creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:21031-200000225596

공 학 석 사 학 위 논 문

냉동기 오일 변화량에 따른 군용 장갑차 에어컨 성능 특성

2019년 8월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

냉동공조공학과

김 찬 희

공 학 석 사 학 위 논 문

냉동기 오일 변화량에 따른 군용 장갑차 에어컨 성능 특성

지도교수 윤 정 인

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2019년 8월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

냉동공조공학과

김 찬 희

김찬희의 공학석사 학위논문을 인준함.

2019년 8월 19일

위 원 장 공학박사 최 광 환 (인)

위 원 공학박사 손 창 효 (인)

위 원 공학박사 윤 정 인 (인)

Contents

LIST OF FIGURES ii

LIST OF TABLES iv

ABSTRACT vi

제1장 서 론 1

1.1 연구배경 및 목적 1

1.2 종래 연구 3

제2장 연구 이론 5

제3장 장갑차용 냉동기의 성능실험 7

3.1 실험장치 및 방법 7

3.1.1 실험장치 및 구성기기 7

3.1.2 실험 방법 17

3.2 실험 조건 17

3.3 실험 결과 및 고찰 20

3.3.1 냉동기유 400g일 때 시험결과 20

3.3.2 냉동기유 충진양의 변화 할 때 성능시험결과 22

(1) 냉동기유 충진양이 변화할 때 성능 결과 22

3.3.3 냉동기 과부하 조건일 때 시험결과 25

제4장 결 론 26

참고문헌 27

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

List of Figures

Figure 1 Schematic diagram ····· 6

Figure 2 Diagram of experimental apparatus ····· 8

Figure 3 Indoor experimental apparatus ····· 9

Figure 4 Outdoor experimental apparatus ····· 10

Figure 5 Compressor ····· 11

Figure 6 Fan ····· 11

Figure 7 Air conditioner 1 ····· 12

Figure 8 Air conditioner 2 ····· 12

Figure 9 Temperature sensor ····· 13

Figure 10 Condensor ····· 13

Figure 11 Evaporator ····· 14

Figure 12 Expansion valve ····· 14

Figure 13 Compressor inverter ····· 15

Figure 14 Receiver drier ····· 15

Figure 15 Power supply(40A) ····· 16

Figure 16 Power supply(60A) ····· 16

Figure 17 Sample 3 test result ····· 21

Figure 18 Oil charge – capacity test result ····· 23

Figure 19 Temperature and pressure of the compressor according to the amount of oil charge ····· 24

Figure 20 Performance variation in over-oil condition ····· 25

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

List of Tables

Table 1 Experimental conditions ····· 18

Table 2 Experimental conditions by product ····· 19

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Performance Characteristics of Air Conditioning in Military Armored Vehicles with Charging Rate of Refrigerator Oil

Chan Hee Kim

Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, The Industrial Graduate School, Pukyong National University

Abstract

Developed by the disposal of CFC refrigerants, HFC134a refrigerants are commonly used in small air conditioners such as automotive air conditioners and home refrigerators. HFC134a refrigerant was developed as a substitute for CFC 12, but due to physical properties differences, it is not possible to use the refrigerant oil(mineral oil) used in CFC12 The refrigerant oil suitable for HFC134a refrigerants is synthetic oil PAG(Poly-Alkylene Glycol). These refrigerats oils are widely used in automotive air conditioners.

At present, air conditioning is getting smaller and smaller, and its impact on heat transfer efficiency is increasing, but its review is insufficient for the effect of refrigerant oil on freezers.

In general, the refrigerant oil of the air conditioner that we commonly use around us is used to improve the durability of the compressors, and the total amount of such refrigerats oil is determined based on the data provided by the compressor manufacturer and is charged and purchased inside the compressor when purchasing the compressor. Therefore, the effect of refrigerant oil on the air conditioner can cause deviation of the cooling performance of the refrigerator calculated theoretically, and to solve this problem, the compressor is changed rather than changing the total volume of the refrigerant oil.

As such, it is common for air conditioners in the private sector such as home and automobile businesses, which we usually purchase, to develop compressors and heat exchangers in the product development phase, or to develop new products according to the compressors already in use.

In addition, when purchasing air conditioners in the private business sector, products that are not operated by compressors are purchased with the refrigerant oil and refrigerant injected into them, and are installed in house or car.

