

明 細 書

発明の名称：液浸冷却装置及びその制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、例えばデータセンタのサーバの冷却に用いられて好適な液浸冷却装置及びその制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、データセンタにおいてサーバやストレージ等の電子機器を冷却液中に浸漬して冷却することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6658312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、特許文献1に記載の液浸冷却システムは、冷却液の冷却系が1系統とされており、冷却液の冷却系の機器トラブルが発生した場合、冷却液が発熱し、サーバが停止してしまうおそれがある。

[0005] また、データセンタでは電力使用効率を表す指標でPUE（Power Usage Effectiveness：施設の全消費電力／IT機器の消費電力）を下げることが求められている。PUEを下げるためには、冷却系の運転を最適化する必要があるが、液浸型データセンタは運転実績が少なく、運転方法の最適化手段が定められていない。例えば、液浸冷却装置の目標温度を1点の目標としてフィードバック制御する手法では、調整パラメータ（冷媒流量やファンの回転数など）が多岐にわたり、制御システムの機器構成が複雑となり、制御トラブルの発生確率が上がるおそれがある。

[0006] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、冷却液の冷却系の機器トラブルに対して対応することができる液浸冷却装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

また、本開示は、液浸冷却装置の目標温度を簡便に制御できる液浸冷却装置及びその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

[0007] 本開示の一態様に係る液浸冷却装置は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統が、並列に複数設けられている。

[0008] 本開示の一態様に係る液浸冷却装置は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、

前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ及び前記液浸用熱交換器が、並列に複数設けられ、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第1軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第2軸とした場合のマップに表した制御マップを有し、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する制御部を備えている。

[0009] 本開示の一態様に係る液浸冷却装置の制御方法は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換

器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統の切り換えを行う。

- [0010] 本開示の一態様に係る液浸冷却装置の制御方法は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ及び前記液浸用熱交換器が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第1軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第2軸とした場合のマップに表した制御マップとし、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する。

発明の効果

- [0011] 冷却液の冷却系の機器トラブルに対して対応することができる。また、液浸冷却装置の目標温度を簡便に制御することができる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]液浸冷却装置の概略構成を示した模式図である。
[図2]フリークーリング装置が共通の設置盤に載置された状態を示した斜視図である。

[図3]マップ制御の概略を示した図である。

[図4A]ラジエータの台数とC D Uの台数の制御マップである。

[図4B]ファンの回転数の制御マップである。

[図4C]冷却水ポンプの流量の制御マップである。

[図4D]ラジエータ用ポンプの流量の制御マップである。

[図4E]冷却液ポンプの流量の制御マップである。

[図4F]ラジエータ、冷却水出口配管及び冷却水入口配管の切替時間の制御マップである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

図1には、液浸型データセンタに用いられる液浸冷却装置1の概略構成が示されている。液浸冷却装置1は、液浸容器5と、フリークーリング装置3と、C D U（液浸用熱交換器）7とを備えている。

[0014] 液浸容器5は、内部に冷却液が貯留される有底の容器とされている。冷却液は、電気絶縁性を有する液体が用いられ、例えばシリコン系オイル等が用いられる。冷却液は、液浸容器5の内部に配置された複数の基板（電子機器）の全体が浸かる程度の高さまで満たされる。各基板は、例えばサーバを構成する基板とされ、所定の間隔を空けて配列されている。基板には、サーバを構成するためのC P U、電源ユニット、メモリ、ハードディスク又はS S D（Solid State Drive）等のストレージ、及び通信ユニットなどの複数の電子部品が実装されている。これら電子部品は、サーバの動作中に発熱し、冷却液によって冷却される。

[0015] 本実施形態では、液浸容器5は並列に2つ設けられている。ただし、液浸容器5の数はこれに限定されるものではなく、3つ以上を並列に設けても良い。

[0016] C D U 7は、Coolant Distribution Unit（冷却水循環装置）の略称であり、フリークーリング装置3から供給された冷却水と、液浸容器5に供給する冷却液とを熱交換させる熱交換器である。

