

彦根 昂仁*
伊藤 拓也*
伊藤 正紘**

新型空冷ヒートポンプチラー“DT-R”

New Type Air-cooled Heat Pump Chiller "DT-R"

Takahito Hikone, Takuya Ito, Masahiro Ito

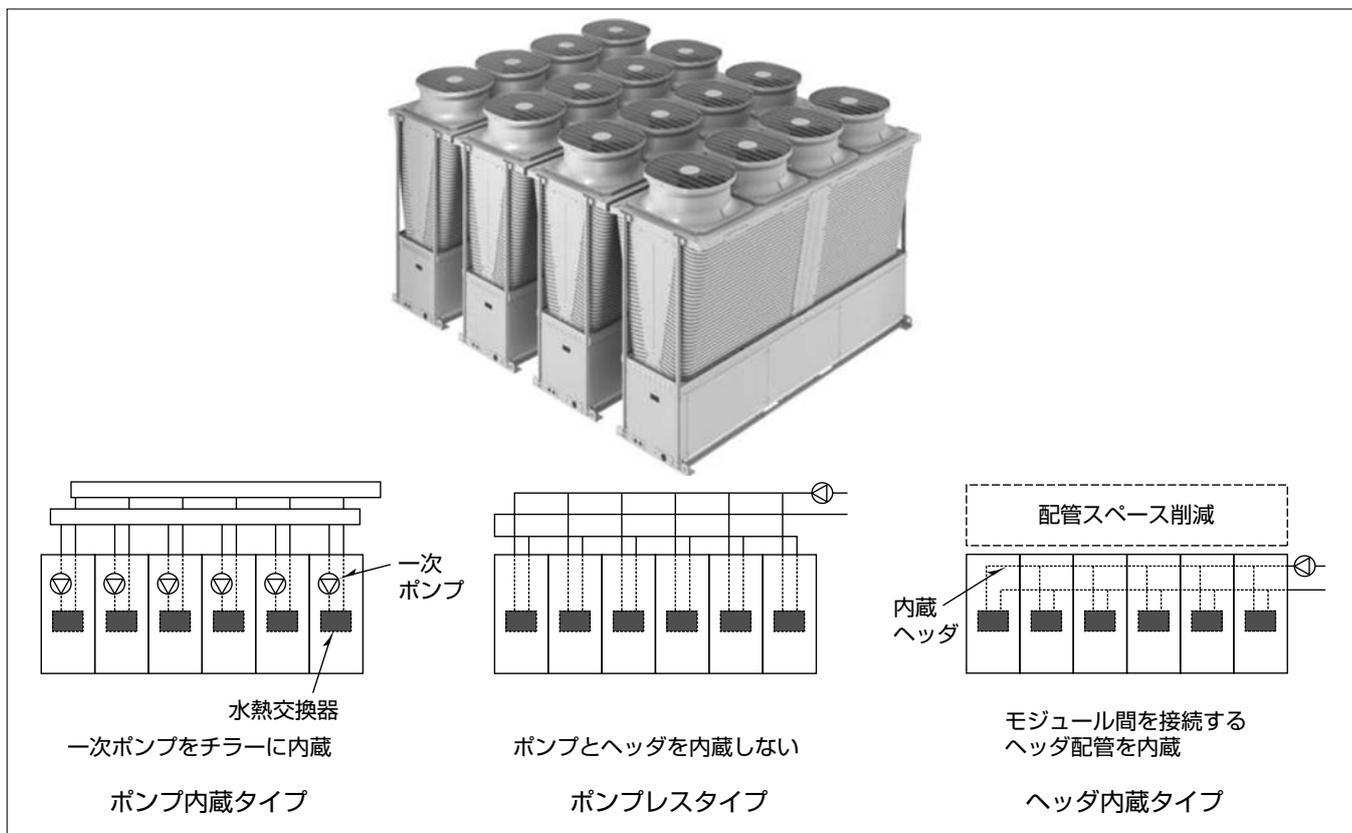
要 旨

現在、省エネルギー性が高く、CO₂排出量削減に大きく寄与し、ランニングコストの低減も可能なヒートポンプチラーの普及が進んでいる。今回、要素技術の改善及び三菱電機独自の製品筐体(きょうたい)の開発によって、省エネルギー性と設置性を向上させた空冷式ヒートポンプチラー“DT-R”(以下“DT-R”という。)を開発した。

この製品は業界トップクラスのCOP(Coefficient Of Performance)3.47を実現し、年間消費エネルギーを従来機と比べ15%低減して省エネルギー性を向上させた。また、他社同設置面積のユニットに比べて能力を20%向上させることで省設置スペース性の向上も実現した。