On the other hand, in order to deliver the product, the military armored vehicle air conditioner must be delivered with a report after completing the test for all products by the KOLAS certification authority before delivery, except in some special cases. Because compressors are naturally test operated, the product's durability and performance deviation are shown by the change in the total amount of refrigerant oil in the air conditioner, which results in the total quantity change of the product during heat exchanger or posttest release of the refrigerant.

The purpose of this study is to demonstrate through objective data the change in cooling performance caused by the change in the total amount of refrigerants oils in the above special circumstances, to provide experimental results as a basic design data on the effect of the change in the total amount of compressor oil on the air conditioners, and to minimize performance change by setting the margin of error on the filling quantity of the refrigerants oils.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

제1장 서 론

1.1 연구배경 및 목적

CFC냉매 폐기로 인해 개발된 HFC134a 냉매는 일반적으로 자동차용 공조기, 가정용 냉장고 등과 같은 소형 공조기에 주로 사용하고 있다. HFC134a냉매는 CFC12를 대체하는 냉매로 개발되었지만 물성차이로 인하여 CFC12에서 사용하던 냉동기유(미네랄오일(광유))를 사용 할 수 없는 것이 대표적인 단점이다.
HFC134a냉매에 적합한 냉동기유는 합성오일 PAG(Poly-alkylene Glycol)냉동기유 이다. 이런 냉동기유는 자동차용 공조기에 널리 사용되고 있다.
현재 공조기는 점점 소형화 되어가고 있으며, 이로 인해 냉동기유가 열 전달 효율에 미치는 영향은 점점 더 증가 되어가고 있는 반면에 냉동기유의 총량이 냉동기 내부에서 미치는 영향에 대해서는 검토가 미흡하다.
일반적으로 우리가 주위에서 흔히 사용하고 있는 공조기의 냉동기유는 압축기의 내구성 향상을 위해 사용 되는 중이며, 이러한 냉동기유의 총량은 압축기 제조회사에서 제공하는 데이터를 바탕으로 정해지고 압축기 구매 시 압축기 내부에 충전되어 구매하게 된다. 따라서 냉동기유가 공조기에 미치는 영향으로 인하여 이론적으로 계산한 냉동기의 냉방성능의 편차가 발생할 수 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 냉동기유의 총량을 변화시키는 것이 아

니라 압축기를 변경하고 있다.

이렇듯 우리가 일반적으로 구매하게 되는 일반 가정용, 자동차용 등의 민간사업 분야에서의 공조기는 제품 개발단계에서 이미 압축기와 열 교환기 등을 함께 개발하거나 이미 사용중인 압축기에 맞춰 신제품을 개발하는 것이 일반적이다.

또한 민간사업 분야의 공조기 구매 시 압축기가 가동되지 않은 제품을 구매하게 되고 냉동기유와 냉매가 주입된 상태에서 구매하여 일발가정 또는 자동차에 설치되어 사용하게 된다.

반면에 군용 장갑차 에어컨은 일부 특수한 상황을 제외하고 제품을 군에 인도 하기 전에 모든 제품의 성능시험을 KOLAS인증 기관에서 시험을 완료하여 제품의 성적서와 함께 제품을 인도하게 되어있다. 시험을 위해서는 당연히 압축기가 가동되기 때문에 시험 후 열 교환기 또는 냉매 배출 시에 내부에 잔존하거나 냉매와 함께 배출되는 냉동기유가 존재하게 되고 이로 인해 제품마다 냉동기유의 총량에 변화가 발생하여 공조기내에 오일 충진양이 변화하여 제품의 내구도 와 성능의 편차를 보이게 된다.

본 연구는 위와 같은 특수한 상황에서 냉동기유의 총량의 변화에 따른 냉각 성능 변화에 대해 객관적인 데이터를 통하여 입증하고 이를 통하여 동일한 냉동기 제품에서 냉동기유의 총량의 변화가 냉동기에 끼치는 영향성에 대한 기초 설계자료로서 실험적 연구결과를 제공하고, 냉동기의 냉동기유 충진양에 대한 오차 범위를 설정하여 성능변화를 최소화 하기 위함이 본 연구의 목적이다.

1.2 종래 연구

1.1절에서 언급한 바와 같이 냉동기유의 총량의 변화가 냉동기에 끼치는 영향성에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 현재까지 진행된 국내의 냉동기유와 관련된 종래 연구는 다음과 같다.

