

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6408972号
(P6408972)

(45) 発行日 平成30年10月17日 (2018.10.17)

(24) 登録日 平成30年9月28日 (2018.9.28)

(51) Int.Cl. F I
F 2 8 F 27/00 (2006.01)
 F 2 8 F 27/00 5 O 1 A
 F 2 8 F 27/00 5 O 1 D

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-197750 (P2015-197750)	(73) 特許権者	000109428
(22) 出願日	平成27年10月5日 (2015.10.5)		日本エア・リキード株式会社
(65) 公開番号	特開2017-72269 (P2017-72269A)		東京都港区芝浦三丁目4番1号 グランパ ークタワー
(43) 公開日	平成29年4月13日 (2017.4.13)	(74) 代理人	110000729
審査請求日	平成29年8月24日 (2017.8.24)		特許業務法人 ユニアス国際特許事務所
		(72) 発明者	金田 拓也
			東京都港区芝浦三丁目4番1号 グランパ ークタワー 日本エア・リキード株式会社 内
		審査官	庭月野 恭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却塔制御システムおよび冷却塔制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御システムであって、

冷却ファンと、前記冷却ファンを回転させる駆動源である回転駆動部と、前記機器類の熱交換部を通過した循環冷却水を前記冷却塔に供給する供給部と、前記冷却ファンによる送風によって冷却された循環冷却水を貯留する貯留部とを有する、複数の冷却塔と、

前記貯留部から前記循環冷却水を前記機器類の熱交換部に送り込む複数のポンプと、

前記貯留部と前記ポンプ、前記ポンプと前記機器類の熱交換部、前記熱交換部と前記冷却塔の供給部とをそれぞれつなぐ配管を有し、前記循環冷却水が流れる循環ラインと、

前記熱交換部よりも上流位置かつ前記貯留部よりも下流位置の前記循環ライン内の前記循環冷却水または前記貯留部内あるいは前記ポンプ内の前記循環冷却水の温度を計測する温度計測部と、

前記機器類の第1負荷の期間において、前記温度計測部で計測された温度 T_{E1} と外気湿球温度 T_{E0} との差の絶対値 T_E が前記第1負荷に対応した第1アプローチ温度 AP_1 以内になるように、それぞれの前記回転駆動部で前記冷却ファンの回転数を制御する第1負荷制御部と、

前記第1負荷よりも高負荷である第2負荷の期間において、前記温度計測部で計測された温度 T_{E1} と外気湿球温度 T_{E0} との差の絶対値 T_E が、前記第2負荷に対応した前記第1アプローチ温度 AP_1 よりも低い値の第2アプローチ温度 AP_2 以内になるように

10

20

、それぞれの前記回転駆動部で前記冷却ファンの回転数を制御する第2負荷制御部と、を有する冷却塔制御システム。

【請求項2】

前記第1負荷制御部は、前記機器類の負荷が前記第1負荷から前記第2負荷へ切り替わる前に、前記第1アプローチ温度AP1から前記第2アプローチ温度AP2へ切り替えて、前記差の絶対値TEが前記第2アプローチ温度AP2以内になるように制御し、次いで前記第1負荷制御部から前記第2負荷制御部が実行され、および/または、

前記第2負荷制御部は、前記機器類の負荷が前記第2負荷から前記第1負荷へ切り替わる前に、前記第2アプローチ温度AP2から前記第1アプローチ温度AP1へ切り替えて、前記差の絶対値TEが前記第1アプローチ温度AP1以内になるように制御し、次いで前記第2負荷制御部から前記第1負荷制御部が実行される、請求項1に記載の冷却塔制御システム。

10

【請求項3】

前記複数の冷却塔の内、稼働中の冷却塔と非稼働中の冷却塔がある場合において、

前記第1負荷制御部および/または前記第2負荷制御部は、前記稼働中の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が上限閾値を超えた場合に、当該回転数が上限閾値を超える前における当該稼働中の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔と新たに稼働される冷却塔の冷却ファンとの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該回転数が上限閾値を超える前における当該稼働中の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔と当該新たに稼働される冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定する、請求項1または2に記載の冷却塔制御システム。

20

【請求項4】

前記複数の冷却塔の内、稼働中の冷却塔が2以上である場合において、

前記第1負荷制御部および/または前記第2負荷制御部は、前記稼働中の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が下限閾値未満になった場合に、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該稼働中の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および当該回転数が下限閾値未満になる前における当該稼働中の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、当該稼働中の冷却塔のうちいずれか一つの冷却塔の冷却ファンの停止および循環冷却水の供給を停止する、請求項1～3のいずれか1項に記載の冷却塔制御システム。

30

【請求項5】

前記外気湿球温度TE0が循環冷却水Wの最低温度の設定値よりも所定値以上低い場合に、前記循環冷却水Wの温度TE1が当該循環冷却水の最低温度の設定値になるように複数の冷却塔を制御する、請求項1～4のいずれか1項に記載の冷却塔制御システム。

【請求項6】

機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御方法であって、

40

前記機器類の第1負荷の期間において、前記機器類との熱交換と前記冷却塔の貯留部との間のいずれかの位置における循環冷却水の温度TE1と外気湿球温度TE0との差の絶対値TEが、前記第1負荷に対応した第1アプローチ温度AP1以内になるように前記冷却塔の冷却ファンの回転数を制御する第1負荷制御工程と、

前記第1負荷よりも高負荷である第2負荷の期間において、前記機器類との熱交換と前記冷却塔の貯留部との間のいずれかの位置における循環冷却水の温度TE1と外気湿球温度TE0との差の絶対値TEが、前記第2負荷に対応した前記第1アプローチ温度AP1よりも低い値の第2アプローチ温度AP2以内になるように前記冷却塔の冷却ファンの回転数を制御する第2負荷制御工程と、含む冷却塔制御方法。

50

【請求項 7】

前記第 1 負荷制御工程は、前記機器類の負荷が前記第 1 負荷から前記第 2 負荷へ切り替わる前に、前記第 1 アプローチ温度 A P 1 から前記第 2 アプローチ温度 A P 2 へ切り替えて、前記差の絶対値 T E が前記第 2 アプローチ温度 A P 2 以内になるように制御し、次いで前記第 1 負荷制御工程から前記第 2 負荷制御工程へ移行するように構成され、および/または、

