

日本冷凍空調学会賞 技術賞

ガスインジェクションヒートポンプシステム

Gas-Injection Heat Pump System

日本冷凍空調学会
技術賞

1. はじめに

近年の環境規制強化に伴い、自動車業界では電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド車 (PEHV) などの環境対応車の開発が加速している。これらの車両ではエンジン廃熱がないため、暖房するための熱創出技術が必要となる。しかし、電気ヒータを使用した場合、車の全消費エネルギーに対する冬季の暖房エネルギーの割合は50%以上になる場合もあり、走行に利用できるエネルギーが減り、実走行距離が大きく低下する。そこで、高効率な熱創出技術であるヒートポンプサイクルが注目されるが、低外気温での暖房性能確保や防曇のためのリヒート機能などは電気ヒータに頼っているのが現状であった。今回、上記の低外気温での暖房性能と防曇性を、小型の気液分離器を用いたガスインジェクションサイクルと、室外器の熱交換量をコントロールする除湿暖房サイクルを用いて達成するヒートポンプシステムを開発した。

2. システム概要

2.1 ガスインジェクションサイクル

図1に一般的な暖房サイクルとガスインジェクションサイクルのモリエル線図を示す。ガスインジェクションサイクルは高压の冷媒を2段階に膨張させ、その中間圧で気液分離したガス冷媒をコンプレッサへ戻す (インジェクションする) サイクルである。室外器にて吸熱に寄与しないガス冷媒を中間圧からコンプレッサに戻し、液冷媒を蒸発器へ流すことで室外器での吸熱量が増大する。また、密度の大きいガス冷媒をコンプレッサへインジェクションすることにより冷媒流量が増加し、暖房能力が増加する。ガスインジェクションサイクルのためには、従来システムに対して気液分離機能と絞り機能、流路切替機構が追加が必要であるが、本システムではそれらの機能を統合することでガスインジェクションサイクルを簡素なサイクル構成で達成している。図2に開発した小型の統合弁の概略図を示す。

2.2 リヒート技術

冷凍サイクルにおいて、冷却量をコンプレッサ回転数



井上 誠司*
Seiji INOUE



小林 寛幸*
Hiroyuki KOBAYASHI



谷畑 拓也*
Takuya TANIHATA



遠藤 義治*
Yoshiharu ENDO



林 浩之*
Hiroyuki HAYASHI

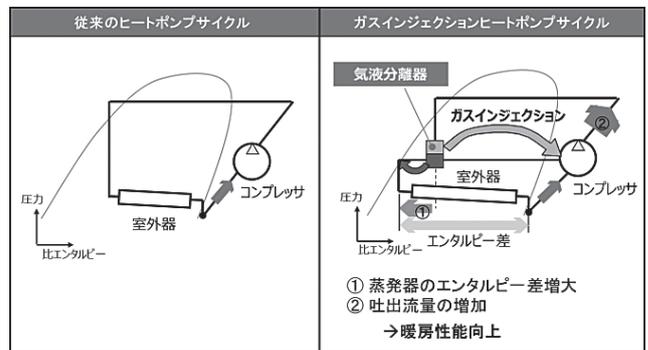


図1 ガスインジェクションサイクルのモリエル線図

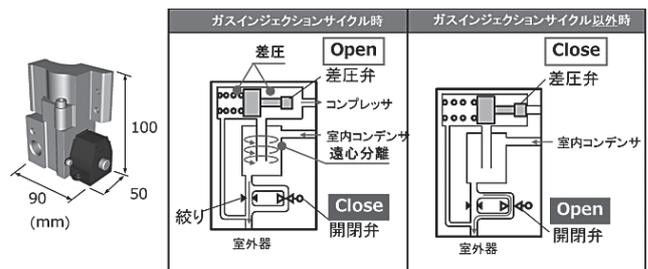


図2 統合弁の概略図

でコントロールした場合、リヒート量は冷凍サイクルの原理上、冷却量と動力で一義的に決まってしまう。ここで、リヒート量を調整するためには、室外器に能力調整機能を持たせることがキー技術となる。そのため、必要なりヒート量に応じて2つの冷媒流れ (エバポレータと室外器が直列流路、並列流路) の使い分けと電気式膨張弁の開度コントロールにより室外器の圧力を調整して熱交換量をコントロールすることで、広範囲の外気温度に

