S3-3-1.　サイクル再加熱式除湿機能搭載車両用空調装置の開発

○[機]小谷 正直 ((株)日立製作所 機械研究所),福島 義親 ((株)日立製作所 笠戸交通システム本部),
平川 治生((株) 日立製作所 笠戸交通システム本部)

An Air-conditioner with a Dehumidification Function of a Cycle Re-heating System for Trains

Masanao Kotani (Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi, Ltd.),
Yoshichika Fukusima, Haruo Hirakawa (Kasado Transportation Systems Division, Hitachi, Ltd.)

A dehumidification air-conditioning system that performs air conditioning and heating simultaneously was developed. This air conditioner has two refrigeration cycles. Therefore, air conditioning can be carried out with a refrigeration cycle on one side of the unit, and heating can be carried out with the cycle of the other side. At this time, the indoor heat exchanger of the refrigeration cycle on the side of the air conditioning operation acts as an evaporator and cools and dehumidifies indoor air. However, the refrigeration cycle of the other side heats indoor air to act as a condenser. Consequently, the relative humidity can be lowered, holding indoor temperature.

キーワード：空調装置，サイクル再加熱，除湿，蒸発器，凝縮器，過負荷運転
Keywords : Air-conditioner, Cycle re-heating, Dehumidification Evaporator, Condenser, Overload operation

1.　はじめに

鉄道車両は狭い空間に多数の乗客が乗車するため、低外気温度時においても、乗客の発熱により冷房負荷が発生し、冷房運転が必要となる。このため、外気温が高くない中間期においては、吹出し空気温度の低下等により、乗客に冷えすぎ感を与えてしまうことがあり、車内の快適性向上のためには、新しい空調方式が必要とされている。

家庭用ルームエアコンの分野では、冷えすぎ感を与えない空調方式として、室内熱交換器に膨張弁を設けて蒸発器と、凝縮器に分離し、一部の空気を冷却・除湿し、その他の空気を加熱して、室温低下のないサイクル再加熱除湿が開発されている[(1)]。

通常の車両用空調装置は、筐体内に複数の冷凍サイクルが搭載されているため、一部の冷凍サイクルを暖房、その他を冷房運転させることで、ルームエアコンの除湿と同様の効果を得ることが期待できる。しかし、暖房側の冷凍サイクルは室外温度の影響により蒸発温度が上昇し、冷房側の冷凍サイクルで発生する冷却能力以上の過剰な暖房能力[加熱能力]が発生する。あるいは、圧縮機吐出圧力が上昇して、過負荷運転となるため、断続運転となり、吹出空気温度が変動し、快適性を確保できない場合がある。

今日我々は、暖房側の冷凍サイクルに圧縮機吐出口－蒸発器入口バイパス（以下、D－E バイパスと略記 ）を設けて過負荷運転を制御し、中間期においても除湿の連続運転が可能な車両空調装置を開発したので、その概要について報告する。

2.　D－E バイパス付暖房サイクルの構成

図 1 は本研究で用いた D－E バイパス付暖房サイクルの構成を示している。圧縮機により圧縮過程[1→2: 冷媒流量G_t]を経た冷媒は分流して、バイパス回路 [冷媒流量 G_b]と凝縮器として作用する室内熱交換器 [冷媒流量G_c] へ流入する。室内熱交換器へ流入する冷媒は室内空気と熱交換 [3→4] し、膨張弁で減圧される [4→5] 。この時、室内熱交換器を通過する空気は加熱される。一方、バイパス回路へ流入する冷媒はキャピラリーチューブで減圧された後、室内熱交換器側へ流れた冷媒と合流して蒸発器として作用する室外熱交換器へ流入する [2→2'→5'] 。その後、室外熱交換器で室外空気と熱交換し、圧縮機へ流入するサイクル [5'→6→1]を形成する。このため、室内熱交換器へ流入する冷媒流量 [$G_c = G_t - G_b$] はバイパス分だけ減少し、暖房能力［加熱能力］を減少させる

