

# 급속분리커플링으로 연결된 에어컨의 운전성능에 관한 실험적 연구

조 수, 이 수 열\*, 성 욱 주, 박 희 문\*\*  
심 경 중\*\*, 김 우 승\*

한국에너지기술연구원 건물열성능센터, \*한양대학교 대학원 기계공학과, \*\*(주)삼영

## A Study on Performance of Air-condition Linked by Quick Disconnect Coupling

Soo Cho, Su-Yul Lee\*†, Uk-Joo Sung, Hee Mun Park\*\*, kyung-Jong Sim\*\*,  
Woo-Seung Kim\*

Building Energy Center Korea, Institute of Energy Research Center, Daejeon 305-343, Korea

\*Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

\*\*SAMYOUNG CO., Ltd, Daejeon 306-818, Korea

**Abstract:** This study analyzed operation characteristics of air-condition piping is made by quick disconnect coupling. Air-conditioning consists of central compressor 3HP capacity and R22 refrigerant. We experimented with two operation cycles of air-condition under the same environment; one is with quick disconnect coupling. The other is without quick disconnect coupling. As a result, we can observe whether the condensation temperature of former increased by about 3-5. Furthermore, COP decreased by about 10%.

**key words:** Air conditioning system(공조시스템), Quick disconnect coupling(급속분리커플링), Refrigerator cycle(냉동사이클), COP(성능계수)

### 기 호 설 명

$W_{out}$ : 축동력

COP: 성능계수  
 $m$ : 질량유량  
C: 비열  
 $Q_e$ : 냉방부하  
T: 온도

### 1. 서 론

인류가 이룬 지난 20세기 동안 급격한 산업화에 따라 기후변화, 오존층의 고갈, 사막화현상 등과 같은 환경문제들이 발생하고 있다. 더욱이 경

† Corresponding author  
Tel.: +82-42-860-3723; fax: +82-2-860-3313  
E-mail address: suyul@kier.re.kr

제발전과 소득향상으로 삶의 질 욕구가 증대되어 가정에서 깨끗한 공기, 물 등과 같은 쾌적한 생활 환경에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이에 비례하여 에너지소비도 급격히 증가되고 있는 실정이다. 이처럼 매년 급증하는 에너지소비증가는 화석연료의 사용량 증가로 이어졌고 화석연료인 석탄, 석유 및 천연가스의 연소시 발생하는 이산화탄소, 미량가스인 메탄, 산화질소, CFC 등이 지구온난화의 주요 원인으로 밝혀지면서 현재 미국을 비롯한 여러 선진국들이 이러한 인간의 산업 활동에 의한 기후변화 가능성과 그에 따른 부정적인 환경영향을 방지하기 위한 연구가 진행되고 있다.<sup>1)</sup>

특히 CFC 및 HCFC계열 냉매는 이산화탄소와 비교하여 수천/수만 배의 적외선 흡수능력을 가지며 화학적으로 안정되어 대기 중에서 잘 분해되지 않는 성질을 가지기 때문에 환경적으로 중대한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이에 따라 온실가스배출량 세계10위를 기록하고 있는 한국도 지구온난화의 규제 및 방지를 위한 국제협약인 포스트 교토의정서 체제에 동참하게 되었으며 이에 대비하여 CFC 및 HCFC계열 냉매들의 의무적인 감축 방안에 대한 대응책이 필요한 현실이다. 현재 CFC 및 HCFC 사용규제로 인한 문제들을 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 이러한 방법들로서는 혼합냉매, 탄화수소계열의 냉매, 이산화탄소, 암모니아, 물, 공기 등의 대체냉매 개발에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>2)</sup>

이러한 대체냉매는 지구환경을 파괴시키는 성분을 포함하지 않고 자연계에 널리 존재하는 장점을 가지고 있는 것은 사실이나 탄화수소냉매들은 가연성이 있어 폭발의 위험성이 있으며, 암모니아는 독성과 가연성이 있으므로 특별한 안전장치가 필요하며 또한 냉매의 물성치 변화에 따른 공조시스템 최적 재설계 문제 등과 같은 대체냉매 적용에 관한 후속연구가 요구되고 있다.<sup>3)</sup>