B. C. Na [1]은 R-12냉매의 대체냉매로 R-134a 냉매이며 R-12냉매에서 사용되어 왔던 냉동기유(광유, 알킬벤젠 및 PAO)등의 합성유는 R-134a에서 적용이 가능 여부 실험을 진행하였고, R-134a 냉매용 냉동기유 선정을 위한 기초적인 실험방법을 제시하였다. 이러한 시험의 결과는 다음과 같다. R-134a와 냉동유 PAG는 기본적으로 수용성이 있으며, 기존의 압축기 밀봉용으로 사용되던 일반 고무재질의 O-Ring은 부식이 발생하였고, PAG냉매가 자체적인 윤활피막 생성능력이 없기 때문에 첨가제가 많이 함유되는데 이러한 첨가제가 저속 가동 중에는 효과가 없는 것을 밝혀내었다. 따라서 R-134a용 압축기에는 설계 시부터 윤활조건을 감안하여 윤활유를 선택할 필요가 있다고 고려된다.

Jongkwan Sun [2]은 약3.5kW의 냉동용량을 낼 수 있는 냉동기를 설계하여 냉동기유 주입량에 따른 압축기 회전수를 가변 하여 시험을 진행하였고 이 시험의 결과로 냉동기유 주입량의 증가함에 따라 성능계수와 냉동용량이 감소하는 것을 확인하였고, 이러한 원인으로 냉동기유 주입량 증가로 인하여 증발기에 냉동기유가 쌓여서 발생하는 압력강하가 상승을 원인으로 결론 지었다.

J.K.Kang [3]은 유분리기가 설치되지않는 자동차용 에어컨 시스템에서 냉매에 냉동기유가 혼입되어 순환하므로 자동차용 플레이트

형 증발기에 냉동기유가 전열특성에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서 서술하고 있으며 실험을 진행한 결과는 다음과 같다. 냉매에 냉동기유를 첨가시키면 혼합물로써 증발 열전달 계수에 대한 열유속의 영향은 모두 증가하지만 열유속이 증가함에 따라 냉동기유의 함량이 높은 경우는 증가폭이 둔화된다. 이는 HFC-134a/PAG 혼합물에 있어서 열유속이 증가하면 혼합물중의 냉매의 증발은 계속적으로 일어나 냉동기유의 농도가 증대된과 동시에 전열벽면에 막이 형성되어 열전달을 방해 하는 것으로 판단된다. 결론적으로 냉동기유의 함량이 3~4%일때까지는 증발기의 성능은 증가하지만 그 이상의 경우는 오히려 감소하는 경향을 보이며 이러한 증가 폭은 증발기의 Plate형상에 따라 차이가 발생한다.

S.C.Bae[4]은 수평마이크로 핀 증발기의 관내서 HFC-134a를 냉매냉 사용하였을 때 PAG냉동기유가 증발열전달 및 유동양식에 미치는 영향을 압축기, 수냉식 응축기, 팽창밸브, 증발부로 이루어진 사이클을 이용하였고 유질량 농도를 일정하게 유지하기 위해 유순환 사이클(유펌프, 유분리기, 유-냉매 혼합 탱크)를 이용하여 실험하였고 Kandlikar의 관계식을 기반으로 자료를 측정하였으며, 실험결과는 다음과 같다. 순수냉매의 국소 증발열 전달계수는 상부, 측부, 하부의 순으로 높았고, 유농도가 3wt,%정도까지 같은 경향을 나타내었으며, 유혼입시 평균 증발 열전달 계수는 유농도 3wt.%에서 최대값을 나타내었고 3wt.%이상에서는 유농도의 증가에 따라 평균 열전달계수가 감소하는 경향을 보였으며 5wt.%이상에서는 순수냉매보다 작아졌다.

제2장 연구 이론

본 연구에서 다루게 될 냉동기는 압축기, 증발기, 응축기, 팽창 밸브들을 조합하여 약 1.2kW냉방성능을 갖는 장갑차용 냉동기 이다.

Fig. 1은 장갑차에 설치되는 냉동기의 개통도를 나타낸다. 압축기와 응축기를 지나온 냉매가 2개의 팽창밸브를 통하여 각각의 증발기로 냉매가 분배되어 시스템을 완성하게 된다. 이때 냉매의 분배는 분배기가 아닌 자연분배로 냉매를 분배하며 팽창밸브의 변위는 동일하게 설정하고 냉동기유의 변화나 냉매양의 변화와 상관없이 초기설정 값(Table. 1 참조)으로 설정하여 모든 시험을 진행한다.