前記第 2 負荷制御工程は、前記機器類の負荷が前記第 2 負荷から前記第 1 負荷へ切り替わる前に、前記第 2 アプローチ温度 A P 2 から前記第 1 アプローチ温度 A P 1 へ切り替えて、前記差の絶対値 T E が前記第 1 アプローチ温度 A P 1 以内になるように制御し、次いで前記第 2 負荷制御工程から前記第 1 負荷制御工程へ移行するように構成される、請求項 6 に記載の冷却塔制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御システムおよびその冷却塔制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、複数の冷却塔(例えば 3 台)が設置され、この冷却塔で冷却された冷却水がポンプにより機器類の熱交換器へ供給され、そこでガス等と熱交換されて冷却塔に戻るシステムがある。低コストの夜間電力を使用するため機器類の負荷は夜間(例えば 22 時~翌 8 時)が高く、昼間(例えば 8 時~22 時)は機器類の負荷は低い。冷却水を一定温度にするために、複数の冷却塔の冷却ファンをそれぞれ稼働して温度調整を行う。この複数の冷却ファンのすべてがインバータ制御され、機器類の負荷が低い場合(昼間)や外気温が低い場合などに回転数を落とすように制御している。回転数を落とすことで風量抑制および電力抑制を行う。しかしながら、インバータ制御の場合に、春秋時期において、冷却水温度を例えば 20 でコントロールするとき、昼間に外気温度上昇でファン出力が 100% となっても水温を 20 にコントロールできないことがある。一方、夜間は外気温度が下がるためファン出力が 100% 以下で水温を 20 にコントロールできる。すなわち、機器類の負荷が低い昼間でもファンを 100% の出力で運転しなければならない。また、夏時期において、冷却水温度を例えば 15 でコントロールするとき、外気温が常に高い状態であるため水温を 15 にコントロールすることができず、昼夜問わず常にファンを 100% の出力で運転しなければならない。すなわち、機器類の負荷が低い昼間であってもファンを 100% の出力で運転しなければならない。また、冬時期において、冷却水温度を例えば 25 でコントロールするとき、外気温が低いので常に水温を 25 にコントロールできる。機器類の負荷が低い昼間の場合には、3 台のファンが閾値(最下限回転数)に達すると 1 台停止して 2 台の運転になり、2 台のファンがさらに閾値に達すると 1 台停止して 1 台のみの運転に切り替わる。

20

30

【0003】

40

特許文献 1 には、冷却塔出口温度が設定温度になるように、複数の冷却塔のファンの回転数を制御することが記載されている。また、冷却塔出口温度が指定温度 1 (冷却塔強制終了の閾値であり、冷凍機により決定される冷却水温度の下限値に基づく温度) 以下である状態が所定期間維持された場合に、冷却塔を 1 台停止させることが記載されている。また、冷却塔出口温度が指定温度 2 (冷却塔強制追加起動の閾値であり、外気湿球温度または外気乾球温度に任意のマーヅンを持たせた値) 以上である状態が所定期間維持された場合に、冷却塔を 1 台追加することが記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、熱源システム全体の効率向上の観点から、外気湿球温度とターボ冷凍機の部分負荷率に基づいて予め設定されている最適冷却塔容量関係を参照して冷却塔の運

50

転台数を決定することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-210178号公報

【特許文献2】特開2010-236728号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記インバータ制御では、春夏秋において、機器類の負荷が低い昼間でも3台のファンを100%の出力で運転しなければならず、その結果電力消費量が高くなっている。

10

【0007】

上記特許文献1は、稼働台数を決めるために、冷却塔出口温度が指定温度1（冷凍機の冷却水温度の下限值に基づく温度）と指定温度2（外気湿球温度）の2つの異なるパラメータで判断している。また、特許文献2は、外気湿球温度とターボ冷凍機の部分負荷率と最適冷却塔容量関係から冷却塔の運転台数を判断している。従って、いずれも制御方法が複雑であり、より簡単に複数の冷却塔における冷却水の温度コントロールをしたいとの要求がある。

【0008】

また、機器類の負荷に応じて必要な冷却水量が異なるため、負荷に応じた冷却塔の運転台数を制御することが要求されている。特許文献2は冷凍機の部分負荷率を判断材料にしているものの上記のとおり判断条件が複雑である。また、上記特許文献1、2ともに、フィードバック制御を基本としているため、応答特性が遅く、極端な負荷変動時には一時的であっても高い水温上昇が生じてしまう。

20

【0009】

本発明は、上記現状に鑑みてなされたものであって、より簡単な方法で、機器類の負荷にも対応した冷却水の温度コントロールを可能とする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御システムおよびその冷却塔制御方法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】

【0010】

30

本発明は、機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御システムであって、

冷却ファンと、前記冷却ファンを回転させる駆動源である回転駆動部と、前記機器類の熱交換部を通過した循環冷却水を前記冷却塔に供給する供給部と、前記冷却ファンによる送風によって冷却された循環冷却水を貯留する貯留部とを有する、複数の冷却塔と、

前記貯留部から前記循環冷却水を前記機器類の熱交換部に送り込む複数のポンプと、

前記貯留部と前記ポンプ、前記ポンプと前記機器類の熱交換部、前記熱交換部と前記冷却塔の供給部とをそれぞれつなぐ配管を有し、前記循環冷却水が流れる循環ラインと、

前記熱交換部よりも上流位置かつ前記貯留部よりも下流位置の前記循環ライン内の前記循環冷却水または前記貯留部内あるいは前記ポンプ内の前記循環冷却水の温度を計測する温度計測部と、

40

機器類の第1負荷期間において、前記温度計測部で計測された温度 T_E1 と外気湿球温度 T_E0 との差の絶対値 T_E ($T_E = ABS(T_E0 - T_E1)$) が、第1負荷に対応した第1アプローチ温度 $AP1$ 以内になるように、それぞれの前記回転駆動部で前記冷却ファンの回転数を制御する第1負荷制御部と、

前記第1負荷よりも高負荷である機器類の第2負荷期間において、前記温度計測部で計測された温度 T_E1 と外気湿球温度 T_E0 との差の絶対値 T_E が、前記第2負荷に対応した前記第1アプローチ温度 $AP2$ よりも低い値の第2アプローチ温度 $AP2$ 以内になるように、それぞれの前記回転駆動部で前記冷却ファンの回転数を制御する第2負荷制御部と、を有する。

50

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、熱交換部よりも上流位置の循環冷却水の温度 $T E 1$ と外気湿球温度 $T E 0$ との差の絶対値 $T E$ が、機器類の負荷（例えば、昼間の第 1 負荷 < 夜間の第 2 負荷）に対応したアプローチ温度 $A P$ （第 1 アプローチ温度 $A P 1$ > 第 2 アプローチ温度 $A P 2$ ）以内になるように、それぞれの冷却ファンの回転数を制御することで、上記特許文献 1、2 よりも簡単な方法で、機器類の負荷にも対応した冷却水の温度コントロールが可能になる。すなわち、昼間と夜間とで機器類の負荷が大きく変わる場合に、昼間と夜間とでアプローチ温度を変えることで、昼間と夜間のそれぞれの期間における冷却ファンの出力をほとんど変化なくコントロールでき、通常運転時において冷却ファンを好適にコントロールできる。

10

【 0 0 1 2 】

「外気湿球温度」は、測定場所は特に制限されないが、例えば、冷却塔内、冷却塔外部、冷却塔近傍、冷却塔制御システムのいずれかの位置、冷却塔制御システムの近傍などで測定された外気湿球温度である。外気湿球温度は、例えば、湿度センサーで測定できる。

「第 1 負荷」 < 「第 2 負荷」の関係であるが、例えば、第 2 負荷の 1 0 0 としたときに第 1 負荷は 5 ~ 2 0 が例示される。

「第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 」 > 「第 2 アプローチ温度 $A P 2$ 」の関係であるが、例えば、アプローチ温度は、機器類の負荷や外気湿球温度に応じて設定される閾値であって、「第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 」は例えば 2 ~ 7、好ましくは 3 ~ 5 であり、「第 2 アプローチ温度 $A P 2$ 」は第 1 アプローチ温度 $A P 1$ よりも高い値であり例えば 3 ~ 8、好ましくは 5 ~ 7 である。第 1 アプローチ温度と第 2 アプローチ温度の差は、例えば 0 . 5 ~ 2 . 0 の範囲である。