- [0017] C D U 7 は、本実施形態では各液浸容器 5 に対して 2 つずつ、合計で 4 つ設けられている。ただし、C D U 7 の数はこれに限定されるものではなく、液浸容器 5 に対して 3 つ以上設けても良い。
- [0018] C D U 7 と液浸容器 5 との間には、冷却液が循環される冷却液循環系統 9 が設けられている。冷却液循環系統 9 は、各 C D U 7 に対して 1 つ設けられ、本実施形態では並列に合計で 4 つ設けられている。
- [0019] 各冷却液循環系統 9 は、冷却液を C D U 7 から液浸容器 5 へ供給する供給配管 9 a と、冷却液を液浸容器 5 から C D U 7 へ返送する返送配管 9 b と、供給配管 9 a に設けられた自動開閉弁 9 c と、返送配管 9 b に設けられた自動開閉弁 9 d と、冷却液を輸送する冷却液ポンプ 9 e とを備えている。自動開閉弁 9 c、9 d は、図示しない制御部によって動作が制御される。冷却液ポンプ 9 e は、図示しない制御部によって回転数が制御され、流量可変とされている。
- [0020] フリークーリング装置 3 は、複数のラジエータ 1 1 と、各ラジエータに設けられたファン 1 3 と、各ラジエータ 1 1 から流出した冷却水を貯留する冷却水タンク 1 5 と、各ラジエータ 1 1 へ冷却水を戻す冷却水戻りタンク 1 7 とを備えている。
- [0021] ラジエータ 1 1 は、例えばフィン・チューブ式熱交換器とされ、外気と熱交換させることによって冷却水を冷却する。ファン 1 3 によって外気がラジエータ 1 1 に供給される。ファン 1 3 は、回転数可変とされ、制御部によって制御される。
- 各ラジエータ 1 1 から流出した冷却水は、各ラジエータ出口配管 1 1 a を通って冷却水タンク 1 5 へ送られる。
- 冷却水戻りタンク 1 7 と各ラジエータ 1 1 との間には、冷却水をラジエータ 1 1 へ返送するラジエータ入口配管 1 1 b が設けられている。ラジエータ入口配管 1 1 b には、ラジエータ用ポンプ 1 1 c と自動開閉弁 1 1 d が設けられている。ラジエータ用ポンプ 1 1 c は、流量可変とされており、制御部によって制御される。自動開閉弁 1 1 d は制御部によって制御される。

- [0022] 冷却水タンク 15 には、冷却水を分岐ヘッダ部 10 へ導く冷却水出口配管 16 が設けられている。冷却水出口配管 16 には、自動開閉弁 16 a 及び冷却水ポンプ 16 b が設けられている。自動開閉弁 16 a は制御部によって制御される。冷却水ポンプ 16 b は、流量可変とされており、制御部によって制御される。本実施形態では、冷却水出口配管 16 が並列に 2 つ設けられている。なお、冷却水出口配管 16 は、並列に 3 つ以上設けることとしても良い。
- [0023] 冷却水戻りタンク 17 には、分岐ヘッダ部 10 から冷却水を戻す冷却水入口配管 18 が設けられている。本実施形態では、冷却水入口配管 18 が並列に 2 つ設けられている。なお、冷却水入口配管 18 は、並列に 3 つ以上設けることとしても良い。
- [0024] 上述の通り、冷却水出口配管 16 が並列に 2 つ設けられ、かつ、冷却水入口配管 18 が並列に 2 つ設けられていることから、冷却水循環系統が 2 つ設けられていることになる。
- [0025] 分岐ヘッダ部 10 は、フリークーリング装置 3 と C D U 7 との間に設けられており、冷却水を分配する配管及び開閉弁から構成されている。分岐ヘッダ部 10 は所定領域に集約されて配置されている。
- [0026] 分岐ヘッダ部 10 は、各冷却水出口配管 16 が接続される入口ヘッダ 10 a を備えている。各冷却水出口配管 16 が接続される位置に、制御部によって制御される自動開閉弁 10 b が設けられている。入口ヘッダ 10 a には、複数の分岐供給管 10 c が接続されている。各分岐供給管 10 c は、対応する C D U 7 に冷却水を供給する。各分岐供給管 10 c には、制御部によって制御される自動開閉弁 10 d が設けられている。図 1 において、分岐供給管 10 c に示された A-1, A-2, A-3 の符号が、各 C D U 7 に示された入口側の符号 A-1, A-2, A-3 に対応する。
- [0027] 分岐ヘッダ部 10 は、各冷却水入口配管 18 が接続される出口ヘッダ 10 f を備えている。各冷却水入口配管 18 が接続される位置に、制御部によって制御される自動開閉弁 10 g が設けられている。出口ヘッダ 10 f には、