이에 본 연구에서는 지구온난화를 유발하는 CFC 및 HCFC냉매를 회수 및 재사용하는 방안으로 기존의 주택 및 산업용으로 설치, 사용되고 있는 공조기기의 배관의 연결방식을 고정식이 아니라 필요에 따라 체결상태를 조절할 수 있는 급속분리커플링으로 연결된 냉매배관을 가진 에어컨에 대한 실험을 하였고, 기존의 동파이프배관을 갖는 에어컨시스템과의 비교실험을 통하여 시스템의 성능을 측정하고 운전 시 발생하는 냉동사이클 특성을

을 고찰하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰 및 실험개요

### 2.1 냉동 사이클 해석

fig. 1은 냉방시 에어컨의 몰디에르 선도를 나타낸다. 1은 압축기의 흡입, 2는 압축기의 토출, 3은 응축기입구, 4는 응축기 출구, 15는 팽창밸브입구, 5는 응축기입구, 6은 응축기 출구를 나타낸다. 여기서 2-3은 압축기 출구에서 응축기입구까지의 압력손실, 6-1은 증발기출구에서 압축기입구까지의 압력손실을 나타낸다.

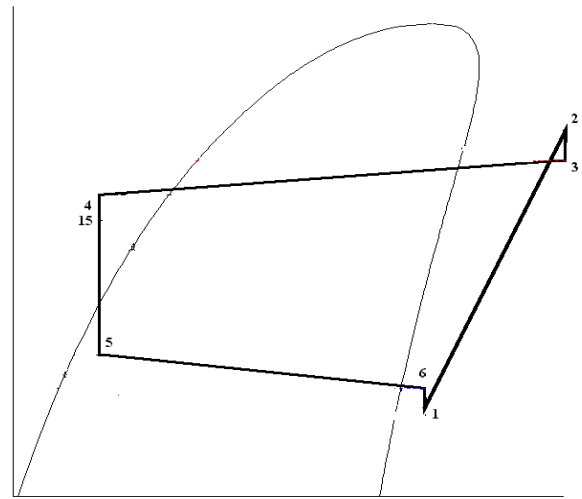


fig. 1 Mollier diagram

냉동 사이클 해석의 방법에는 열역학과 열전달의 기본법칙을 이용한 구성요소의 모델화를 통하여 냉매의 열역학적 물성치만을 고려하여 사이클의 특성을 정성적으로 고찰하는 방법이 주로 이용된다.<sup>4)</sup> 사이클 성능해석의 지표로는 냉방능력(Q)과 소비전력을 고려한 성적계수(Coefficient of Performance - electric Power, COP<sub>E</sub>)가 있으며, 다음의 식을 나타낼 수 있다.

$$COP = \frac{Q_e}{W_{out}} \quad (1)$$

$$Q_e = \dot{m} C \Delta T \quad (2)$$

위와 같이 냉매의 온도, 압력, 유량을 통한 냉

방능력 및 성적계수를 이용하여 냉동기의 성능을 분석하였으며 시스템에 사용된 냉매(R-22)의 물성



fig. 2 the outlines of quick disconnect coupling

치는 미국표준연구소(NIST)의 REPROP Ver. 6.01을 활용하여 계산하였다.<sup>5)</sup> 또한 사이클 해석을 위해 Technical University of Denmark의 Refrigeration utilities Ver. 2.84를 이용하였다.

## 2.2 급속분리커플링

fig. 2는 커플링 분리 시 소켓과 플러그 양쪽의 밸브가 즉시 닫히면서 유동이 차단되는 특징을 가지는 양방향 차단형태의 급속분리커플링의 모델링 형상이다. 유체의 내부유동시 발생하는 대부분의 에너지손실은 유로의 단면적이나 유동방향의 변화 등이 있는 밸브나 이음쇠에서 발생되므로 본 연구에서는 급속분리커플링을 통과한 냉매의 물성치 변화에 영향을 받는 에어컨의 성능특성을 관찰하기 위하여 급속분리커플링이 장착된 에어컨 실험시 냉매고압배관 및 저압배관에 커플링을 설치한 후 시스템을 운전하였다.

## 2.3 실험장치 구성 및 실험방법

본 연구에서 급속분리커플링이 장착된 에어컨과 동과이프배관으로 연결된 에어컨의 성능에 대한 비교실험을 실시하기 위해 실험장치는 냉매 R-22를 사용하는 상용제품을 사용하였으며 (국내 D사의 3HP급, 냉방능력 7100kcal/h) 또한 냉매의 온도, 압력, 유량을 측정하기 위해 배관표면 및 내부에 T-type 열전대, 압력계, 유량계 등을 설치하

였다. 시스템내의 측정센서 부착위치 및 종류는 fig. 3과 table 1에 나타내었다.