20

【 0 0 1 3 】

上記発明の一実施形態として、

前記第 1 負荷制御部は、前記機器類の負荷が第 1 負荷から第 2 負荷へ切り替わる前（例えば、負荷切替タイミングの所定時間前）に、前記第 1 アプローチ温度 $A P 1$ から前記第 2 アプローチ温度 $A P 2$ へ切り替えて、前記差の絶対値 $T E$ が前記第 2 アプローチ温度 $A P 2$ 以内になるように制御し、次いで第 1 負荷制御部から第 2 負荷制御部が実行される。

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、例えば、昼間の低負荷期間から夜間の高負荷期間に切り替わる前にアプローチ温度を下げることで、予め冷却ファンの回転数を上げ風量を大きくしておくことで水温上昇を効果的に抑制できる。これに対して従来のインバータ制御やフィードバック制御では、低負荷から高負荷に切り替わるタイミングにおいて水温が上がった後に冷却ファンの出力が上がるため一時的に水温の高い時間帯が存在していた。本構成では予めアプローチ温度を変えるフィードフォワード制御を採用することで水温の極端な温度勾配を生じさせることがない。

30

【 0 0 1 5 】

上記発明の一実施形態として、

前記第 2 負荷制御部は、前記機器類の負荷が第 2 負荷から第 1 負荷へ切り替わる前（例えば、負荷切替タイミングの所定時間前）に、前記第 2 アプローチ温度 $A P 2$ から前記第 1 アプローチ温度 $A P 1$ へ切り替えて、前記差の絶対値 $T E$ が前記第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 以内になるように制御し、次いで第 2 負荷制御部から第 1 負荷制御部が実行される。

40

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、例えば、夜間の高負荷期間から昼間の低負荷期間に切り替わる前にアプローチ温度を上げることで、予め冷却ファンの回転数を下げて必要以上に循環冷却水を冷却させることが無いので動力を抑制できる（省エネルギー化にできる）。

【 0 0 1 7 】

上記「負荷切替タイミングの所定時間」は、外気湿球温度 $T E 0$ に基づいて設定されてもよく、例えば 1 ~ 2 0 分の範囲が例示される。

50

【 0 0 1 8 】

上記発明の一実施形態として、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、稼働中の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が上限閾値を超えた場合に、当該回転数が上限閾値を超える前における当該稼働中の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔と新たに稼働される冷却塔の冷却ファンとの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該回転数が上限閾値を超える前における当該稼働中の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔と新たに稼働される冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定する。複数の冷却塔または稼働中の冷却塔は 2 台以上であればよく制限されない。

10

【 0 0 1 9 】

上記発明の一実施形態として、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、稼働中の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が下限閾値未満になった場合に、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該稼働中の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および当該回転数が下限閾値未満になる前における当該稼働中の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、いずれか一つの冷却塔の冷却ファンの停止および循環冷却水の供給を停止する。複数の冷却塔または稼働中の冷却塔は 2 台以上であればよく制限されない。

20

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、例えば所定期間において水温一定で推移している場合に、外気湿球温度 T_{E0} が低下し、冷却ファンの回転数が下限閾値に低下したとき 1 台停止する。このとき、残りの冷却ファンで、1 台停止する前の冷却ファンと同じ風量に設定する。停止した冷却ファンの冷却塔の供給部の仕切弁を閉じて循環冷却水を供給させないため、同じ水量に対し同じ風量を作用させるため冷却性能は同じであり、水温の変化は生じない。

【 0 0 2 1 】

「上限閾値」は、例えば、1 台の冷却ファンの風量となる動力が、同じ風量を実現する 2 台の冷却ファンの動力より大きくなるタイミングの回転数である。すなわち、1 台で上限閾値を超える回転数で運転するよりも、2 台で運転したほうが必要動力が小さく省エネルギー化になる。

30

「下限閾値」は、例えば、水を冷却するために必要な風量を実現する回転数である。例えば、2 台の冷却ファンの合計風量を実現する動力が、同じ合計風量を実現する 1 台の冷却ファンの動力より大きくなるタイミングの回転数である。すなわち、2 台で下限閾値未満の回転数で運転するよりも、1 台で運転したほうが必要動力が小さく省エネルギー化になる。また、下限閾値は、回転駆動部が制御可能な最低保証回転数に基づいて設定されてもよい。風量は回転数の 2 乗に比例し、動力は回転数の 3 乗に比例することからも分かる。

【 0 0 2 2 】

冷却塔を一つ増加させた場合に、増加前の風量合計と増加後の風量合計が同じであって、増加後の冷却ファンのそれぞれの風量が同じであることが好ましい。冷却塔を一つ減少させた場合に、減少前の風量合計と減少後の風量合計が同じであって、減少後の冷却ファンのそれぞれの風量が同じであることが好ましい。

40

【 0 0 2 3 】

冷却塔を一つ増加させた場合に、増加前の循環冷却水の合計量と増加後の循環冷却水の合計量が同じであって、増加後の冷却塔のそれぞれに供給される循環冷却水の量が同じであることが好ましい。冷却塔を一つ減少させた場合に、減少前の循環冷却水の合計量と減少後の循環冷却水の合計量が同じであって、減少後の冷却塔のそれぞれに供給される循環冷却水の量が同じであることが好ましい。

50

【 0 0 2 4 】

上記各供給部が備える仕切弁は、自動開閉弁であることが好ましい。第 1、第 2 負荷制御部によって、自動開閉弁の ON/OFF を制御することが好ましい。

【 0 0 2 5 】

上記発明の一実施形態として、前記外気湿球温度 T_{E0} が循環冷却水 W の最低温度の設定値よりも所定値以上低い場合に、循環冷却水 W の温度 T_{E1} が当該循環冷却水の最低温度の設定値になるように複数の冷却塔を制御する。

【 0 0 2 6 】

この構成によれば、例えば、夜間には外気湿球温度が極端に下がるため、循環冷却水はその最低温度の設定値での制御を外気湿球温度ではし難い。そのため、外気湿球温度が極端に低い場合には、最低温度の設定値になるような制御方法を採用する。

【 0 0 2 7 】

上記発明の一実施形態として、例えば、前記複数の冷却塔が 2 塔である場合または前記複数の冷却塔のうち 2 塔のみが稼働可能な場合において、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されており、第 2 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給が停止している場合に、当該第 1 の冷却塔の冷却ファンの回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量と、第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の量と、第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、および / または、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1、第 2 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されている場合に、当該第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンのうちいずれか一方または両方の回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量とが同じくなるように設定し、および当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の量と、第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、第 2 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給を停止する。

【 0 0 2 8 】

上記発明の一実施形態として、例えば、前記複数の冷却塔が 3 塔である場合または前記複数の冷却塔のうち 3 塔のみが稼働可能な場合において、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されており、第 2、第 3 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給が停止している場合に、当該第 1 の冷却塔の冷却ファンの回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量と、第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の量と、第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、および / または、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1、第 2 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されており、第 3 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給が停止している場合に、前記第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一方または両方の回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、第 1、第 2、第 3 の冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じくなるように設定し、および、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、第 1、第 2、第 3 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、および / または、

10

20

30

40

50

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1、第 2、第 3 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されている場合に、当該第 1、第 2、第 3 の冷却塔の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2、第 3 の冷却塔の冷却ファンの合計風量と、第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2、第 3 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、第 3 の冷却塔の冷却ファンの停止および循環冷却水の供給を停止し、および / または、