また、近年、冷温水ポンプ制御や熱源機複数台制御等を含めたシステム全体の性能を向上させることで、省エネルギー化を図る要望が大きくなっている。さらに、熱源機メーカーが冷温水ポンプをユニットに内蔵し、施工の簡略化を図るとともにメーカー側でポンプ制御を行うことが多くなっている。そこで、DT-Rでは冷温水ポンプをユニットに内蔵し、冷温水ポンプ制御・熱源機複数台制御を搭載した。これによって、システム制御を可能にし、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。

今後は当社冷熱システム製作所内に建設した技術棟でシステム制御の省エネルギー効果を検証する。



空冷式ヒートポンプチラー“DT-R”

DT-Rを4台連結接続したときの外観を示している。省エネルギー性と設置性向上を目的に新型チラーDT-Rを開発し、業界トップクラスの冷房COPと省設置スペースを実現した。

1. ま え が き

空冷ヒートポンプチラーは大規模ビル、学校、病院、工場等の大空間の空調や外気処理用のセントラル熱源機として広く採用されている。

チラーは空調室内機側に冷媒が不要であるため、近年、冷媒量削減による地球温暖化対策として注目され、更なる省エネルギー化が求められている。また、チラー市場の約60%は既設品からの更新需要であり、既存設置スペースでの冷房・暖房能力の拡大要求がある。

そこで、要素技術の改善や当社独自の製品形状の採用によって、省エネルギー性と設置性を向上させた空冷ヒートポンプチラーDT-Rを開発した⁽¹⁾。

2. DT-R

ヒートポンプチラーは高熱負荷対応やリスク分散を図るため、多台数のモジュールを連結して設置する事例が増えている。図1にDT-Rを4台連結接続したときの外観を示す。DT-Rはユニット下部に機械室を配置し、その上に空気熱交換器、最上部にファンを搭載するトップフロー形態を採用した。また、空気熱交換器を斜め配置し、機械室を直方体としたY構造によって、連結設置時の機械室サービス性を確保するとともに、吸い込みスペース増大によって単独設置時に対する風量低下を抑制した。

表1にDT-Rの性能を示す。DT-Rは高効率要素部品の搭載によって50HP(馬力)で業界トップクラスの冷房COP3.47を達成した。また、要素部品の容積削減と高密

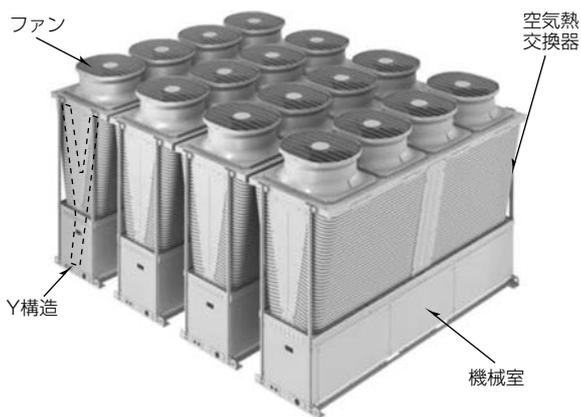


図1. DT-Rの4台連結接続

表1. DT-Rの性能

馬力		60HP	50HP
冷却	能力(kW)	180	150
	COP	3.12	3.47
加熱	能力(kW)	180	150
	COP	3.24	3.42
寸法(H×W×D)(mm)		2,350×1,080×3,400	

冷却性能は外気温35℃(乾球温度)、冷水入口14℃、冷水出口7℃(出入口7℃差)の時の値を示す。加熱性能は外気温7℃(乾球温度)/6℃(湿球温度)、温水入口38℃、温水出口45℃(出入口7℃差)の時の値を示す。

度実装によって50HPと同一設置スペース(1.08(W)×3.40(D)(m))で60HPを出力可能となり、省設置スペースを実現した。

3. 要素技術の高性能化

3.1 端部L字曲げ熱交形態と高効率フィン形状

DT-Rは1.08(W)×3.40(D)(m)のコンパクトな形状を実現するため、空気熱交換器の前面の面積を従来よりも小さくする必要があった。空気熱交換器を端部L字曲げ形状にすることで、曲げ回数を最小化し、列数を従来の3列から4列に増やした。これによって前面の面積を37%削減し、伝熱面積を15%の削減に抑え、高密度実装を実現した。また、省エネルギー性を維持するためには、伝熱性能の向上が必要であったため、従来のリングフィン(図2(a))から、新型スリットフィン(図2(b))を採用することで、10%の伝熱性能向上を達成した。