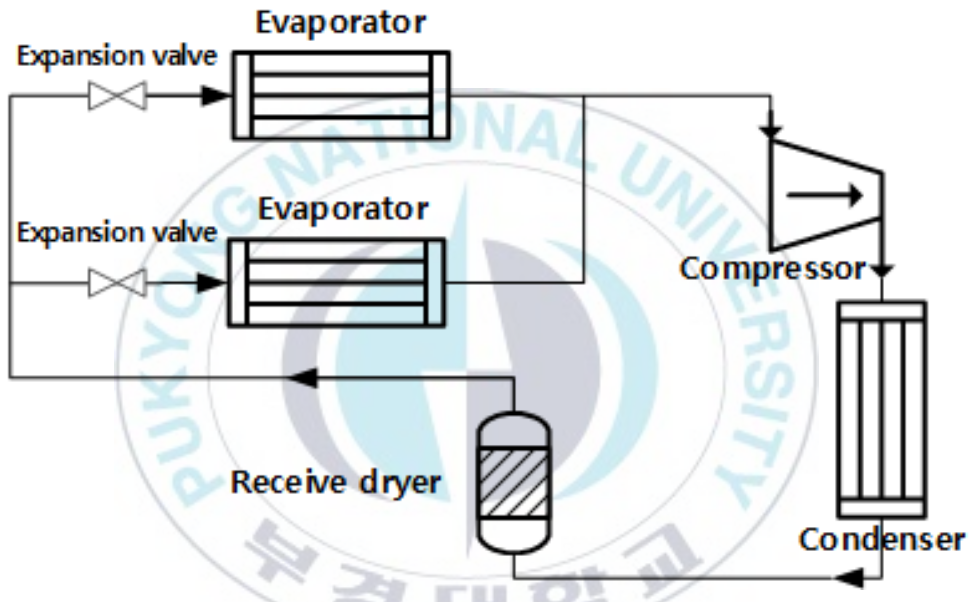

Figure 1 Schematic diagram

제3장 장갑차용 냉동기의 성능실험

3.1 실험장치 및 방법

3.1.1 실험장치 및 구성기기

Fig. 2은 실험장치의 개략도를 나타낸다. 실험장치는 증발기 2개, 팽창밸브 2개, 증발기 출구측 온도센서 2개, 리시버드라이어로 실내측 실험장치를 구성하고 실내기 팬 작동을 위해 파워서플라이를 이용하여 전원을 인가하며, 응축기, 압축기, 압축기 구동장치 &RPM조절 인버터로 실외측 실험장치를 구성하고 응축기의 냉각은 시험장 풍동장치에 설치하여 응축기 풍량을 조절한다. 실외측 실험장비의 전원은 3상 380V를 시험기관의 전원공급 장치를 이용하여 인가하고 압축기는 파워 서플라이를 통하여 클러치 부착신호를 인가한다. 이때 압축기와 파워 서플라이 중간에 리시버드라이어에 부착된 압력스위치를 연결하여 고압or저압 발생시 압축기의 클러치가 떨어 질 수 있도록 하여 실험장치를 구성한다.
Fig. 3~4는 실험장치의 구성 상태를 실제 사진으로 나타낸 것이고 Fig. 5~16은 실험장치 구성기기를 나타낸다.