前記第 1 および / または第 2 負荷制御部は、第 1、第 2 の冷却塔において冷却ファンが回転し循環冷却水が供給されており、第 3 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給が停止している場合に、前記第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンのうちいずれか一方または両方の回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 の冷却塔のファンの合計風量と、第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量とが同じになるように設定し、および当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、第 2 の冷却塔の冷却ファンの回転および循環冷却水の供給を停止する。

【 0 0 2 9 】

上記「第 1、第 2 の冷却塔の冷却ファンの合計風量」において、第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量と第 2 の冷却塔の冷却ファンの風量の設定比は 1 : 1 が好ましい。装置の個体差や誤差などの影響で実際の回転数、風量が厳密に同じでなくともその目的に含まれることはいうまでもない。

上記「第 1、第 2、第 3 の冷却塔の冷却ファンの合計風量」において、第 1 の冷却塔の冷却ファンの風量と第 2 の冷却塔の冷却ファンの風量と第 3 の冷却塔の冷却ファンの風量の設定比は 1 : 1 : 1 が好ましい。装置の固体差や誤差などの影響で実際の回転数、風量が厳密に同じでなくともその目的に含まれることはいうまでもない。

【 0 0 3 0 】

上記「第 1、第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量」において、第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水量と第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水量との設定比は 1 : 1 が好ましい。それぞれの供給部の仕切り弁を開放しても、個体差や誤差などの影響で実際の供給量が厳密に同じでなくともその目的に含まれることはいうまでもない。

上記「第 1、第 2、第 3 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水の合計量」において、第 1 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水量と第 2 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水量と第 3 の冷却塔の供給部から供給される循環冷却水量との設定比は 1 : 1 : 1 が好ましい。それぞれの供給部の仕切り弁を開放しても、個体差や誤差などの影響で実際の供給量が厳密に同じでなくともその目的に含まれることはいうまでもない。

【 0 0 3 1 】

他の発明は、機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御方法であって、

機器類の第 1 負荷期間において、前記機器類との熱交換と前記冷却塔の貯留部との間のいずれかの位置における循環冷却水の温度 $T_E 1$ と外気湿球温度 $T_E 0$ との差の絶対値 T_E が、前記第 1 負荷に対応した第 1 アプローチ温度 $A_P 1$ 以内になるように前記冷却ファンの回転数を制御する第 1 負荷制御工程と、

前記第 1 負荷よりも高負荷である第 2 負荷期間において、前記機器類との熱交換と前記冷却塔の貯留部との間のいずれかの位置における循環冷却水の温度 $T_E 1$ と外気湿球温度 $T_E 0$ との差の絶対値 T_E が、前記第 2 負荷に対応した前記第 1 アプローチ温度 $A_P 2$ よりも低い値の第 2 アプローチ温度 $A_P 2$ 以内になるように前記冷却ファンの回転数を制御する第 2 負荷制御工程と、含む。

【0032】

上記発明の一実施形態として、

前記第1負荷制御工程は、前記機器類の負荷が前記第1負荷から前記第2負荷へ切り替わる前に、前記第1アプローチ温度AP1から前記第2アプローチ温度AP2へ切り替えて、前記差の絶対値TEが前記第2アプローチ温度AP2以内になるように制御し、次いで第1負荷制御工程から第2負荷制御工程へ移行するように構成され、および/または、

前記第2負荷制御工程は、前記機器類の負荷が前記第2負荷から前記第1負荷へ切り替わる前に、前記第2アプローチ温度AP2から前記第1アプローチ温度AP1へ切り替えて、前記差の絶対値TEが前記第1アプローチ温度AP1以内になるように制御し、次いで第2負荷制御工程から第1負荷制御工程へ移行するように構成される。

10

【0033】

上記発明の一実施形態として、前記外気湿球温度が所定値未満である場合に、前記第1および/または第2負荷制御工程は、前記複数の冷却塔のうち稼働可能な冷却塔の数を制限する。

【0034】

上記発明の一実施形態として、冷却塔制御方法は、さらに、

稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンの少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が上限閾値を超えた場合に、当該上限閾値を超えた場合の前における当該稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンの合計風量と、新たに稼働させた一つの冷却塔と当該稼働中の冷却塔(i+1)との冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該上限閾値を超えた場合の前における当該稼働中の冷却塔(i)の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該新たに稼働させた一つの冷却塔と当該稼働中の冷却塔(i+1)との供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定する稼働数増加工程と、および/または、

20

稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が下限閾値未満になった場合に、当該下限閾値未満になった場合の前における稼働中の冷却塔(i)のファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔(i-1)の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および当該下限閾値未満になった場合の前における稼働中の冷却塔(i)の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔(i-1)の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、いずれか一つの冷却塔の冷却ファンの停止および循環冷却水の供給を停止する稼働数減少工程と、を含む。

30

【0035】

「機器類」は、例えば、空気分離装置、N₂液化器、酸素プラントなどが挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】冷却塔制御システムの構成例を示す図である。

【図2】通常コントロール時の水温 - 冷却ファン稼働状況を示す図である。グラフの左目盛りは温度であり、右目盛りは負荷を示す。

40

【図3】負荷変動時の水温 - 冷却ファン稼働状況を示す図である。グラフの左目盛りは温度であり、右目盛りは負荷を示す。

【図4】冷却ファンの停止制御を示す図である。グラフの左目盛りは温度であり、右目盛りは負荷を示す。

【図5】冬季における冷却塔の稼働状態の一例を示す図である。グラフの左目盛りは温度であり、右目盛りは負荷を示す。

【発明を実施するための形態】

【0037】

(冷却塔制御システム)

50

冷却塔制御システム 1 について図を参照しながら説明する。本実施形態では、3塔の冷却塔と、3 台の供給ポンプを有して構成されているが、本発明はこれに制限されない。

【0038】

第 1 冷却塔 1 1 は、第 1 冷却ファン 1 1 a と、第 1 冷却ファン 1 1 a を回転させる駆動源である第 1 モータ M 1 (回転駆動部に相当する)と、機器類の熱交換部 5 0 を通過した循環冷却水 W を第 1 冷却塔 1 1 に供給する第 1 供給部 (1 1 b、1 1 c)と、第 1 冷却ファン 1 1 a による送風によって冷却された循環冷却水 W を貯留する貯留部 1 4 とを有する。第 1 供給部は、第 1 配管 L 3 1 と、第 1 配管 L 3 1 に設けられる第 1 仕切弁 1 1 b と、第 1 配管 L 3 1 の先端側であって冷却塔内に設けられる複数のノズル 1 1 c を有する。

【0039】

第 2 冷却塔 1 2 は、第 2 冷却ファン 1 2 a と、第 2 冷却ファン 1 2 a を回転させる駆動源である第 2 モータ M 2 (回転駆動部に相当する)と、機器類の熱交換部 5 0 を通過した循環冷却水 W を第 2 冷却塔 1 2 に供給する第 2 供給部 (1 2 b、1 2 c)と、第 2 冷却ファン 1 2 a による送風によって冷却された循環冷却水 W を貯留する貯留部 1 4 とを有する。第 2 供給部は、第 2 配管 L 3 2 と、第 2 配管 L 3 2 に設けられる第 2 仕切弁 1 2 b と、第 2 配管 L 3 2 の先端側であって冷却塔内に設けられる複数のノズル 1 2 c を有する。