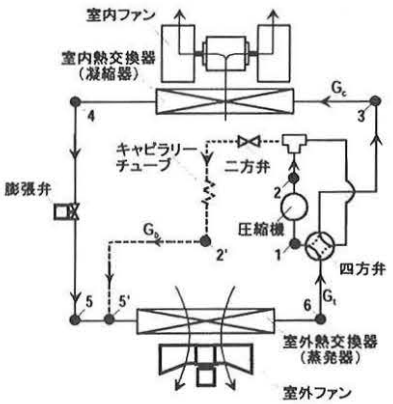

図 1　D－E バイパスの構成

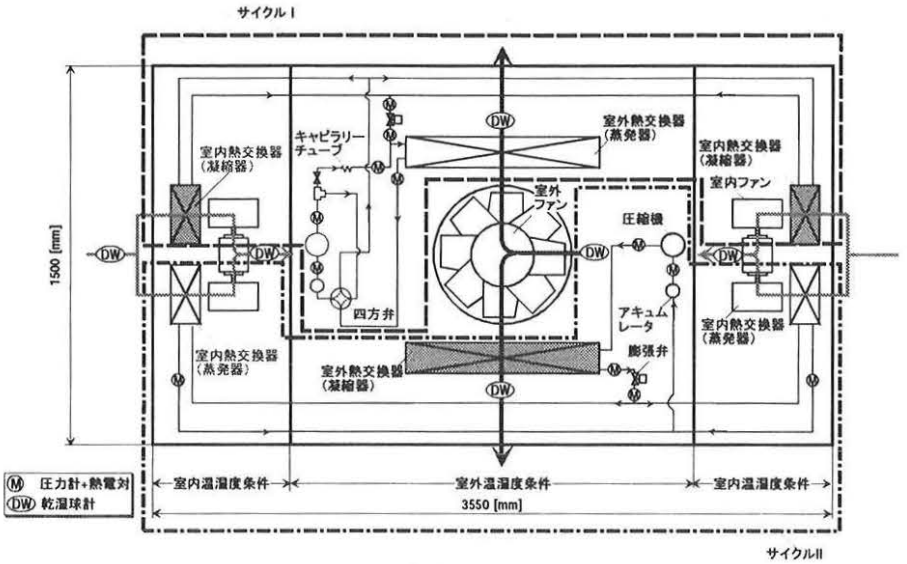

図 2　実験装置の概略

ことができる。また、室内熱交換器を通過する冷媒の単位質量当たりの伝熱面積が拡大するため、圧縮機吐出圧力が低下する。

3.　実験装置及び実験方法

図 2 は本研究に用いた実験装置の概略を示したものである。使用した空調装置は、2 系統の冷凍サイクルから成り、室外ファン×1: 125 [m^3/min], 室内ファン×2 : 27.5[m^3/min], スクロール圧縮機×2 : 2.6[kW], 室内熱交換器×2, 室外熱交換器×2 で構成される、定格冷房能力:23.3[kW]の空調装置である。一方の冷凍サイクル（サイクルI ）には四方弁が設置されており、四方弁の切替えにより暖房運転が可能である。このサイクルにはD−Eバイパスが設けられており、二方弁の開閉によりバイパスの有無を選択できる。除湿は一方の冷凍サイクルを冷房運転（サイクルII)、他方を暖房運転させて行う。

冷媒の圧力及び温度は、図に示す位置で圧力計及び熱電対を設置して測定される。除湿能力及び室内吹出温度は、図に示す位置の乾湿球温度計より測定される。

実験は室内空気条件 [乾球/湿球] :[23℃/20.5℃], 室外空気条件 : [25℃/20℃] 下で行い、二方弁を閉止した場合と開放した場合の除湿能力及び室内吹出温度を測定し、D−E バイパスの効果を確認した。

4.　実験結果

表 1 は、除湿試験結果を示したものである。表より、除湿能力は 4.5〜4.6 [kW]であることが分かる。D−E バイパス無での除湿運転では、サイクル I の暖房能力 [加熱能力]:11.8[kW], サイクル II の冷却能力: 6.4[kW]であり、加熱能力は冷却能力より 5.4 [kW] 大きい。この結果、室内吸込温度 23[℃]の吹出温度は 28.3[℃]まで上昇する上、過負荷運転となり変動も大きい。

表 1　除湿試験結果

バイパス		—	無	有
平均室内吹出温度 [冷却・加熱混合]		℃	28.3 (変動大)	24.1 (変動小)
平均暖房能力 (サイクル I) [加熱能力]		kW	11.8	7.9
平均冷房能力	(サイクル II)	kW	10.9	11.5
	平均冷却能力	kW	6.4	6.9
	平均除湿能力	kW	4.5	4.6
圧縮機吐出圧力(サイクル I)		MPa	2.22	1.67

一方、D−E バイパス有の場合、サイクル I の加熱能力:7.9 [kW], サイクル II の冷却能力:6.9[kW]となり、加熱能力と冷却能力はほぼ等しくなる。室内吹出温度は室内吸込温度とほぼ等しい 24.1[℃]で室内へ吐出する。また、2.22[M Pa]→1.67[M Pa]まで圧縮機吐出圧力を低減でき、吹出温度の変動も低減した。この結果、室外温度が比較的高い温度域においても、暖房運転が可能となり広い温度範囲で除湿運転を行うことができた。

5.　まとめ

冷房と暖房を同時に行って除湿運転を行う車両用空調装置を開発し、以下の事を明らかにした。

(1)　本研究で開発した空調装置は、室内吸込温度 23[℃], 吹出温度 24.1[℃]と、室温低下を抑えながら、除湿能力 4.5[kW]〜4.6[kW]の除湿運転を行うことができる。

(2)　D−E バイパスにより加熱能力を 11.8[kW]→7.9[kW]まで低減し、除湿運転を連続して行うことができる。

参考文献

(1)　中村他 2 名, 日本機械学会第 73 期通常総会講演会論文集 (IV), **96**−1 (1996−4), 532−533