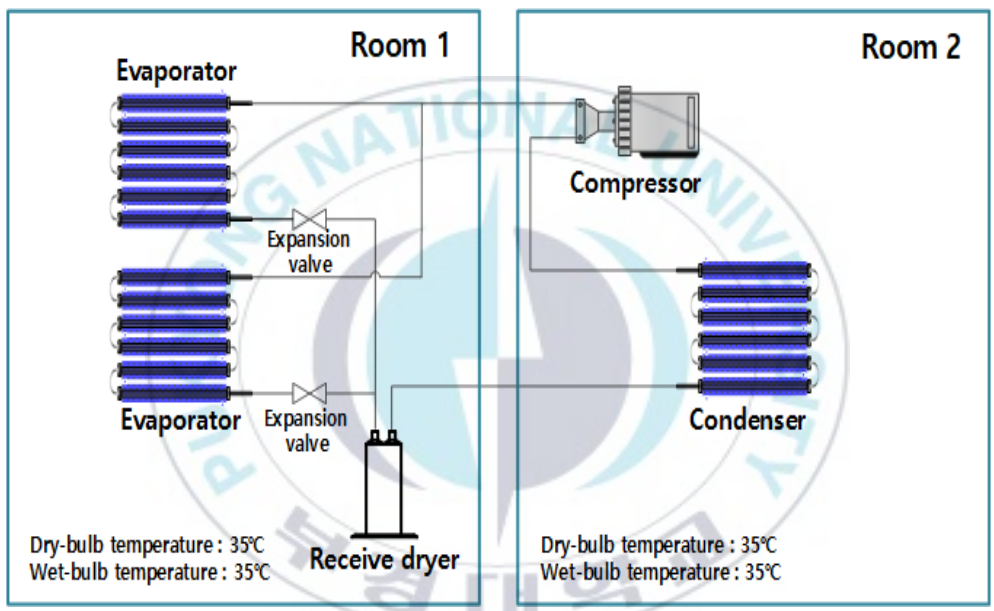

Figure 2 Diagram of experimental apparatus

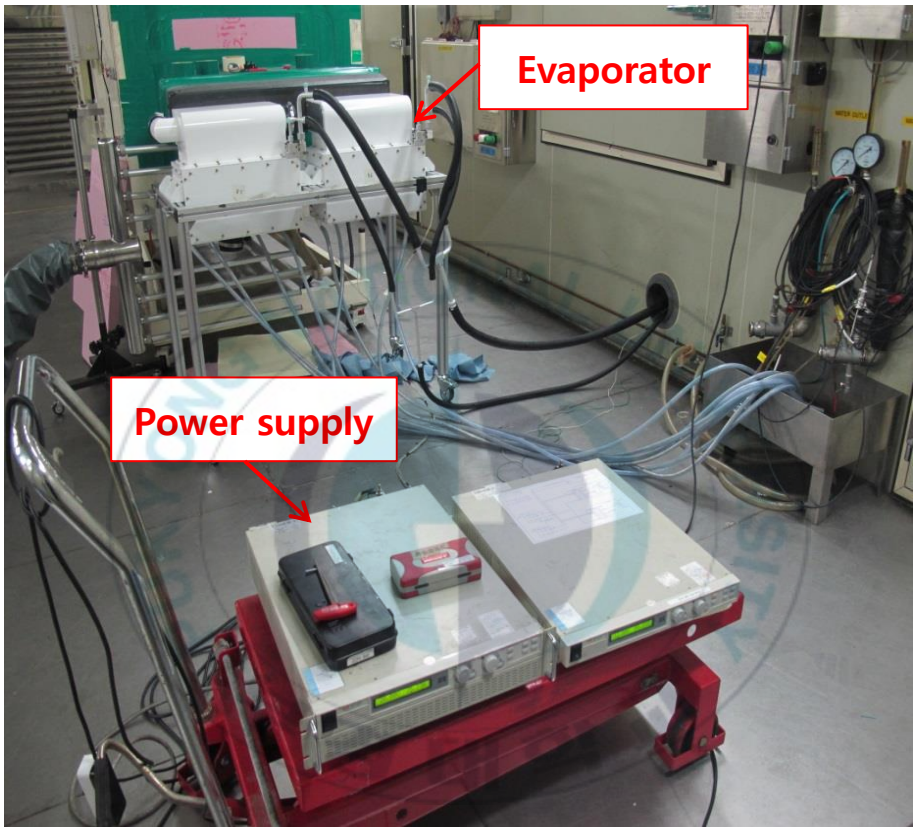

Figure 3 Indoor experimental apparatus

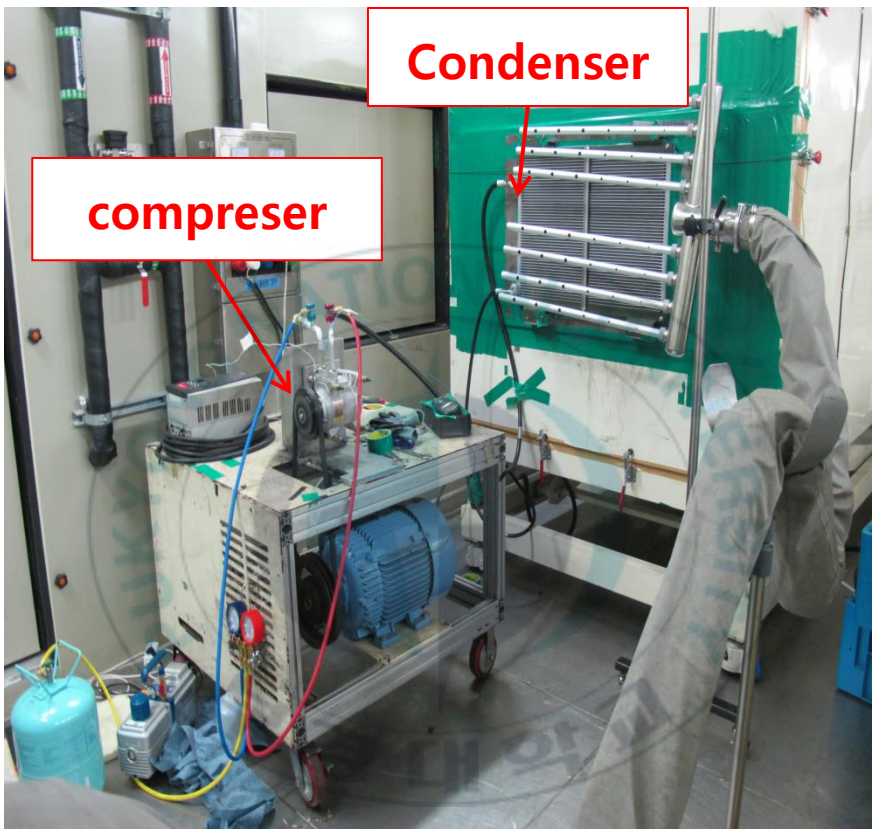

Figure 4 Outdoor experimental apparatus

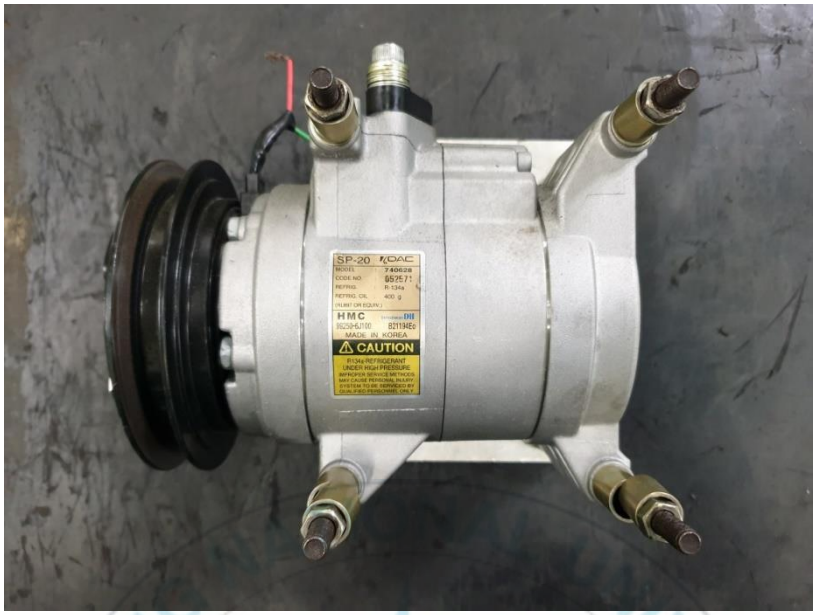

Figure 5 Compressor

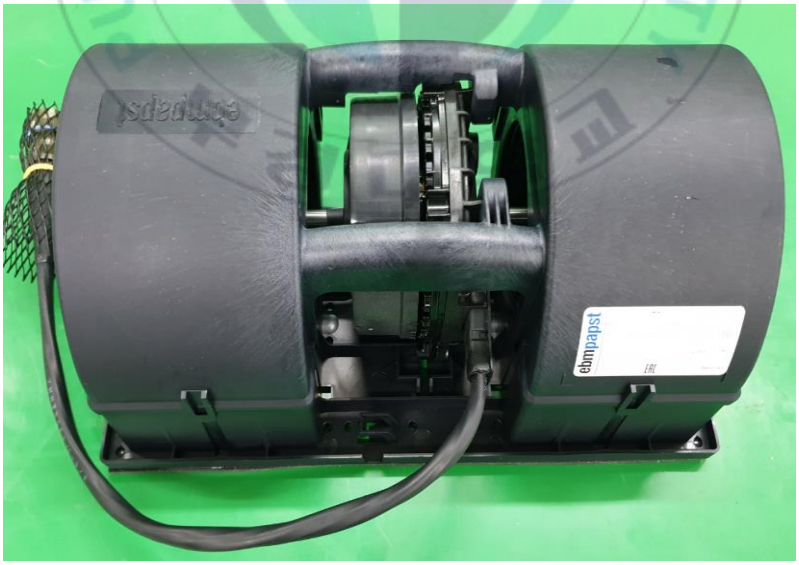

Figure 6 Fan

Figure 7 Air conditioner 1

Figure 8 Air conditioner 2

Figure 9 Temperature sensor

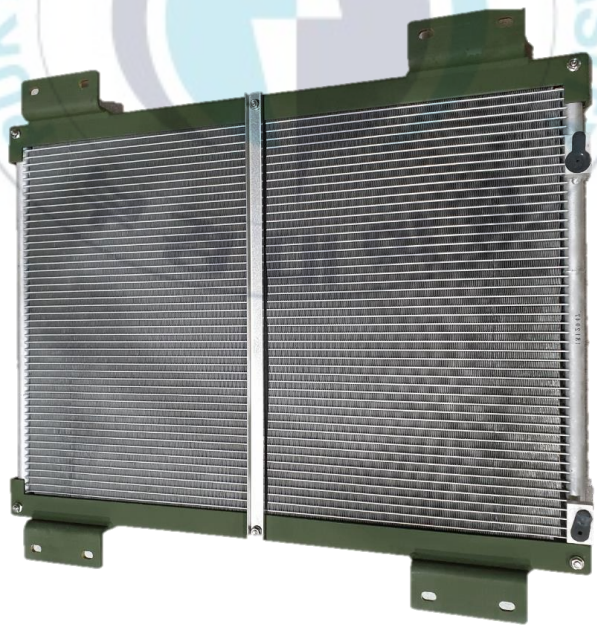

Figure 10 Condensor

Figure 11 Evaporator

Figure 12 Expansion valve

Figure 13 Compressor inverter

Figure 14 Receiver drier

Figure 15 Power supply(40A)

Figure 16 Power supply(60A)