【0040】

第 3 冷却塔 1 3 は、第 3 冷却ファン 1 3 a と、第 3 冷却ファン 1 3 a を回転させる駆動源である第 3 モータ M 3 (回転駆動部に相当する)と、機器類の熱交換部 5 0 を通過した循環冷却水 W を第 3 冷却塔 1 3 に供給する第 3 供給部 (1 3 b、1 3 c)と、第 3 冷却ファン 1 3 a による送風によって冷却された循環冷却水 W を貯留する貯留部 1 4 とを有する。第 3 供給部は、第 3 配管 L 3 3 と、第 3 配管 L 3 3 に設けられる第 3 仕切弁 1 3 b と、第 3 配管 L 3 3 の先端側であって冷却塔内に設けられる複数のノズル 1 3 c を有する。

【0041】

本実施形態において、貯留部 1 4 は、第 1、第 2、第 3 冷却塔 1 1、1 2、1 3 で共用している構成である。なお、この構成制限されず、貯留部が冷却塔ごとに設けられていてもよい。この場合、それぞれの貯留部から供給ポンプに送られる前に循環冷却水 W が配管内で合流するか、バッファ槽 (いずれかの貯留部がバッファ槽を兼ねても良い) を設けてこのバッファ槽で循環冷却水 W を合流させるように構成してもよい。

【0042】

第 1、第 2、第 3 供給ポンプ P 1、P 2、P 3 は、貯留部 1 4 から循環冷却水 W を機器類の熱交換部 5 0 に送り込む。制御部 2 0 は、機器類の負荷に応じてあるいは冷却塔の稼働台数に応じてポンプ稼働台数を制限する制御を行うことができる。制御部 2 0 は、例えば、高負荷時には、供給ポンプを 3 台稼働させ、低負荷時には供給ポンプを 1 または 2 台稼働させることができる。

【0043】

循環ラインは、貯留部 1 4 と第 1 ~ 第 3 供給ポンプ P 1 ~ P 3 との間に配置され、かつ第 1 ~ 第 3 供給ポンプ P 1 ~ P 3 と機器類の熱交換部 5 0 との間に配置される供給配管 L 1 と、当該熱交換部 5 0 と第 1 ~ 第 3 冷却塔 1 1 ~ 1 3 の第 1 ~ 第 3 供給部との間に配置される戻り配管 L 2 を有し、それら配管 L 1、L 2 に循環冷却水 W が流れる。戻り配管 L 2 は、第 1 配管 L 3 1、第 2 配管 L 3 2、第 3 配管 L 3 3 へ分岐する。

【0044】

温度計測部 3 1 は、熱交換部 5 0 よりも上流位置でかつ貯留部 1 4 よりも下流位置の供給配管 L 1 の内の循環冷却水 W の水温を計測する。本実施形態では供給ポンプよりも下流で熱交換部 5 0 よりも上流側の位置の供給配管 L 1 を流れる循環冷却水 W の水温が計測される。温度計測部 3 1 は、リアルタイムに計測する方が好ましいが、所定のタイミングで間欠的に計測してもよい。温度計測部 3 1 は、計測された温度 T E 1 のデータを制御部 2 0 へ送る。

【0045】

湿球温度計測部 3 0 は、外気湿球温度 T E 0 を計測する。湿球温度計測部 3 0 は、リア

10

20

30

40

50

ルタイムに計測する方が好ましいが、温度計測部 3 1 と同じ所定のタイミングで間欠的に計測してもよい。湿球温度計測部 3 0 は、計測された外気湿球温度 $T E 0$ のデータを制御部 2 0 へ送る。湿球温度計測部 3 0 は、本システムが設置される場所のいずれかに設置される。なお、湿球温度計測部 3 0 は、熱源、多湿源などの外乱の影響が受けにくい場所に設置されることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

制御部 2 0 は、第 1 メモリ 2 3 を有し、湿球温度計測部 3 0 から送られた外気湿球温度 $T E 0$ のデータと、温度計測部 3 1 から送られた温度 $T E 1$ のデータを記憶する。ここで、第 1 メモリ 2 3 は一時的に記憶する構成でもよく、所定期間記憶する構成でもよい。制御部 2 0 は、第 2 メモリ 2 4 を有する。第 2 メモリ 2 4 は、機器類の第 1 負荷の期間、第 2 負荷 (> 第 1 負荷) の期間のデータを記憶している。期間のデータは、例えば、月、日、時を有するデータであって、[第 1 負荷： 9 月 2 3 日 8 時以後 ~ 2 2 時未満]、[第 2 負荷： 9 月 2 3 日 2 2 時以後 ~ 2 4 時 9 月 2 4 日 0 時 ~ 8 時未満]など、あるいは、[第 1 負荷： 8 時以後 ~ 2 2 時未満]、[第 2 負荷： 2 2 時以後 ~ 翌 8 時未満]などが例示される。この期間のデータは、不図示の入力部で入力されてあるいは通信部で受信されて第 2 メモリ 2 4 に記憶されたものでもよく、不図示の機器類の制御部から送られてきたデータを第 2 メモリ 2 4 で記憶されたものでもよい。また、第 2 メモリ 2 4 は、第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 、第 2 アプローチ温度 $A P 2$ を記憶している。第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 、第 2 アプローチ温度 $A P 2$ は例えば季節、日月、負荷範囲 (1 0 0 % ~ 2 0 %) の程度に対応した値を有している。制御部 2 0 は $C P U$ (又は $M P U$) などのハードウェア、回路、ファームウェア、ソフトウェアプログラムを記憶するメモリなどを有していてもよい。

【 0 0 4 7 】

制御部 2 0 は、第 1 負荷制御部 2 1 と、第 2 負荷制御部 2 2 を有する。第 1 負荷制御部 2 1 は、温度 $T E 1$ と外気湿球温度 $T E 0$ との差の絶対値 $T E$ ($T E = A B S (T E 0 - T E 1)$) が、機器類の第 1 負荷に対応した第 1 アプローチ温度 $A P 1$ 以内になるように、第 1 ~ 第 3 モータ $M 1 \sim M 3$ で第 1 ~ 第 3 冷却ファン $1 1 a \sim 1 3 a$ の回転数を制御する。第 1 負荷制御部 2 1 は、例えば季節、日月、負荷範囲 (1 0 0 % ~ 2 0 %) の程度に対応した値を選択できる。本実施形態では、第 1 アプローチ温度 $A P 1$ は例えば「 6 」である。

【 0 0 4 8 】

第 2 負荷制御部 2 2 は、温度 $T E 1$ と外気湿球温度 $T E 0$ との差の絶対値 $T E$ が、機器類の第 2 負荷 (> 第 1 負荷) に対応した第 2 アプローチ温度 $A P 2$ (< 第 1 アプローチ温度 $A P 1$) 以内になるように、第 1 ~ 第 3 モータ $M 1 \sim M 3$ で第 1 ~ 第 3 冷却ファン $1 1 a \sim 1 3 a$ の回転数を制御する。第 2 負荷制御部 2 2 は、例えば季節、日月、負荷範囲 (1 0 0 % ~ 2 0 %) の程度に対応した値を選択できる。本実施形態では、第 2 アプローチ温度 $A P 2$ は例えば「 4 」である。

【 0 0 4 9 】

図 2 に通常コントロール時の水温 - 冷却ファン稼働状況を示す。図 2 において、第 1 負荷 (低負荷) 期間は 8 時以後 ~ 2 2 時未満までであり、第 2 負荷 (高負荷) 期間は 2 2 時以後から翌日 8 時未満までである。第 2 負荷を 1 0 0 % としたときに第 1 負荷は 1 8 % である。第 1 負荷期間と第 2 負荷期間ではアプローチ温度を切り替えており、第 1 負荷期間および第 2 負荷期間に渡り、第 1 ~ 第 3 冷却ファン $1 1 a \sim 1 3 a$ の風力はほとんど変化しない。

