接的に制御することができ、冷却水系統および冷凍機を安定して運転することが可能となる。

【0060】

〔第 3 実施形態〕

以下、本発明の第 3 実施形態に係る冷却塔制御装置 4 によって実行される処理について、図 8 を用いて説明する。

50

本実施形態は、上記した第1実施形態に冷却水バイパス弁の開度を考慮した冷却塔の停止の処理を追加したものである。その他の点については第1実施形態と同様であるので、説明は省略する。

まず、冷却塔制御装置4は、冷却塔の起動指令を受信すると、全台数の冷却塔を起動させる（ステップSC1）。これにより、冷却塔3a、3b、3cは起動し、ファンが回転することにより、冷却水の冷却が開始される。

【0061】

次に、各冷却塔3a、3b、3cの起動が完了すると、冷却塔制御装置4は、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数制御を開始する（ステップSC2）。これにより、冷却塔出口温度 T_o が設定温度となるように、各冷却塔3a、3b、3cのファンの回転数が制御されることとなる。本実施形態では、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数は同じ回転数に制御される。

10

【0062】

次に、冷却塔制御装置4は、冷却水バイパス弁13の開度が予め設定されている指定開度以上である状態が所定期間維持されているか否かを判定する（ステップSC3）。ここで、指定開度とは、冷却塔強制停止の基準となる所定の閾値である。

この結果、冷却水バイパス弁13の開度が指定開度以上である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を1台停止させ（ステップSC4）、ステップSC10に進む。

【0063】

一方、上記ステップSC3において、冷却水バイパス弁13の開度が指定開度以上である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップSC3において「NO」）、冷却塔制御装置4は、ファンの回転数が予め設定されている最低回転数以下である状態が所定期間（例えば、60sec）維持されているか否かを判定する（ステップSC5）。ここで、最低回転数とは、極端に低い回転数での運転を防止するために、一般的に設定されている下限回転数である。また、この下限回転数に任意のマージンを持たせた値としてもよい。

20

この結果、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を1台停止させ（ステップSC4）、ステップSC10に進む。

【0064】

一方、ステップSC5において、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップSC5において「NO」）、運転停止中の冷却塔があるか否かを判定する（ステップSC6）。この結果、運転停止中の冷却塔がない場合には、ステップSC1に戻り、運転停止中の冷却塔がある場合には、運転中の冷却塔台数に1台加算した台数の冷却塔を最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する（ステップSC7）。

30

【0065】

次に、冷却塔全体に対する要求冷却能力がステップSC7において推定した冷却能力以上である状態が、所定期間（例えば、300sec）維持されているか否かを判定する（ステップSC8）。この結果、上記状態が所定期間維持されている場合には、運転停止中である冷却塔のうち、1台の冷却塔を追加起動させ（ステップSC9）、ステップSC10に進む。

40

一方、上記ステップSC8において、上記状態が所定期間維持されていないと判定した場合には、ステップSC10に進む。

ステップSC10では、運転停止指令を受信したか否かを判定し、受信していなかった場合には、ステップSC3に戻り、上記処理を繰り返し行う。一方、運転停止指令を受信した場合には、運転中である冷却塔を運転停止させ（ステップSC11）、処理を終了する。

【0066】

以上、説明してきたように、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムによれば、冷却水バイパス弁13を考慮し冷却塔を停止させる。これにより

50

、冷却塔の非効率な過剰運転を回避することができ、冷却塔の消費電力を抑制することが可能となる。

【0067】

〔第4実施形態〕

以下、本発明の第4実施形態に係る冷却塔制御装置4によって実行される処理について、図9を用いて説明する。

本実施形態は、上記した第1実施形態に冷却塔の劣化を考慮した冷却塔の起動の処理を追加したものである。その他の点については第1実施形態と同様であるので、説明は省略する。

まず、冷却塔制御装置4は、冷却塔の起動指令を受信すると、全台数の冷却塔を起動させる（ステップSD1）。これにより、冷却塔3a、3b、3cは起動し、ファンが回転することにより、冷却水の冷却が開始される。

10

【0068】

次に、各冷却塔3a、3b、3cの起動が完了すると、冷却塔制御装置4は、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数制御を開始する（ステップSD2）。これにより、冷却塔出口温度Toが設定温度となるように、各冷却塔3a、3b、3cのファンの回転数が制御されることとなる。本実施形態では、各冷却塔3a、3b、3cが備えるファンの回転数は同じ回転数に制御される。

【0069】

次に、冷却塔制御装置4は、ファンの回転数が予め設定されている最低回転数以下である状態が所定期間（例えば、60sec）維持されているか否かを判定する（ステップSD3）。ここで、最低回転数とは、極端に低い回転数での運転を防止するために、一般的に設定されている下限回転数である。また、この下限回転数に任意のマージンを持たせた値としてもよい。