複数の分岐戻り管 10h が接続されている。各分岐戻り管 10h は、対応する CDU 7 から冷却水が導かれる。各分岐戻り管 10h には、制御部によって制御される自動開閉弁 10i が設けられている。図 1 において、分岐戻り管 10h に示された B-1, B-2, B-3 の符号が、各 CDU 7 に示された出口側の符号 B-1, B-2, B-3 に対応する。

[0028] 液浸冷却装置 1 は、液浸冷却装置 1 周りの外気温度を計測する外気温センサ 20 を備えている。外気温センサ 20 の出力は制御部へと送信される。なお、外気温センサ 20 を設けずに、液浸冷却装置 1 が配置された部屋の温度を制御部が取得するようにしても良い。

[0029] 制御部は、液浸容器 5 に収容させるサーバ等の電子機器の発熱量を取得するようになっている。電子機器の発熱量は、例えば上位の制御システムから取得できる。

[0030] 制御部は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムを CPU が RAM 等を読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ROM やその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、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。

[0031] 図 2 には、フリークーリング装置 3 が共通の設置盤 22 に設けられた状態が示されている。同図に示すように、板状とされた設置盤 22 の上に、フリークーリング装置 3 すなわちラジエータ 11、ファン 13、冷却水タンク 15、冷却水戻りタンク 17、冷却水出口配管 16、冷却水入口配管 18 などが設置されている。なお、図示しないが純水製造装置を共通の設置盤 22 に

設けても良い。

[0032] 次に、制御部による制御法について説明する。制御部は、マップ制御を用いて液浸容器 5 の冷却液温度を所望値に設定する。

[0033] 図 3 には、マップ制御の概略が示されている。マップ制御は、入力値としては、液浸冷却装置 1 周りの外気温度と、サーバ等の電子機器の発熱量とする。制御項目は、ラジエータ 11 の運転台数、C D U 7 の運転台数、冷却水ポンプ 16 b によって制御される冷却水流量、冷却液ポンプ 9 e によって制御される冷却液流量、ファン 13 の回転数等である。制御目標値は、電子機器を冷却している液浸容器 5 の冷却液温度である。ただし、冷却液温度の所望値は、ある一定の温度範囲（例えば±数℃といった温度範囲）で管理される。制御部は、現在値である外気温センサ 20 からの外気温と電子機器の発熱量を得て、以下に説明する制御マップを用いて各機器の運転状態を制御する。

[0034] 図 4 A には、ラジエータ 11 の台数と C D U 7 の台数の制御マップが示されている。横軸に外気温度（℃）、縦軸に電子機器の発熱量であるサーバ負荷（kW）とした制御マップを作成する。この制御マップは制御部の記憶部に格納されている。同図に示すように、外気温度が低くかつサーバ負荷が小さい場合は、ラジエータ 11 の台数を 2 台の内の 1 台のみの運転とし、ファン 13 は停止する。そして、C D U 7 は 4 台のうちの 2 台のみの運転とする。

[0035] 外気温度がより大きくなり、サーバ負荷もより大きくなるにつれて、ラジエータ 11 の台数と C D U 7 台数を増大していくように遷移させる制御マップとなっている。

[0036] 図 4 B には、ファン 13 の回転数の制御マップが示されている。ファン 13 の回転数は送風流量に比例する。縦軸と横軸は図 4 A と同様である。同図に示すように、外気温度が低くかつサーバ負荷が小さい場合は、ファン 13 を停止して送風は行わない。外気温度がより大きくなり、サーバ負荷もより大きくなるにつれて、ファン 13 の回転数を上昇させて送風流量を増大させ