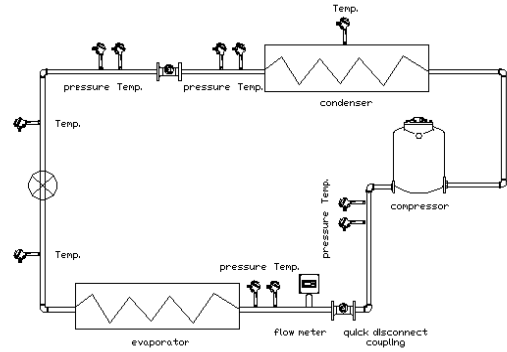


fig. 3 schematic diagram of air conditioner system

table 1 measuring apparatus

측정 기기	측정 센서
HP34970A	Thermocouple T-type
압력계	디지털식 마노미터
HOIKI	전력량계(전력량 및 적산전력계)
(주) Flownics Model: KOT-(N)-B-T	Turbine Flow Meter

에어컨은 냉매의 물리적 특성을 이용한 일종의 열전달장치이다. 이러한 에어컨의 냉방부하는 외기온도에 의해 영향을 받으므로 에어컨의 성능을 공정하게 비교하기 위해서는 비교실험시 동일한 실내·외 온도조건을 모사하여야 하며 이를 위해 에어컨의 응축기 및 증발기 모두에 일정한 열부하를 공급하여 표준실험조건을 만든 후 실험을 진행하였다. 증발기에 동일한 실내부하를 공급하기 위하여 일정 공간(3.1×2.7×4.7m)에 기류교반장치와 인버터형 히터를 설치하여 실내공간의 온도가 30±1℃를 만족시키도록 하였고 외기온도차가 Δ5℃범위 내에서 실험을 실시하였다. 또한 냉동기 성능측정에 필요한 압축기의 소비전력은 전력량계를 사용하여 측정하였고 데이터는 실험장치에 표시되는 계측값과 통신으로 송신된 계측값을 비교하여 오차여부를 확인하였다. 데이터 획득방법은

NI(National Instruments)사의 Lab view 7.0을 통하여 10초 간격으로 측정하였다.