20

この結果、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を1台停止させ（ステップSD4）、ステップSD10に進む。

【0070】

一方、ステップSD3において、ファンの回転数が最低回転数以下である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には（ステップSD3において「NO」）、運転停止中の冷却塔があるか否かを判定する（ステップSD5）。この結果、運転停止中の冷却塔がない場合には、ステップSD1に戻り、運転停止中の冷却塔がある場合には、運転中の冷却塔台数に1台加算した台数の冷却塔を最低回転数で運転させたときの冷却能力を推定する（ステップSD6）。

30

【0071】

次に、冷却塔全体に対する要求冷却能力がステップSD6において推定した冷却能力以上である状態が、所定期間（例えば、300sec）維持されているか否かを判定する（ステップSD7）。この結果、上記状態が所定期間維持されている場合には、運転停止中である冷却塔のうち、1台の冷却塔を追加起動させ（ステップSD8）、ステップSD10に進む。

40

一方、上記ステップSD7において、冷却塔全体に対する要求冷却能力が推定冷却能力以上である状態が所定期間維持されていないと判定した場合には、冷却塔制御装置4は、ファンの回転数が予め設定されている指定回転数以上である状態が所定期間（例えば、60sec）維持されているか否かを判定する（ステップSD9）。ここで、指定回転数とは、冷却塔性能が劣化した場合に高い回転数での運転の継続を防止するために、劣化を判定する値として設定されている回転数である。

この結果、ファンの回転数が指定回転数以上である状態が所定期間維持されていた場合には、冷却塔を1台追加起動させ（ステップSD8）、ステップSD10に進む。

一方、上記ステップSD9において、上記状態が所定期間維持されていないと判定した場合には、ステップSD10に進む。

ステップSD10では、運転停止指令を受信したか否かを判定し、受信していなかった

50

場合には、ステップ S D 3 に戻り、上記処理を繰り返し行う。一方、運転停止指令を受信した場合には、運転中である冷却塔を運転停止させ（ステップ S D 1 1）、処理を終了する。

【0072】

以上、説明してきたように、本実施形態に係る冷却塔制御装置、冷却塔制御方法、及び熱源システムによれば、冷却塔の劣化を考慮し冷却塔を起動させる。これにより、高いファン回転数の状態での非効率な運転が継続されるのを回避することができ、冷却塔の消費電力を抑制することが可能となる。