るように遷移させる制御マップとなっている。

[0037] 図4 Cには、冷却水ポンプ1 6 bの流量の制御マップが示されている。縦軸と横軸は図4 Aと同様である。同図に示すように、サーバ負荷が小さい場合は、外気温度にかかわらず冷却水ポンプ1 6 bを1 台のみとして流量（回転数）を小さくする。なお、同図において「（流量小）」とあるのは、冷却水ポンプ1 6 bの1 台あたりの流量が、大、中、小の3 段階に分けたときに「小」であることを意味する。「流量中」、「流量大」の解釈についても同様である。

[0038] サーバ負荷が大きくなると、外気温度に応じて冷却水ポンプ1 6 bの台数と流量が増大するように遷移する制御マップとなっている。

[0039] 図4 Dには、ラジエータ用ポンプ1 1 cの流量の制御マップが示されている。縦軸と横軸は図4 Aと同様である。外気温度及びサーバ負荷が増大すると、合計流量が大きくなるように、すなわちラジエータ用ポンプ1 1 cの使用台数と流量が大きくなるように遷移する制御マップとなっている。なお、同図において「流量小」、「流量中」、「流量大」の解釈は図4 Dと同様である。

[0040] 図4 Eには、冷却液ポンプ9 eの流量の制御マップが示されている。縦軸と横軸は図4 Aと同様である。冷却液ポンプ9 eはC D U 7のそれぞれに対して設けられているので、冷却液ポンプ9 eの使用台数はC D U 7の使用台数に一致する。外気温度及びサーバ負荷が増大すると、冷却液ポンプ9 eの台数および流量が大きくなるように遷移する制御マップとなっている。なお、同図において「流量小」、「流量中」、「流量大」の解釈は図4 Dと同様である。ただし、「流量極小」は「流量小」よりも流量が小さいことを意味する。

[0041] 図4 Fには、ラジエータ1 1の切替時間、冷却水出口配管1 6及び冷却水入口配管1 8の切替時間の制御マップが示されている。縦軸と横軸は図4 Aと同様である。

同図に示すように、外気温度が5℃以下では凍結のおそれがあるので、切

替時間を1時間とする。具体的には、ラジエータ11の使用時間を1時間までとし、1時間継続して使用したラジエータ11は冷却水の供給を制御部によって停止し、それまで使用していなかったラジエータ11に冷却水を供給する。冷却水出口配管16及び冷却水入口配管18についても同様に切り換えを制御部の指示によって行う。切り換えは、制御部が自動開閉弁を適宜操作することによって行う。凍結のおそれがない外気温度が5℃以上の場合は、24時間ごとに切り換えを行う。使用頻度を均等にすることによって寿命を延ばすためである。ただし、外気温度が高く（25℃以上）かつサーバ負荷が大きい場合には、切り換えは行わない。サーバの冷却を優先するためである。

[0042] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

ラジエータ11を並列に4つ設け、CDU7を並列に4つ設け、冷却水入口配管18及び冷却水入口配管18を備えた冷却水循環系統を並列に2つ設け、液浸容器5を並列に2つ設け、冷却液循環系統9を並列に4つ設けることとした。これにより、冷却系に冗長性を持たせることができ、機器トラブル発生時でも、冷却を継続しサーバ等の電子機器を停止させない構成とすることができる。

[0043] 複数の自動開閉弁10b, 10d, 10g, 10iを備えた分岐ヘッダ部10を所定領域に集約させることにより、自動開閉弁10b, 10d, 10g, 10iの状態確認及び監視が、切換弁が分散して配置された場合に比べて容易となる。また、分岐ヘッダ部10として一体として運搬することが可能となり、現地での配管施工時間を短縮することができる。

[0044] CDU7の使用台数を切り替えることにより、熱交換器の伝熱面積の調整が可能となる。同じPUEでも冷却液の温度を下げるができる。例えば、故障時などで緊急冷却を要する際に冷却速度を向上させることが可能となる。

[0045] ラジエータ11の使用台数を切り替えることにより、熱交換器の伝熱面積の調整が可能となる。同じPUEでも冷却液の温度を下げるができる。例えば、故障時などで緊急冷却を要する際に冷却速度を向上させることが可能と

なる。

[0046] 冷却水及び冷却水のＣＤＵ７への供給流量は、流量可変とされた冷却水ポンプ１６ｂ及び冷却液ポンプ９ｅを用いることとした。これにより、流量調整用のバルブを削減することができ、機器トラブルの発生確率を下げる事が可能となる。また制御方法も簡素にでき、制御トラブルの発生確率を下げる事ができる。