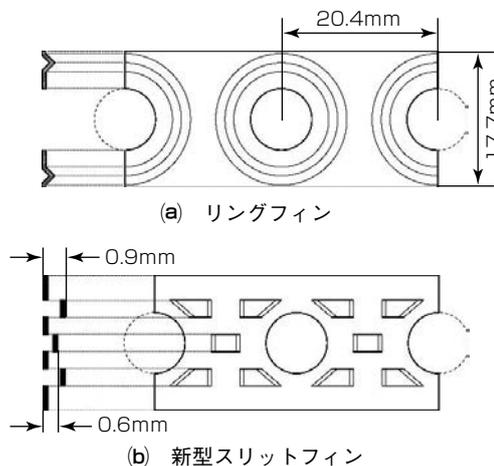


図2. 従来フィンと新型スリットフィン

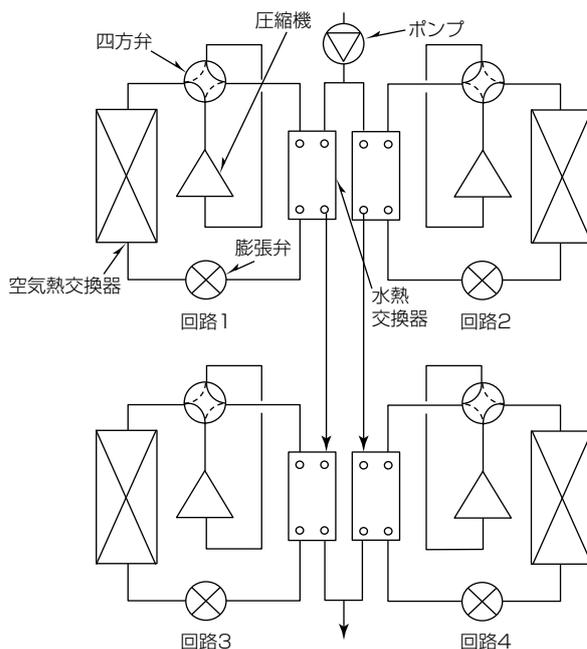


図3. 冷媒回路図

3.2 高効率インバータスクロール圧縮機

圧縮機については、スクロール圧縮機の組み込み容積比の最適化によって、低容量運転時の圧縮損失を削減し、約2%の性能改善を達成した。

3.3 2蒸発冷凍サイクル

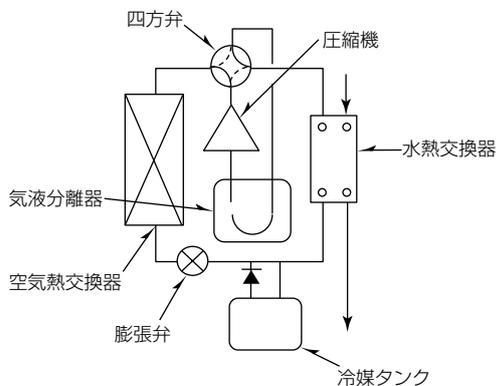
図3に1ユニットの冷媒回路図を示す。DT-Rは独立した4回路によって構成し、回路1・2を水側上流、回路3・4を下流として、水熱交換器に直列に水を流すように構成している。上流である回路1・2と下流である回路3・4の2段階で水を冷却するため、上流と下流で蒸発温度が異なる、2蒸発温度の冷凍サイクルとなる。このサイクルによって、上流側は温度の高い水と熱交換するため、下流側に比べて蒸発温度を2.5℃程度高くすることができ、2～3%の高効率運転を実現した。