【0073】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更なども含まれる。

10

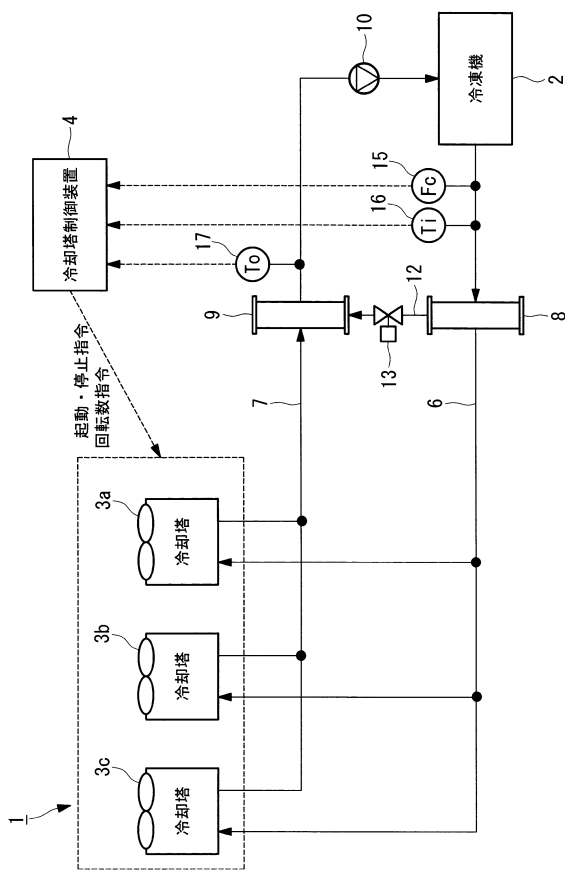
【符号の説明】

【0074】

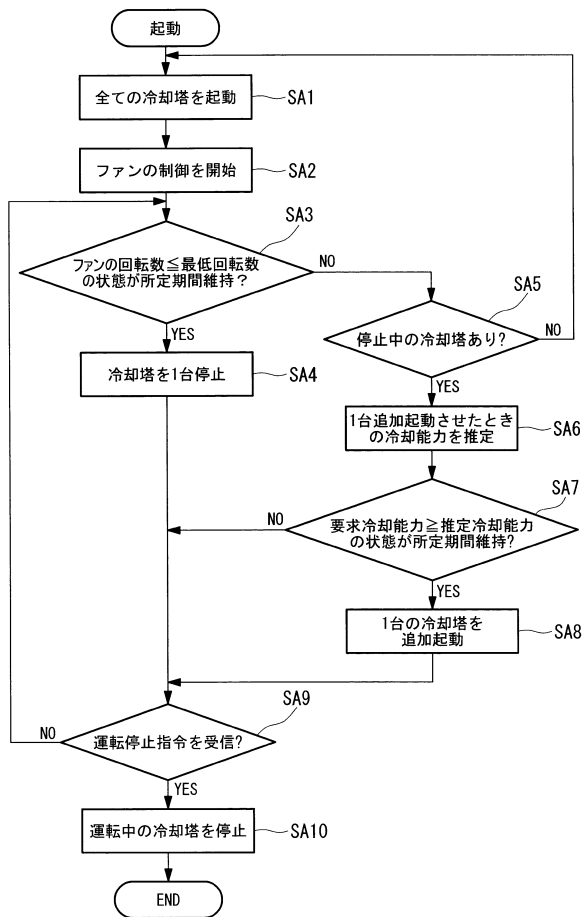
- 1 熱源システム
- 2 冷凍機
- 3 a、3 b、3 c 冷却塔
- 4 冷却塔制御装置
- 6 往き配管
- 7 還り配管
- 8 送水ヘッダ
- 9 還水ヘッダ
- 10 冷却水ポンプ
- 12 バイパス配管
- 13 冷却水バイパス弁（バイパス弁）
- 15 流量センサ
- 16、17 温度センサ

20

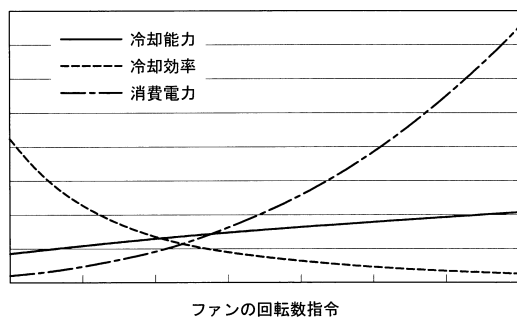
【図 1】



【図 2】



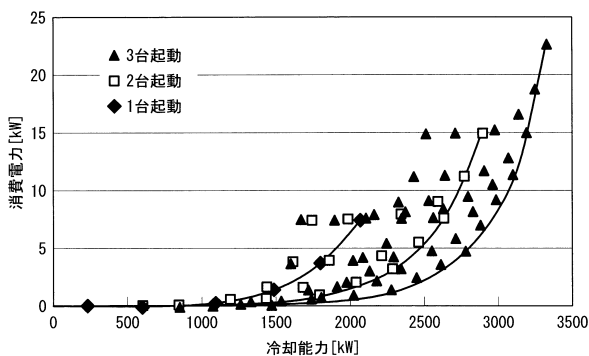
【図 3】



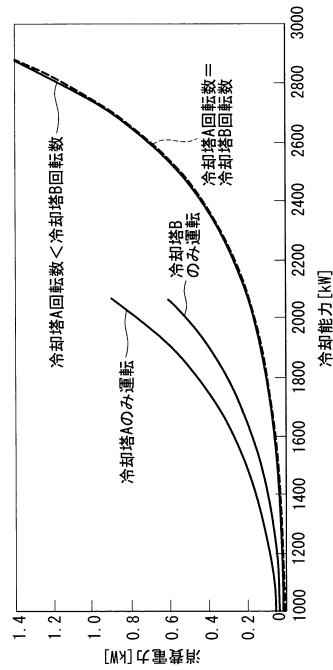
【図 5】

項目	定格条件		
	冷却塔A	冷却塔B	単位
冷却塔入口温度	37	37	℃
冷却塔出口温度	32	32	℃
外気湿球温度	27	27	℃
冷却水流量	355.5	355.5	m ³ /h
冷却塔風量	2988	2988	m ³ /min
消費電力	9	6	kW