[0047] 電子機器の発熱量（サーバ負荷）と外気温度に応じて最適な冷却系の運転を選択するマップ制御を行うこととした。すなわち、ラジエータ１１の使用台数とＣＤＵ７の使用台数は電子機器の発熱量と外気温度の二項目から決定される。これにより、調整パラメータを大幅に削減でき、制御システムの機器構成を簡素化、制御トラブルの発生確率を下げる事ができる。

[0048] フリークーリング装置３を共通の設置盤２２にまとめて設置することとした。これにより、共通の設置盤２２に設けて一体化したものを運搬することができるので、現地工事の工数を削減できる。現地状況に応じて容易に設置場所を変更することが可能となる。

また、純水製造装置を共通の設置盤２２に設けても良い。銅管を用いている熱交換器では腐食の観点から純水を使用することが推奨される。通常の純水は別途作られたものを使用するが、共通の設置盤に純水製造装置を備えているため、必要な時に必要な量の純水を供給することが可能となり、現地の水質に依存しない。

[0049] なお、上述した液浸冷却装置１は、コンテナに収容されるコンテナ型データセンタにも適用可能である。また、サーバ等の電子機器を空冷する空冷ラックや水冷する水冷ラックを備えたデータセンタにも適用することができる。

[0050] 以上説明した各実施形態に記載の液浸冷却装置及びその制御方法は、例えば以下のように把握される。

[0051] 本開示の第１態様に係る液浸冷却装置（１）は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータ（１１）と、前記ラジエータで冷却された冷却水が導

かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器（７）と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器（５）と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統（９）と、を備え、前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統が、並列に複数設けられている。

[0052] ラジエータ、液浸用熱交換器、及び／又は、冷却水循環系統、及び／又は、液浸容器、及び／又は、冷却液循環系統を並列に複数設けることによって冷却系に冗長性を持たせることができる。これにより、機器トラブル発生時でも、冷却を継続しサーバ等の電子機器を停止させない構成とすることができる。

[0053] 本開示の第２態様に係る液浸冷却装置は、上記第１態様において、前記液浸用熱交換器が並列に複数設けられ、前記冷却水循環系統は、複数の前記液浸用熱交換器のそれぞれに分岐された冷却水配管への流れを切り換える切換弁（１０d，１０i）を有する分岐ヘッダ部（１０）を備え、前記分岐ヘッダ部は所定領域に集約されている。

[0054] 切換弁を備えた分岐ヘッダ部を所定領域に集約させることにより、切換弁の状態確認及び監視が、切換弁が分散して配置された場合に比べて容易となる。また、分岐ヘッダ部として一体として運搬することが可能となり、現地での配管施工時間を短縮することができる。

[0055] 本開示の第３態様に係る液浸冷却装置は、上記第１態様又は上記第２態様において、前記液浸用熱交換器が並列に複数設けられ、同時に使用する前記液浸用熱交換器の数を制御する制御部を備えている。

[0056] 液浸用熱交換器の使用台数を切り替えることにより、熱交換器の伝熱面積の調整が可能となる。同じPUEでも冷却液の温度を下げるができる。例えば、故障時などで緊急冷却を要する際に冷却速度を向上させることが可能と

なる。

- [0057] 本開示の第4態様に係る液浸冷却装置は、上記第1態様から上記第3態様のいずれかにおいて、前記ラジエータが並列に複数設けられ、同時に使用する前記ラジエータの数を制御する制御部を備えている。
- [0058] ラジエータの使用台数を切り替えることにより、熱交換器の伝熱面積の調整が可能となる。同じPUEでも冷却液の温度を下げるができる。例えば、故障時などで緊急冷却を要する際に冷却速度を向上させることが可能となる。
- [0059] 本開示の第5態様に係る液浸冷却装置は、上記第1態様から上記第4態様のいずれかにおいて、前記冷却水循環系統に設けられた冷却水ポンプ16b、及び／又は、前記冷却液循環系統に設けられた冷却液ポンプ9eは、流量可変とされている。
- [0060] 冷却水及び冷却水の液浸用熱交換器への供給流量は、流量可変とされたポンプを用いることとした。これにより、流量調整用のバルブを削減することができ、機器トラブルの発生確率を下げる事が可能となる。また制御方法も簡素にでき、制御トラブルの発生確率を下げる事ができる。
- [0061] 本開示の第6態様に係る液浸冷却装置(1)は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータ(11)と、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器(7)と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器(5)と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統(9)と、を備え、前記ラジエータ及び前記液浸用熱交換器が、並列に複数設けられ、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第1軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第2軸とした場合のマップに表した制御マップを有し、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する制御部を備