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY

3.1.2 실험 방법

R134a 냉매를 사용하는 장갑차용 냉동기에 실내기 풍량, 실외기 풍량, 실내 건구&습구온도, 실외 건구&습구온도, 압축기 RPM의 조건을 고정한 상태에서 냉동기유의 양과 냉매 충진양을 변화시켜 냉방성능의 변화를 관찰하였다. 실험 진행은 다음과 같다. 실내기 풍량은 Power Supply를 이용하여 27CMM이상으로 가동하였고 실내,외 풍량은 시험기관의 풍동장치를 이용하여 측정하였다. 실험실 온도 또한 시험기관의 장비를 이용하여 설정하였으며, 오일 충진양은 시험 종료 후 제품의 무게 비교를 통하여 설정하였다.

3.2 실험 조건

본 연구에서는 냉동기유의 충진양이 냉동기에 미치는 영향성에 대해 파악하고자 아래의 Table. 1과 같은 조건에서 실험을 진행하였고 Table. 2의 항목과 같이 실험 하여 데이터를 확보하였다.

Table 1 Experimental conditions

Parameter	Value			Unit
Indoor Dry Bulb Temperature	35			℃
Outdoor Dry Bulb Temperature	35			℃
Indoor Wet Bulb Temperature	35			℃
Outdoor Wet Bulb Temperature	35			℃
Compressor rotation speed	2,200			RPM
Indoor Air Volume	27			CMM
Outdoor Air Volume	118			CMM
Refrigerant charge	1.5	1.65		kg
Oil charge	300	350	400	g
	450	500	600	

Table 2 Experimental conditions by product

Sample Number	Refrigerant Charge	Oil Charge	Condition
1	1.65kg	300g	Indoor/Outdoor Dry Bulb Temperature : 35℃ Indoor/Outdoor Wet Bulb Temperature : 35℃
2		350g	
3		400g	
4		450g	
5		500g	
6		600g	Indoor/Outdoor Dry Bulb Temperature : 35℃ Indoor/Outdoor Wet Bulb Temperature : 35℃
7			Indoor/Outdoor Dry Bulb Temperature : 43℃ Indoor/Outdoor Wet Bulb Temperature : 43℃
8	1.5kg		Indoor/Outdoor Dry Bulb Temperature : 35℃ Indoor/Outdoor Wet Bulb Temperature : 35℃
9			Indoor/Outdoor Dry Bulb Temperature : 43℃ Indoor/Outdoor Wet Bulb Temperature : 43℃