【 0 0 5 0 】

また、第 1 負荷制御部 2 1 は、第 1 負荷から第 2 負荷へ切り替わる前、例えば、負荷切替タイミングの所定時間前に、第 1 アプローチ温度 $A P 1$ から第 2 アプローチ温度 $A P 2$ へ切り替えて、差の絶対値 $T E$ が第 2 アプローチ温度 $A P 2$ 以内になるように制御し、次いで第 1 負荷制御部 2 1 から第 2 負荷制御部 2 2 が実行される。図 3 に負荷変動時の水温 - 冷却ファン稼働状況を示す。図 3 (a) は、本実施形態の状態を示す。昼間の低負荷期間から夜間の高負荷期間に切り替わる前にアプローチ温度を下げることで、予め冷却フ

ファンの回転数を上げ風量を大きくしておき、切り換え時の応答遅れによる水温上昇を抑制できる。これに対して従来のインバータ制御やフィードバック制御の例を図3(b)に示す。低負荷から高負荷に切り替わるタイミングにおいて水温が上がった後に冷却ファンの出力が上がるため一時的に水温の高い時間帯が存在する。本実施形態では予めアプローチ温度を変えるフィードフォワード制御を採用することで極端な水温変化を生じさせることがない。

【0051】

また、第2負荷制御部22は、機器類の負荷が第2負荷から第1負荷へ切り替わる前、例えば、負荷切替タイミングの所定時間前に、第2アプローチ温度AP2から第1アプローチ温度AP1へ切り替えて、差の絶対値TEが第1アプローチ温度AP1以内になるように制御し、次いで第2負荷制御部22から第1負荷制御部21が実行されるように構成してもよい。

10

【0052】

(冷却塔の稼働数を増加する方法)

また、第1冷却塔11のみが稼働している場合において、第1および/または第2負荷制御部21, 22は、第1冷却塔11の第1冷却ファン11aの回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1冷却塔11の第1冷却ファン11aの風量と、第1、第2冷却塔11、12の第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量とが同じになるように設定する。本実施形態では、第1および/または第2負荷制御部21, 22が、第1、第2モータM1, M2に指令してファン回転数を設定し風量を制御する。第1冷却ファン11aの風量(回転数)と第2冷却ファン12aの風量(回転数)の設定比は1:1が好ましい。そして、第1および/または第2負荷制御部21, 22は、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1冷却塔11の第1供給部から供給される循環冷却水Wの量と、第1、第2冷却塔11, 12の第1、第2供給部から供給される循環冷却水Wの合計量とが同じになるように設定する。本実施形態では、第1および/または第2負荷制御部21, 22が、第1、第2仕切弁11b、12bを制御する。第1供給部から供給される循環冷却水量と第2供給部から供給される循環冷却水量との設定比は1:1が好ましい。

20

【0053】

また、第1、第2冷却塔11、12のみが稼働している場合において、第1および/または第2負荷制御部21, 22は、第1、第2冷却塔11, 12の第1、第2冷却ファン11a、12aの両方の回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量と、第1、第2、第3冷却塔11、12、13の第1、第2、第3冷却ファン11a、12a、13aの合計風量とが同じになるように設定する。本実施形態では、第1および/または第2負荷制御部21, 22が、第1、第2、第3モータM1、M2、M3に指令してファン回転数を設定し風量を制御する。第1冷却ファン11aの風量(回転数)と第2冷却ファン12aの風量(回転数)と第3冷却ファン13aの風量(回転数)の設定比は1:1:1が好ましい。そして、第1および/または第2負荷制御部21, 22は、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1、第2供給部から供給される循環冷却水Wの合計量と、第1、第2、第3供給部から供給される循環冷却水Wの合計量とが同じになるように設定する。本実施形態では、第1および/または第2負荷制御部21, 22が、第1~第3仕切弁11b、12b、13bを制御する。第1供給部から供給される循環冷却水量と第2供給部から供給される循環冷却水量と第3供給部から供給される循環冷却水量との設定比は1:1:1が好ましい。

30

40

【0054】

(冷却塔の稼働数を減少する方法)

また、第1、第2、第3冷却塔11、12、13が稼働している場合において、第1および/または第2負荷制御部21, 22は、第1、第2、第3冷却ファン11a、12a、13aのすべての回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる

50

前における当該第 1、第 2、第 3 冷却ファン 1 1 a、1 2 a、1 3 a の合計風量と、第 1、第 2 冷却ファン 1 1 a、1 2 a の合計風量とが同じになるように設定し、第 3 冷却ファン 1 3 a の回転を停止する。本実施形態では、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 が、第 1、第 2 モータ M 1、M 2 に指令してファン回転数を設定し風量を制御し、第 3 モータ M 3 を停止する。第 1 冷却ファン 1 1 a の風量と第 2 冷却ファン 1 2 a の風量の設定比は 1 : 1 が好ましい。そして、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2、第 3 供給部から供給される循環冷却水 W の合計量と、第 1、第 2 供給部から供給される循環冷却水 W の合計量とが同じになるように設定し、第 3 供給部への循環冷却水 W の供給を停止する。本実施形態では、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 が、第 1 ~ 第 2 自動開閉仕切弁 1 1 b、1 2 b を制御し、かつ第 3 仕切弁 1 3 b を閉じる指令をする。第 1 供給部から供給される循環冷却水量と第 2 供給部から供給される循環冷却水量との設定比は 1 : 1 が好ましい。

【 0 0 5 5 】

また、第 1、第 2 冷却塔 1 1、1 2 のみが稼働している場合において、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、第 1、第 2 冷却ファン 1 1 a、1 2 a の両方の回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 冷却ファン 1 1 a、1 2 a の合計風量と、第 1 冷却ファン 1 1 a の風量とが同じになるように設定し、第 2 冷却ファンの回転を停止する。本実施形態では、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 が、第 1 モータ M 1 に指令してファン回転数を設定し風量を制御し、第 2 モータ M 2 を停止する。そして、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第 1、第 2 供給部から供給される循環冷却水 W の合計量と、第 1 供給部から供給される循環冷却水 W の量とが同じになるように設定し、かつ、第 3 供給部への循環冷却水 W の供給を停止する。本実施形態では、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 が、第 1 自動開閉仕切弁 1 1 b を制御し、かつ第 2 自動開閉仕切弁 1 2 b を閉じる指令をする。

【 0 0 5 6 】

図 4 は冷却ファンの停止制御を示す。図 4 (a) は本実施形態の停止状態を示す。図 4 (a) において、下限閾値が 3 3 % である。各冷却ファンの回転数は同じ設定である。1 5 : 0 0 時点で 3 台の冷却ファンが稼働していたが、すべての冷却ファンの回転数が下限閾値 3 3 % を下回った 1 5 : 2 8 時点で第 3 冷却ファンが停止し、次いで、2 台の冷却ファンの回転数が下限閾値 3 3 % を下回った 1 6 : 0 7 時点で第 2 冷却ファンが停止している。1 台停止する際に、残りの冷却ファンで風量を 1 台停止前の風量と同じに調整していることで、循環冷却水 W の温度は一定に推移している。これに対して従来のインバータ制御やフィードバック制御の例を図 4 (b) に示す。冷却ファンが 3 台から 2 台になるときに、2 台から 1 台になるときに、冷却ファンの出力調整を行わずに単純に停止するため水温の上昇が起こる。なお、ここで下限閾値を 3 3 % としているがこれに制限されない。