4. 省スペース化技術と施工の簡略化

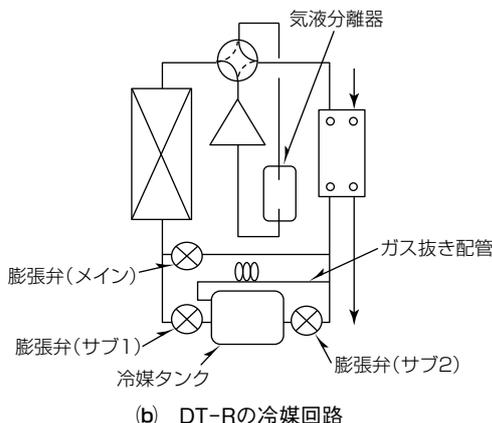
4.1 冷媒回路と制御

連結設置時のサービス性向上と50HPと同一設置スペースで60HP出力を可能とするために、機械室内の要素部品の容積削減を図った。

図4(a)に従来機種の1冷媒回路の詳細図を示す。ヒートポンプチラーは圧縮機、四方弁、空気熱交換器、膨張弁、水熱交換器、冷媒タンク、気液分離器で構成される。空気



(a) 従来機種の冷媒回路



(b) DT-Rの冷媒回路

図4. 従来冷媒回路とDT-R冷媒回路

熱交換器に対して水熱交換器の内容積は25%程度と小さいため、暖房運転時の冷媒量は冷房運転時よりも45%程度と少なくなる。そこで、冷媒タンクを設置し、余剰冷媒を貯留することで、暖房能力低下を抑制している。また、封入冷媒量相当の気液分離器を設置することで、過渡的に生じる余剰冷媒による圧縮機への液バックを防止している。この気液分離器は大容量で、機械室容積の大部分を占めており、機械室スペースの削減のためには、気液分離器の容積削減が必要であった。

図4(b)にDT-Rの1冷媒回路を示す。過渡的に生じる余剰冷媒は、冷房(除霜)から暖房運転に四方弁を切り替える際に最大となる。これは冷房(除霜)運転時に冷媒タンクが空の状態、暖房運転に切り替えることが要因である。そこで、冷媒タンク近傍に配置した膨張弁3つを連動させて制御することで、暖房運転に切り替える前に液冷媒を冷媒タンクに回収し、圧縮機への液バック量の抑制を図った。また、冷媒タンクにガス抜き配管を配置し、冷媒タンクに流入する二相冷媒を気液分離し、液冷媒の回収量を増加させた。液回収による液バック量抑制によって、気液分離器容積の大幅な縮小を図った。