えている。

- [0062] 電子機器の発熱量と外気温度に応じて最適な冷却系の運転を選択するマップ制御が行われる。すなわち、ラジエータの使用数と液浸用熱交換器の使用数は電子機器の発熱量と外気温度の二項目から決定される。これにより、調整パラメータを大幅に削減でき、制御システムの機器構成を簡素化、制御トラブルの発生確率を下げるができる。目標とする液浸冷却装置の冷却液温度はある一定範囲で管理することが好ましい。
- [0063] 本開示の第7態様に係る液浸冷却装置は、上記第6態様において、各前記ラジエータに対応して設けられたファン（13）と、各前記ラジエータに対応して設けられ、冷却水を該ラジエータに供給する複数のラジエータ用ポンプ（11c）と、複数の前記冷却水循環系統に設けられた複数の冷却水ポンプ（16b）と、複数の前記冷却液循環系統に設けられた複数の冷却液ポンプ（9e）と、を備え、前記制御部は、前記ファンの風量、及び／又は、前記ラジエータ用ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却水ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却液ポンプの使用数を、マップに表した前記制御マップを有し、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ファンの風量、及び／又は、前記ラジエータ用ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却水ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却液ポンプの使用数を前記制御マップから決定する。
- [0064] さらに、ラジエータ用ファン、ラジエータ用ポンプ、冷却水ポンプ、冷却液ポンプのマップ制御を行うことで、より制御性を向上させることができる。
- [0065] 本開示の第8態様に係る液浸冷却装置は、上記第1態様から上記第7態様のいずれかにおいて、前記ラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水を貯留する冷却水タンクと、前記液浸用熱交換器から返送された冷却水を貯留するとともに前記ラジエータに返送する前の冷却水を貯留する冷却水戻りタンクと、が共通の設置盤（22）に設けられている。
- [0066] 共通の設置盤に設けて一体化したものを運搬することができるので、現地

工事の工数を削減できる。現地状況に応じて容易に設置場所を変更することが可能となる。

さらに、ラジエータ用ファン、冷却水を供給する冷却水ポンプを共通の設置盤に設けても良い。

また、純水製造装置を共通の設置盤に設けても良い。銅管を用いている熱交換器では腐食の観点から純水を使用することが推奨される。通常の純水は別途作られたものを使用するが、共通の設置盤に純水製造装置を備えているため、必要な時に必要な量の純水を供給することが可能となり、現地の水質に依存しない。

[0067] 本開示の第1態様に係る液浸冷却装置の制御方法は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統の切り換えを行う。

[0068] 本開示の第2態様に係る液浸冷却装置の制御方法は、冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、を備え、前記ラジエータ及び前記液浸用熱交

換器が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第1軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第2軸とした場合のマップに表した制御マップとし、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する。

符号の説明

- [0069] 1 液浸冷却装置
3 フリークーリング装置
5 液浸容器
7 C D U (液浸用熱交換器)
9 冷却液循環系統
9 a 供給配管
9 b 返送配管
9 c 自動開閉弁
9 d 自動開閉弁
9 e 冷却液ポンプ
10 分岐ヘッダ部
10 a 入口ヘッダ
10 b 自動開閉弁
10 c 分岐供給管
10 d 自動開閉弁
10 f 出口ヘッダ
10 g 自動開閉弁
10 h 分岐戻り管
10 i 自動開閉弁
11 ラジエータ
11 a ラジエータ出口配管
11 b ラジエータ入口配管

- 1 1 c ラジエータ用ポンプ
- 1 1 d 自動開閉弁
- 1 3 ファン
- 1 5 冷却水タンク
- 1 6 冷却水出口配管
 - 1 6 a 自動開閉弁
 - 1 6 b 冷却水ポンプ
- 1 7 冷却水戻りタンク
- 1 8 冷却水入口配管
- 2 0 外気温センサ