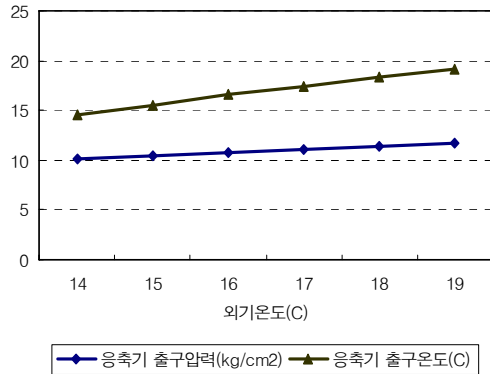


fig. 4 Condenser of outlet temperature and pressure for

### 3. 실험결과 및 고찰

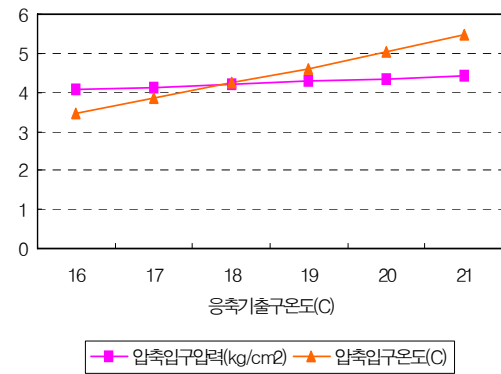


fig. 5 Compressor of inlet temperature and pressure

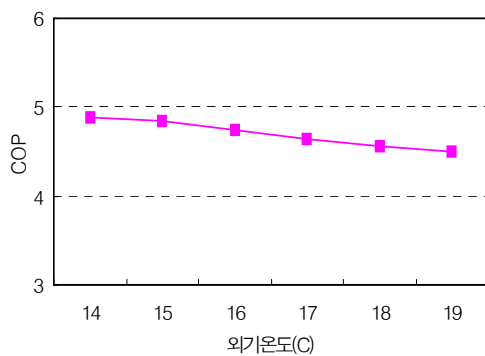


fig. 6 COP of various true air temperature

CFC계 냉매의 특성은 온도가 상승할수록 열전도율은 낮아지고 점성은 액상일 경우는 감소하나 과열증기상태인 경우는 증가하는 경향을 보인다.<sup>6)</sup> 따라서 fig. 5 에서보는 것과 같이 압축기입구 평균압력이 4 kg/cm<sup>2</sup> 일 때, 온도가 3.5°C에서 5.5°C로 증가함으로 동일압력에서의 과열증기온도와 건조포화증기의 온도차로 정의되는 과열도가 증가하게 되며 그 결과 압축기 흡입가스의 상태가 과열 압축상태가 된다. 또한 압축기출구의 토출가스 온도가 높아짐에 따라 냉매의 비체적이 증가함으로 압축기의 체적효율이 나빠지게 되며 냉매의 순환량이 줄어들어 응축기입구온도가 상승하게 된다. 그 결과 fig. 6에서 보여지는 것과 같이 냉동 사이클이 외기온도에 따라서 COP가 감소하게 된다.

#### 3.1 표준 냉동 사이클

fig. 4 & fig. 5는 급속분리커플링이 연결되지 않은 에어컨의 압축기 입구 온도(fig. 1, 1지점)에 따른 응축기 출구온도(fig. 1, 4지점)의 변화를 나타낸 그림이다. fig. 4는 외기온도에 따른 응축압력 및 온도(fig. 1, 4지점)를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 외기온도가 상승함에 따라 응축기전열판의 열흐름에 영향을 주는 외기와 응축기전열판의 온도차가 감소되고 그 결과 응축기출구의 냉매온도가 상승되는 것을 볼 수 있다. 또한 fig. 4 & fig. 5에서 외기온도 증가를 통해 상승된 응축출구온도는 일정열부하를 받는 증발기를 통과하여 압축기입구온도에 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

#### 3.2 급속분리커플링으로 연결된 에어컨

외기온도가 동일할 경우 급속분리커플링 전후의 압력차는 약 0.1~0.2kg/cm<sup>2</sup>인 것으로 나타났으며, 외기온도가 증가할수록 압력차도 비례하는 것으로 나타났다. 아래의 fig. 8, fig. 10에서 보는 것과 같이 급속분리커플링 장착 후 평균 응축 및 증발압력은 17.52kg/cm<sup>2</sup>, 3.34kg/cm<sup>2</sup>로 동파이프 배관과 비교하여 응축압력은 6.65kg/cm<sup>2</sup> 상승하였고 반면에 증발압력은 0.9kg/cm<sup>2</sup> 하강하였다. 이와 같이 응축압력의 상승 또는 증발압력의 저하는 압축기의 압축비를 증대시켜 토출온도를 높이게 되며 동시에 압축일이 증가하여 성적계수를 감소시

킨다. 결국 fig. 12에서 보는 것과 같이 COP를 감

소시키는 원인이 된다.