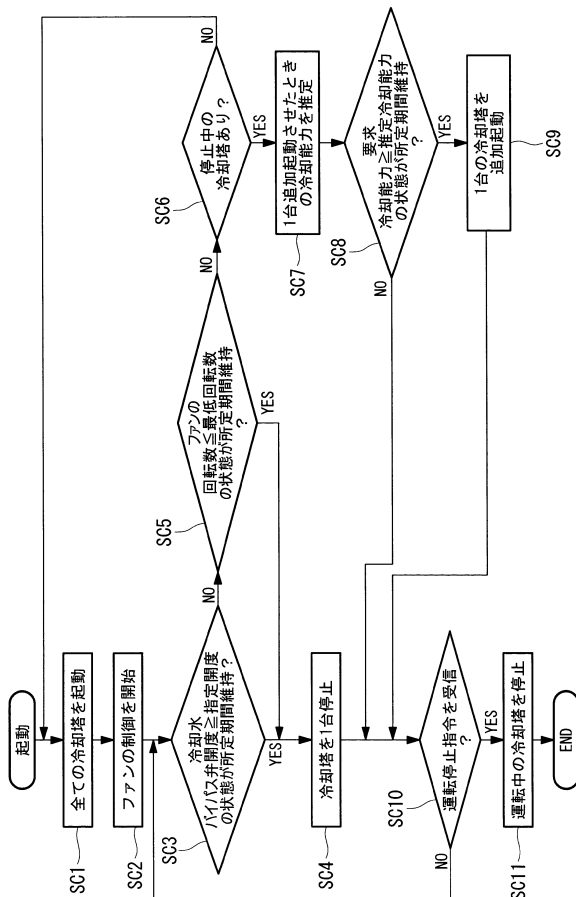
【図 4】



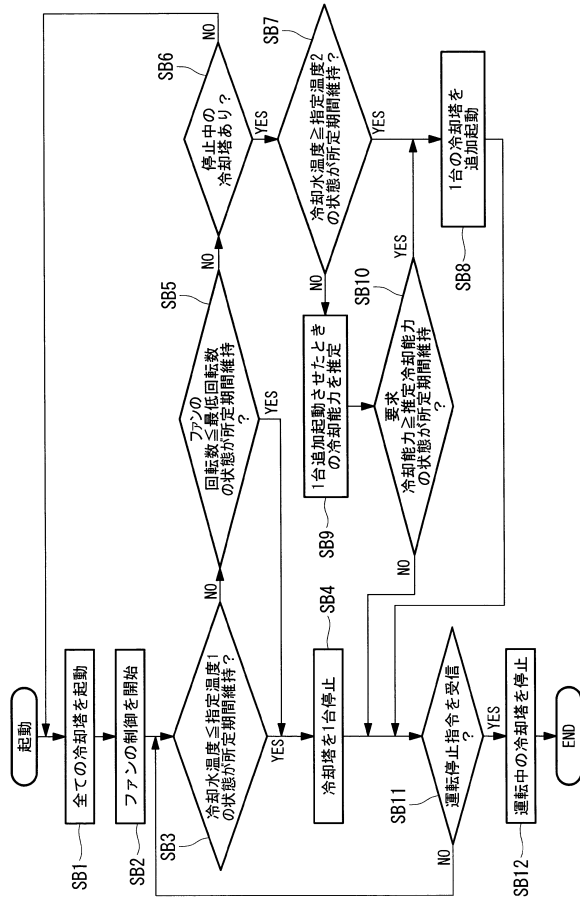
【図 6】



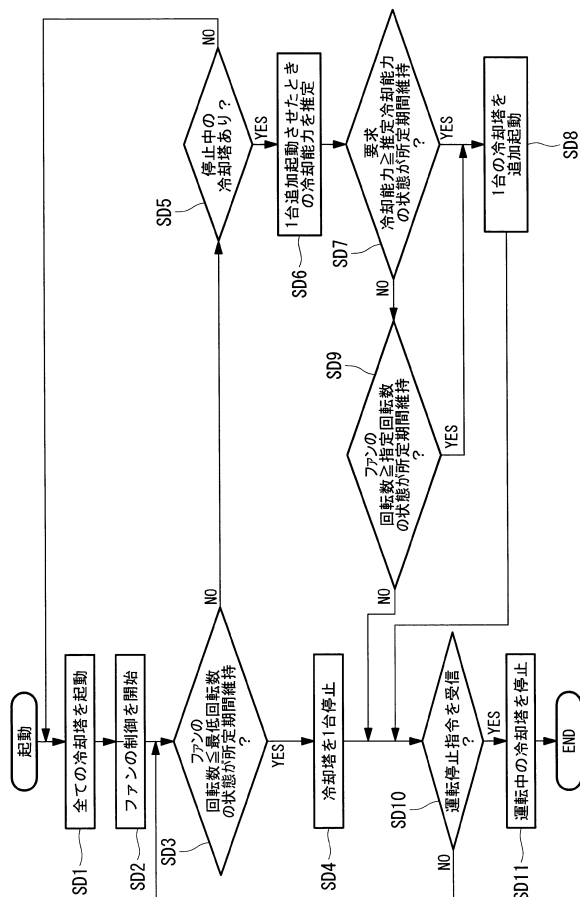
【図 8】



【图 7】



【图 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 松尾 実
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 大内 敏昭
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 横溝 顕範

- (56)参考文献 特開昭54-067251 (JP, A)
特開昭60-042597 (JP, A)
特開2007-333361 (JP, A)
特開平05-141897 (JP, A)
特開平04-313695 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 2 8 F | 2 7 / 0 0 |
| F 2 4 F | 1 1 / 0 2 |