【 0 0 5 7 】

(冬季における制御方法)

第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、外気湿球温度 T E 0 が循環冷却水の最低温度の設定値よりも所定値以上低い場合に、循環冷却水 W の温度 T E 1 が当該循環冷却水の最低温度の設定値になるように、複数の冷却塔を制御する。ここで「冷却水の最低温度」は、予め設定され、制御部のメモリ (例えば第 2 メモリ 2 4) に保存されており、例えば、1 2 に設定できる。「所定値」は、例えばアプローチ温度である。冬季の場合、この最低温度の設定値よりも外気湿球温度 T E 0 が大幅に低くなる時間帯 (例えば夜間) がある。このような場合に、差の絶対値 T E とアプローチ温度とによる制御がし難くなる。そのため、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、外気湿球温度 T E 0 が最低温度の設定値である場合 (または外気湿球温度 T E 0 が最低温度の設定値よりも所定値以上低い場合) に、循環冷却水 W の温度 T E 1 が最低温度の設定値になるように、第 1、第 2、第 3 冷却ファン 1 1 a、1 2 a、1 3 a を制御する。

この場合においても、第 1 および / または第 2 負荷制御部 2 1、2 2 は、第 1、第 2、

第3冷却ファン11a、12a、13aのすべての回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第1、第2、第3冷却ファン11a、12a、13aの合計風量と、第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量とが同じになるように設定し、第3冷却ファン13aの回転を停止する。さらに、第1および/または第2負荷制御部21、22は、第1、第2冷却ファン11a、12aの両方の回転数が下限閾値未満になったら、当該回転数が下限閾値未満になる前における当該第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量と、第1冷却ファン11aの風量とが同じになるように設定し、第2冷却ファンの回転を停止する。

また、第1冷却塔11のみが稼働している場合において、第1および/または第2負荷制御部21、22は、第1冷却塔11の第1冷却ファン11aの回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1冷却塔11の第1冷却ファン11aの風量と、第1、第2冷却塔11、12の第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量とが同じになるように設定する。さらに、第1、第2冷却塔11、12のみが稼働している場合において、第1および/または第2負荷制御部21、22は、第1、第2冷却塔11、12の第1、第2冷却ファン11a、12aの両方の回転数が上限閾値を超えたら、当該回転数が上限閾値を超える前における当該第1、第2冷却ファン11a、12aの合計風量と、第1、第2、第3冷却塔11、12、13の第1、第2、第3冷却ファン11a、12a、13aの合計風量とが同じくなるように設定する。

そして、冬季においても、外気湿球温度 T_E0 が最低温度の設定値との差が小さい（例えば、アプローチ温度範囲内）場合には、上記記載の通り、差の絶対値 T_E とアプローチ温度とによる制御を行う。例えば、日中において差の絶対値 T_E とアプローチ温度とによる制御を行うように切り替える。

以上の通り、冬季などにおいて、夜間には外気湿球温度が極端に下がるため、循環冷却水をその最低温度の設定値での制御を外気湿球温度ではし難い。そのため、外気湿球温度が極端に低い場合には、最低温度の設定値になるような制御方法を採用している。

【0058】

図5は冬季における冷却塔の稼働状態の一例を示す。図5において、外気湿球温度が低い夜間では、第1冷ファンが稼働しているが、外気湿球温度が上がってきて、8時において第2冷却ファンが稼働し、9時を過ぎて第3冷却ファンが稼働している。20時を過ぎて、外気湿球温度が下がってきたときに第3冷却ファンが停止し、次いで、22時に第2冷却ファンが停止する。

【0059】

（供給ポンプの稼働台数に基づく冷却塔台数の制御）

制御部20は、供給ポンプの稼働台数によって、冷却塔の稼働台数を制御する。例えば、供給ポンプが2台稼働している場合に、循環冷却水の全量を冷却塔1台（または供給ポンプ台数よりも少ない台数）で処理できないことがある。その理由の一つとして、冷却塔の供給部の最大供給量以上（流量以上）に、冷却水を供給することができず、冷却塔上部から溢れることがある。このような事態を回避すべく、制御部20は、供給ポンプ台数と同じ台数の冷却塔の供給部を少なくとも稼働させるように制御する。例えば、供給ポンプ2台稼働の場合、冷却ファンが1台しか稼働していなくとも、2台あるいは2台以上の供給部の仕切り弁を開いた状態に制御する。また、供給ポンプ1台稼働で冷却ファンも1台稼働している場合に、さらに供給ポンプが1台稼働した場合には、停止している冷却塔の供給部の仕切り弁を開くように制御する。一実施形態として、供給ポンプ3台稼働に対して冷却塔3台の仕切り弁が開いた状態であり、供給ポンプ2台稼働に対して冷却塔2台の仕切り弁が開いた状態であり、供給ポンプ1台稼働に対して冷却塔1台の仕切り弁が開いた状態である。

【0060】

また、冷却塔制御システム1または第1～第3冷却塔11～13が、貯留部14に補充水を補充する供給ラインを有していてもよい。

【0061】

(制御方法)

機器類との熱交換に使用される冷却水を温度コントロールする複数の冷却塔を制御する冷却塔制御方法であって、

機器類の第1負荷期間において、機器類との熱交換と第1～第3冷却塔11～13の貯留部14との間のいずれかの位置における循環冷却水の温度 T_E1 と外気湿球温度 T_E0 との差の絶対値 T_E が、第1負荷に対応した第1アプローチ温度 $AP1$ 以内になるように第1～第3冷却ファン11_a～13_aの回転数を制御する第1負荷制御工程と、

第1負荷よりも高負荷である第2負荷期間において、機器類との熱交換と第1～第3冷却塔11～13の貯留部14との間のいずれかの位置における循環冷却水 W の温度 T_E1 と外気湿球温度 T_E0 との差の絶対値 T_E が、第2負荷に対応した第2アプローチ温度 $AP2$ 以内になるように第1～第3冷却ファン11_a～13_aの回転数を制御する第2負荷制御工程と、含む。

10

【0062】

第1負荷制御工程は、機器類の負荷が第1負荷から第2負荷へ切り替わる前に、第1アプローチ温度 $AP1$ から第2アプローチ温度 $AP2$ へ切り替えて、差の絶対値 T_E が第2アプローチ温度 $AP2$ 以内になるように制御し、次いで第1負荷制御工程から第2負荷制御工程へ移行するように構成される。第2負荷制御工程は、機器類の負荷が第2負荷から第1負荷へ切り替わる前に、第2アプローチ温度 $AP2$ から第1アプローチ温度 $AP1$ へ切り替えて、差の絶対値 T_E が第1アプローチ温度 $AP1$ 以内になるように制御し、次いで第2負荷制御工程から第1負荷制御工程へ移行するように構成される。

20

【0063】

第1および/または第2負荷制御工程は、前記外気湿球温度 T_E0 が循環冷却水 W の最低温度の設定値よりも所定値以上低い場合に、循環冷却水 W の温度 T_E1 が当該循環冷却水の最低温度の設定値になるように複数の冷却塔を制御する。