4.2 内蔵ポンプと内蔵ヘッダ配管

現地での設計施工の簡略化を図るために、3種類の水配管接続方法をラインアップした。図5に現地水配管接続方法を示す。

ポンプ内蔵タイプはインバータポンプとポンプ駆動回路を機械室内に内蔵することで、現地設計・施工の簡略化を可能にした。また、従来機では対応できなかった冷温水ボ

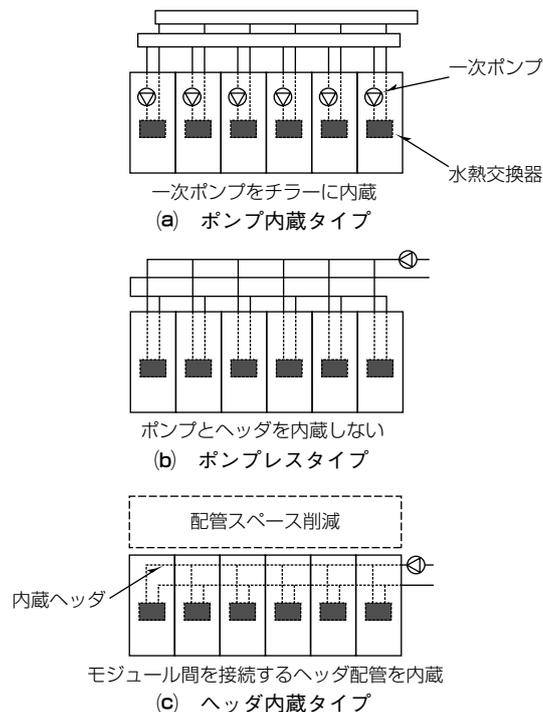


図5. 現地水配管接続方法

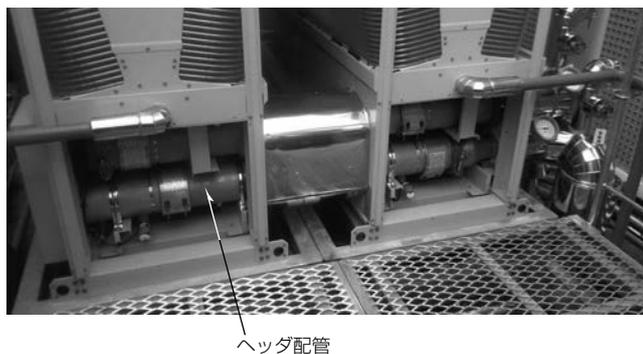


図6. ヘッド内蔵タイプによる現地施工

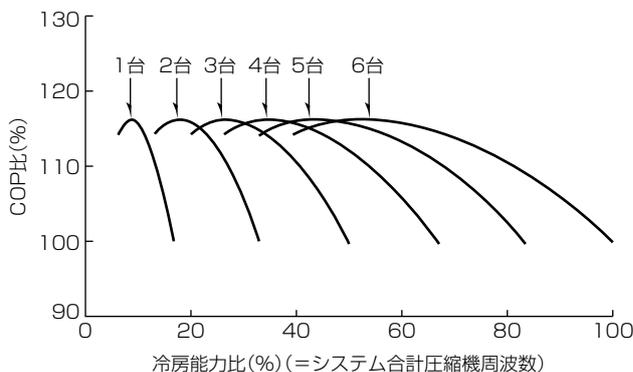


図7. 最適周波数切替え制御

ンプ制御をDT-Rで対応可能にした。

ポンプタイプは設計自由度が高く、現地ごとのシステムや負荷パターンに応じたシステム設計を可能にした。

ヘッド内蔵タイプは各モジュールに接続するヘッド配管(集合配管)を機械室内に内蔵することで、配管スペース・接続箇所を削減し、施工の容易化と工期の短縮を実現した。図6にヘッド内蔵タイプによる現地施工状況を示す。ポンプ内蔵タイプやポンプタイプで現地施工されるヘッド配管スペースを削減可能である。

5. システム制御

5.1 最適周波数切替え制御

当社の熱源機複数台制御の1つである“最適周波数切替え制御”について図7に示す。系統内圧縮機の合計周波数値によって負荷の増減を検知し、熱源機運転効率が最も良くなるように熱源機台数制御を実施する。定速圧縮機搭載の熱源機と比べて、インバータ搭載機の熱源機は100%容量よりも部分負荷の効率が高くなる。熱源機は60%前後がCOPが高い領域であるため、各熱源機が最適周波数(60%前後)となるように台数を管理し、各熱源機の出口水温が目標値になるように圧縮機周波数制御を行う。これによって、負荷に応じて熱源機台数制御を行うことができる。

5.2 バイパス弁制御

DT-Rは往還ヘッド間の差圧を確保することで室内機への送水圧力(差圧)を適正に保ち、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。図8に単式ポンプシステムを示す。往還ヘッド間の差圧をユニットに取り込むことで往還ヘッド間の差圧が目標差圧になるようにバイパス弁制御を実施する。これによって、常に往還ヘッド間の差圧を確保することで室内機への送水圧力(差圧)を適正に保ち、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。

6. むすび

空冷ヒートポンプチラーの省エネルギー性と設置性向上を目的に新型チラーDT-Rを開発し、業界トップクラス

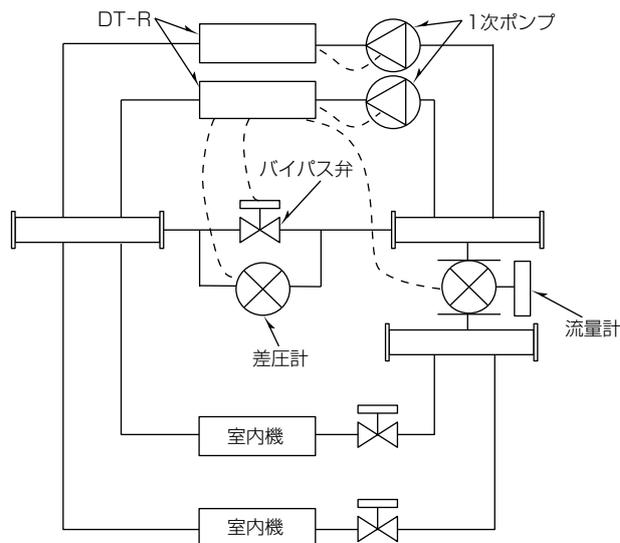


図8. 単式ポンプシステム

の冷房COPと省設置スペースを実現した。省設置スペース実現に当たり、冷房運転から暖房運転に切り替える際に冷媒タンクに液冷媒を回収する制御を導入し、従来に対して除霜後暖房起動の平均COP 9%向上と、アキュムレータの容積の大幅な削減を達成した。

また、設計施工の簡略化を図るために3種類の水配管接続方法をラインアップし、ヘッド内蔵タイプはヘッド配管をモジュールに内蔵することで、配管スペース・接続箇所を削減し、施工の容易化と工期の短縮を実現した。

さらに、DT-Rは熱源機運転効率が最も良くなるよう、台数制御を実施し、往還ヘッド間の差圧をユニットに取り込むことで室内機の温度制御の安定運転を可能にした。今後は当社の冷熱システム製作所内に建設した技術棟でシステム制御の省エネルギー効果を検証する。

参考文献

- (1) 伊藤正紘, ほか: 新形空冷ヒートポンプチラーの開発, 第50回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集, 43 (2016)