請求の範囲

- [請求項1] 冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、
 前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する
 液浸用熱交換器と、
 前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される
 冷却水循環系統と、
 前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬
 して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、
 前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷
 却液循環系統と、
 を備え、
 前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、
 前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記
 冷却液循環系統が、並列に複数設けられている液浸冷却装置。
- [請求項2] 前記液浸用熱交換器が並列に複数設けられ、
 前記冷却水循環系統は、複数の前記液浸用熱交換器のそれぞれに分
 岐された冷却水配管への流れを切り換える切換弁を有する分岐ヘッダ
 部を備え、
 前記分岐ヘッダ部は所定領域に集約されている請求項1に記載の液
 浸冷却装置。
- [請求項3] 前記液浸用熱交換器が並列に複数設けられ、
 同時に使用する前記液浸用熱交換器の数を制御する制御部を備えて
 いる請求項1に記載の液浸冷却装置。
- [請求項4] 前記ラジエータが並列に複数設けられ、
 同時に使用する前記ラジエータの数を制御する制御部を備えている
 請求項1に記載の液浸冷却装置。
- [請求項5] 前記冷却水循環系統に設けられた冷却水ポンプ、及び／又は、前記
 冷却液循環系統に設けられた冷却液ポンプは、流量可変とされている

請求項 1 に記載の液浸冷却装置。

[請求項6]

冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、
前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、
前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、
前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、
前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、
を備え、
前記ラジエータ及び前記液浸用熱交換器が、並列に複数設けられ、
前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第 1 軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第 2 軸とした場合のマップに表した制御マップを有し、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する制御部を備えている液浸冷却装置。

[請求項7]

各前記ラジエータに対応して設けられたファンと、
各前記ラジエータに対応して設けられ、冷却水を該ラジエータに供給する複数のラジエータ用ポンプと、
複数の前記冷却水循環系統に設けられた複数の冷却水ポンプと、
複数の前記冷却液循環系統に設けられた複数の冷却液ポンプと、
を備え、
前記制御部は、前記ファンの風量、及び／又は、前記ラジエータ用ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却水ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却液ポンプの使用数を、マップに表した前記制御マップを有し、運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ファ

ンの風量、及び／又は、前記ラジエータ用ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却水ポンプの使用数、及び／又は、前記冷却液ポンプの使用数を前記制御マップから決定する請求項6に記載の液浸冷却装置。

[請求項8]

前記ラジエータと、
前記ラジエータで冷却された冷却水を貯留する冷却水タンクと、
前記液浸用熱交換器から返送された冷却水を貯留するとともに前記ラジエータに返送する前の冷却水を貯留する冷却水戻りタンクと、
が共通の設置盤に設けられている請求項1に記載の液浸冷却装置。

[請求項9]

冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、
前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、
前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、
前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、
前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、
を備え、
前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって

前記ラジエータ、及び／又は、前記液浸用熱交換器、及び／又は、前記冷却水循環系統、及び／又は、前記液浸容器、及び／又は、前記冷却液循環系統の切り換えを行う液浸冷却装置の制御方法。

[請求項10]

冷却水を外気と熱交換して冷却するラジエータと、
前記ラジエータで冷却された冷却水が導かれて冷却液と熱交換する液浸用熱交換器と、

前記ラジエータと前記液浸用熱交換器との間で冷却水が循環される冷却水循環系統と、

前記液浸用熱交換器で冷却された冷却液が導かれ、電子機器を浸漬して冷却する冷却液が内部に貯留される液浸容器と、

前記液浸用熱交換器と前記液浸容器との間で冷却液が循環される冷却液循環系統と、

を備え、

前記ラジエータ及び前記液浸用熱交換器が、並列に複数設けられた液浸冷却装置の制御方法であって、

前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を、外気温度を第1軸とし、冷却される電子機器の発熱量を第2軸とした場合のマップに表した制御マップとし、

運転時の外気温度及び電子機器の発熱量に基づいて、前記ラジエータの使用数と前記液浸用熱交換器の使用数を前記制御マップから決定する液浸冷却装置の制御方法。