【0064】

冷却塔制御方法は、稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンの少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が上限閾値を超えた場合に、当該上限閾値を超えた場合の前における当該稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンの合計風量と、新たに稼働させた一つの冷却塔と当該稼働中の冷却塔($i+1$)との冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および、当該上限閾値を超えた場合の前における当該稼働中の冷却塔(i)の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該新たに稼働させた一つの冷却塔と当該稼働中の冷却塔($i+1$)との供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定する稼働数増加工程を含む。

30

【0065】

冷却塔制御方法は、稼働中の冷却塔(i)の冷却ファンのうち少なくともいずれか一つまたはすべての回転数が下限閾値未満になった場合に、当該下限閾値未満になった場合の前における稼働中の冷却塔(i)のファンの合計風量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔($i-1$)の冷却ファンの合計風量とが同じになるように設定し、および当該下限閾値未満になった場合の前における稼働中の冷却塔(i)の供給部から供給される循環冷却水の合計量と、当該稼働中の冷却塔の数より一つ少なく稼働させる冷却塔($i-1$)の供給部から供給される循環冷却水の合計量とが同じになるように設定し、かつ、いずれか一つの冷却塔の冷却ファンの停止および循環冷却水の供給を停止する稼働数減少工程を含む。

40

【0066】

(別実施形態)

本実施形態において、制御部20は、戻り配管L2を流れる循環冷却水 W の温度 T_E2 を計測する温度計32から、計測された温度 T_E2 を受けとり、第1メモリ23に記憶してもよい。

【0067】

本実施形態において、「第1、第2、第3」は、任意の指定を示し、いずれかを絶対的

50

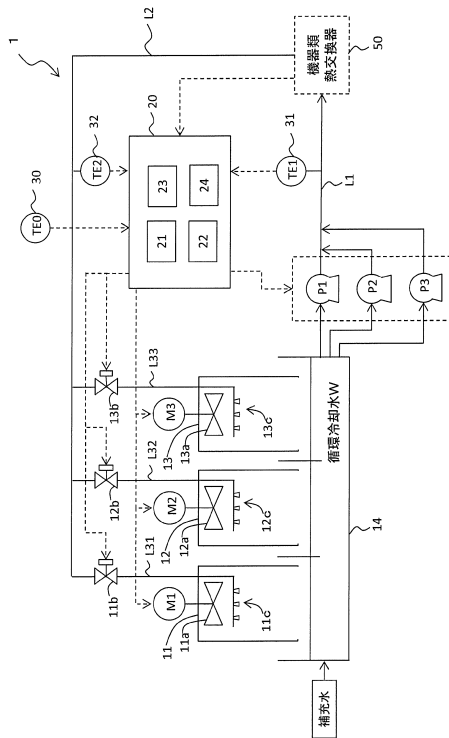
に特定するものではなく、例えば、第 1 負荷期間における「第 1 ～ 第 3 」が、第 2 負荷期間における「第 1 ～ 第 3 」に完全に一致していなくてもよく、第 1 負荷期間において「第 1 」が第 2 負荷期間において「第 2 」または「第 3 」であってもよい。

【符号の説明】

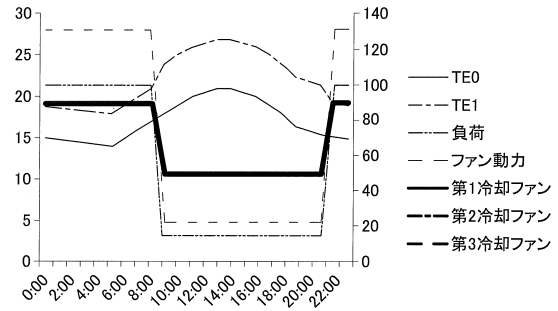
【 0 0 6 8 】

1	冷却塔制御システム	
1 1	第 1 冷却塔	
1 1 a	第 1 冷却ファン	
1 1 b	第 1 仕切弁	
1 2	第 2 冷却塔	10
1 2 a	第 2 冷却ファン	
1 2 b	第 2 仕切弁	
1 3	第 3 冷却塔	
1 3 a	第 3 冷却ファン	
1 3 b	第 3 仕切弁	
1 4	貯留部	
2 0	制御部	
2 1	第 1 負荷制御部	
2 2	第 2 負荷制御部	
2 3	第 1 メモリ	20
2 4	第 2 メモリ	
3 0	湿球温度測定部	
3 1	温度測定部	
5 0	熱交換器	
L 1	供給配管	
L 2	戻り配管	

【図 1】

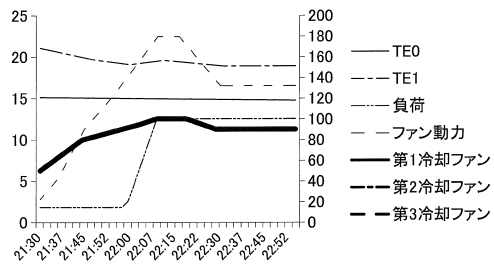


【図 2】

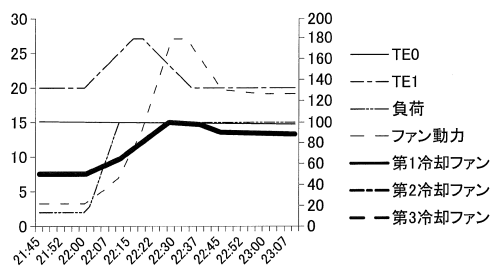


【図 3】

(a)

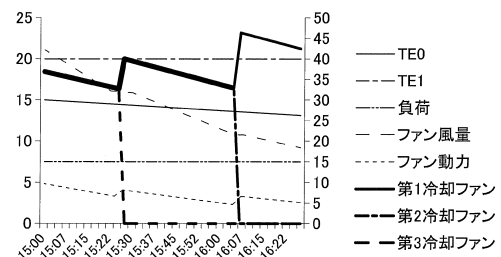


(b)

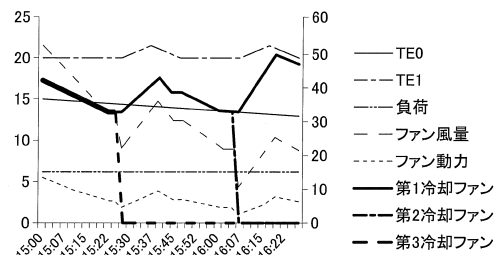


【図 4】

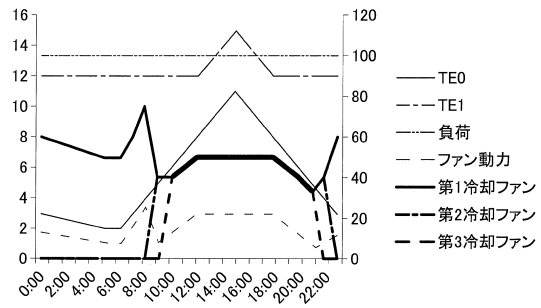
(a)



(b)



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭54-067251(JP,A)
特開2013-210178(JP,A)
特開昭59-063497(JP,A)
特開2013-155963(JP,A)
特開2014-149110(JP,A)
特開2011-247433(JP,A)
特開昭55-065884(JP,A)
特開2009-250578(JP,A)
特開2010-196988(JP,A)
特開2006-207929(JP,A)
特開昭53-002936(JP,A)
特開昭59-157495(JP,A)
特開2004-190888(JP,A)
米国特許第06446448(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F28F	27/00
F28C	1/00
E04H	5/12