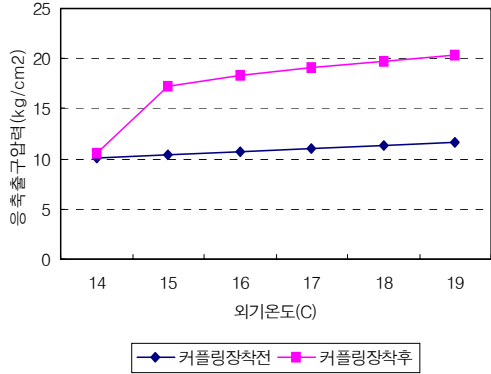


fig. 8 Condenser of outlet pressure

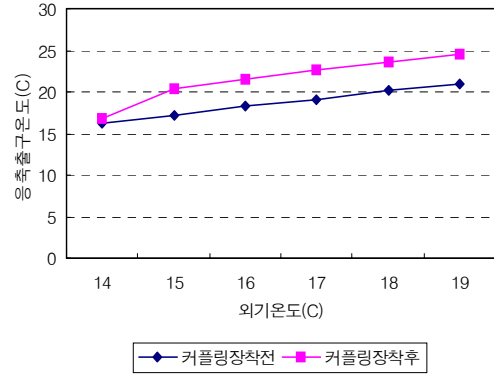


fig. 9 Condenser of outlet temperature

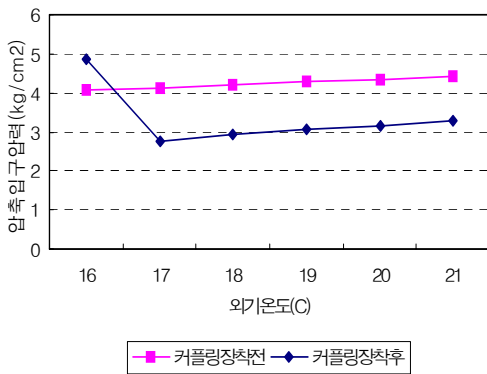


fig. 10 Compressor of inlet pressure

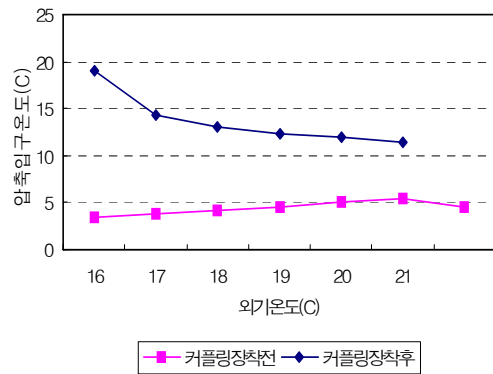


fig. 11 Compressor of inlet temperature

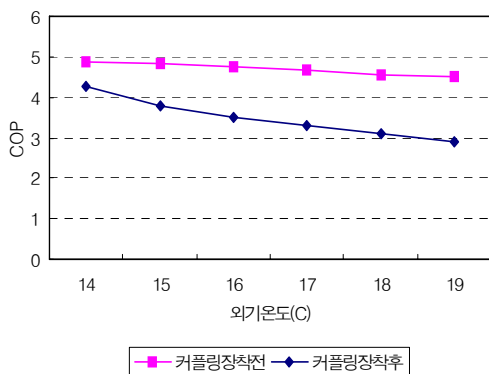


fig. 12 COP of Quick disconnect coupling

#### 4. 결론

급속분리커플링이 설치된 에어컨의 성능을 해석

하기 위해 일정한 실내부하를 유지하였을 때 외기 온도변화에 따른 냉동사이클의 주요 성능에 관한 연구결과는 다음과 같다.

1. 급속분리커플링의 반복적인 실험을 통해 커플링 전·후의 압력차는 약 0.1~0.2 kg/cm<sup>2</sup> 수준으로 나타났으며, 외기온도의 상승에 의해 증발압력이 상승할수록 압력차가 커지는 것을 볼 수 있었다.

2. 냉동기의 COP는 외기와 증발온도에 의한 함수이다. 즉, 압축기 입구온도의 과열도 제어와 압축기운전의 제어가 성능에 지대한 영향을 미친다. 압축기의 전력량은 외기온도가 높을수록 높아지는 현상을 보였으며, 외기온도가 높을수록 응축기 입구온도가 높아져 결국 증발온도가 높아지는 결과를 얻게 되었다.

3. 동과이프배관과 급속분리커플링배관의 운전 사이클을 비교 분석 결과, 외기온도가 동일조건일 때 급속분리커플링으로 연결된 에어컨은 증발압력에 비해 증발온도가 높은 과열압축으로 운전되는 경향을 보였으며, COP차이는 10% 내외 인 것으로 나타났다.

본 연구에서는 급속분리커플링이 설치된 냉동기의 성능시험에 대한 장치구성과 냉동사이클 중 응축기 및 증발기에 대한 시험결과에 대한 내용을 소개하였다. 현재 다양한 운전조건에서 운전특성과 실내기 팽창밸브를 포함하는 각 요소의 성능을 고려한 냉동사이클해석과 최적설계방안에 대한 연구가 계획되어 있으며, 향후 이 부분에 대한 연구 결과도 소개할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. Domanski, P.A and Didion, D.A., 1993, Thermodynamic evaluation of R-22 alternative refrigerants and refrigerant Mixtures, ASHRAE Transactions, Vol.99, Part 2, pp.636-648.
2. Kim, J. D. et al., 2002, CFC Alternative Refrigerants, Korea Institute of Science and Technology, Vol. 13, No. 6, PP.491-501.
3. Choi, Y. D. et al., 2007, Recent Progress in Air Conditioning and Refrigeration Research, Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, PP. 104-106.
4. Park, S. N., Kim, M. S., 1997, Performance Analysis of Refrigeration Cycle Using CO<sub>2</sub> and R134a, Society of Heating Air - Conditioning and Sanitary Engineers, PP.92-95.
5. McLinden, M. O., Klein, S. A., Lemmon, E. W. and Peskin, A. P., 1998, NIST Thermodynamics and Refrigerant Mixtures, REFPROP version 6.0
6. 냉매의 傳達性質, 1975 June, Journal of S.A.R.E.K vol, 4, NO. 2