* (株)デンソー
Denso Corp.
原稿受理 2018年2月19日

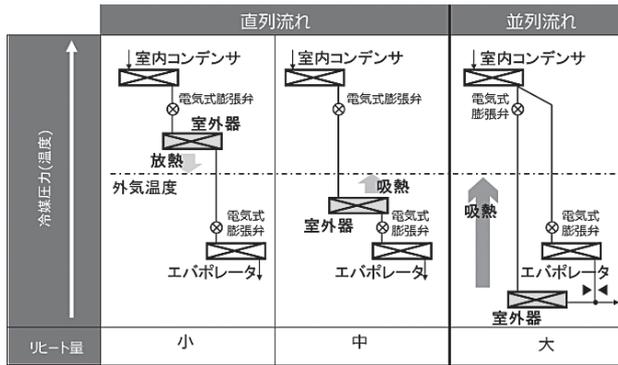


図3 室外器の温度コントロールによるリヒート量の調整方法

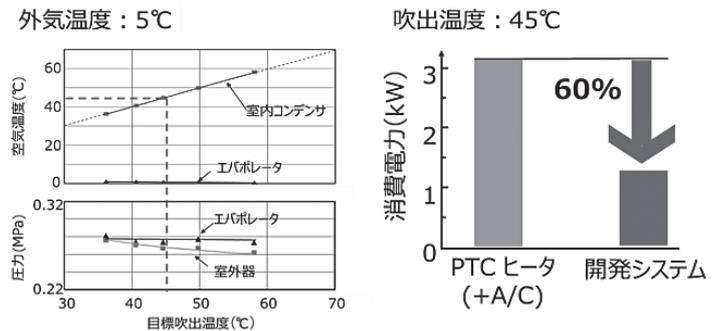


図5 リヒート技術の吹出温度コントロール性と消費電力

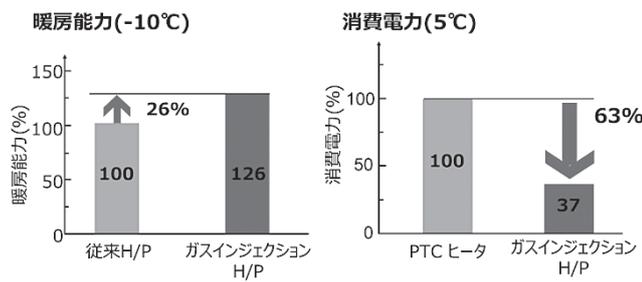


図4 暖房能力と消費電力

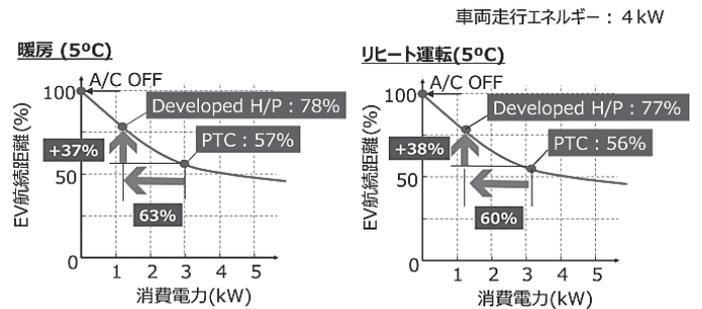


図6 EV 航続距離延長効果

対応できるリヒート機能を空調システムのみで達成している (図3)。

3. 効果

3.1 ガスインジェクションサイクル

図4にガスインジェクションサイクルの暖房能力と消費電力 (ベンチ試験結果) を示す。従来 H/P サイクルに対して 26% の暖房能力向上効果が確認できた。電気ヒータ (効率 1.0 を仮定) と消費電力を比較すると、63% の消費電力低減効果が確認できた。

3.2 リヒート技術

図5にリヒート運転時の温度コントロール性を確認したベンチ試験結果を示す。コンプレッサ回転数増加に伴い、EPRによりエバポレータ蒸発圧力は一定に保たれたまま、室外器の蒸発圧力のみが低下する。これにより、エバポレータ吸熱量 (除湿能力) は一定に制御されたまま、室外器吸熱量が増加している。その結果、エバポレータ後空気温度を 1°C に保持しながら吹出温度を 30~60°C まで制御できることを確認できた。また、吹出温度 45°C での消費電力は電気ヒータ+冷房サイクルの場合と比較すると 60% 低減する。

3.3 EV 航続距離延長効果

図6にヒートポンプシステムと電気ヒータとのEV航続距離の比較 (計算結果) を示す。これはある車両の走行エネルギー (4 kW) を前提に、図4と5のベンチ試験結果を用いてEV航続距離を見積もったものである。

暖房運転時については、外気温度 5°C 条件において 63% の電力低減効果が、リヒート運転時には 60% の電力低減効果が確認できた。これをEV航続距離に換算すると、それぞれ 37% と 38% の航続距離延長効果に相当する。

4. おわりに

電動車のEV航続距離延長のために、低温大能力技術と、広範囲の外気温度に対応できるリヒート技術を搭載したヒートポンプシステムを開発した。

低温大能力技術は、ガスインジェクションサイクルにおいて気液分離機能統合弁を開発することで簡素に達成した。広範囲の外気温度に対応できるリヒート技術は、室外器とエバポレータを直列、並列に配置し、室外器に能力調整機能を持たせることで実現した。

今後も省電力技術を開発、適用し、地球環境に貢献していきたい。