3.3 실험 결과 및 고찰

Table. 2에서 나타내는 각각의 조건으로 본시험 전 가동시간은 최소 30분이상 가동하였고 시험 데이터 적산 시간은 10분간격으로 6회 적산하여 총 1시간 시험을 진행하였다. 실험 결과는 30분 이상 가동 후 외기 온도 변화가 ±0.5℃ 상태를 정상상태로 판단하여 60분간 데이터를 획득하였으며, 실험 결과는 다음과 같다.

3.3.1 냉동기유 400g일 때 시험결과

Fig. 17은 Table. 2에서 요구하는 3번 조건을 반복시험 한 결과를 나타낸다. 냉매 충진양 1.65kg과 냉동기유 충진양 400g은 제품의 초기 설정 값으로, 동일한 상태에서 제품의 반복시험을 통하여 성능 변화가 없다는 것을 확인하기 위한 시험결과 자료이다.

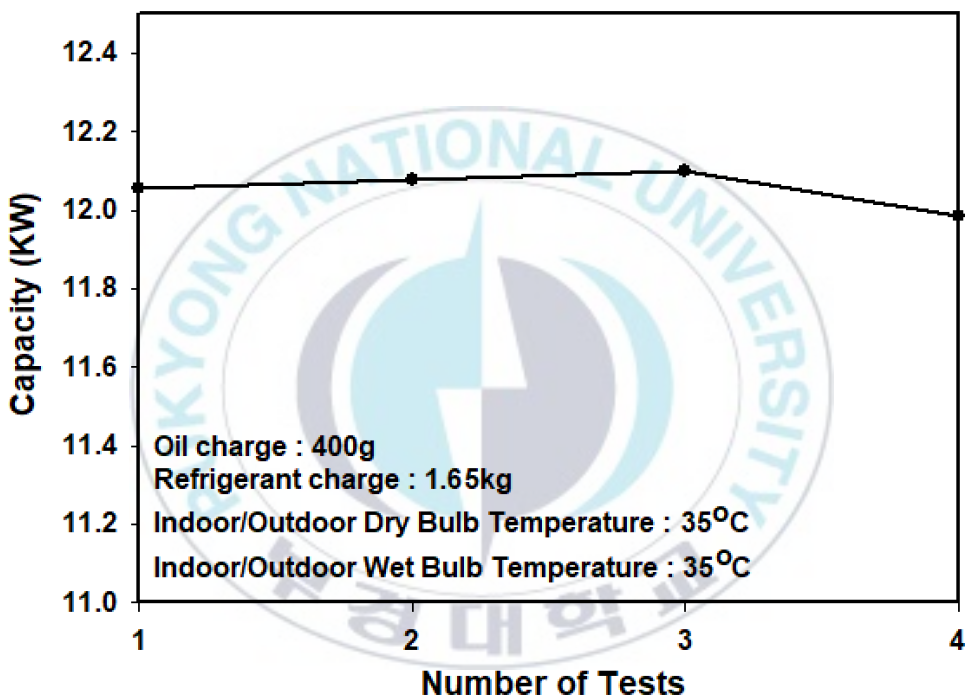

Figure 17 Sample 3 test result

3.3.2 냉동기유 충진양의 변화 할 때 성능시험결과

(1) 냉동기유 충진양이 변화할 때 성능 결과

Fig. 18은 Table. 2의 냉동기유 조건 6가지에 대한 성능 비교 그래프를 나타낸 시험결과 자료이다. 냉동기유의 충진양이 증가 할수록 성능이 낮아 지는 것을 확인 할 수 있다. 냉동기유가 350g일와 400g일때의 성능 변화가 ±1%의 미만으로 발생하므로 변화가 없다고 판단하였다.

(2) 냉동기유 충진양의 변화에 따른 압력, 온도변화

Fig. 19는 3.3.2.(1)에서 인한 성능변화에 따른 메니폴더게이지에서 측정되는 고압 부 압력변화와 압축기 토출부에서 측정되는 온도의 변화를 나타내는 자료이다.

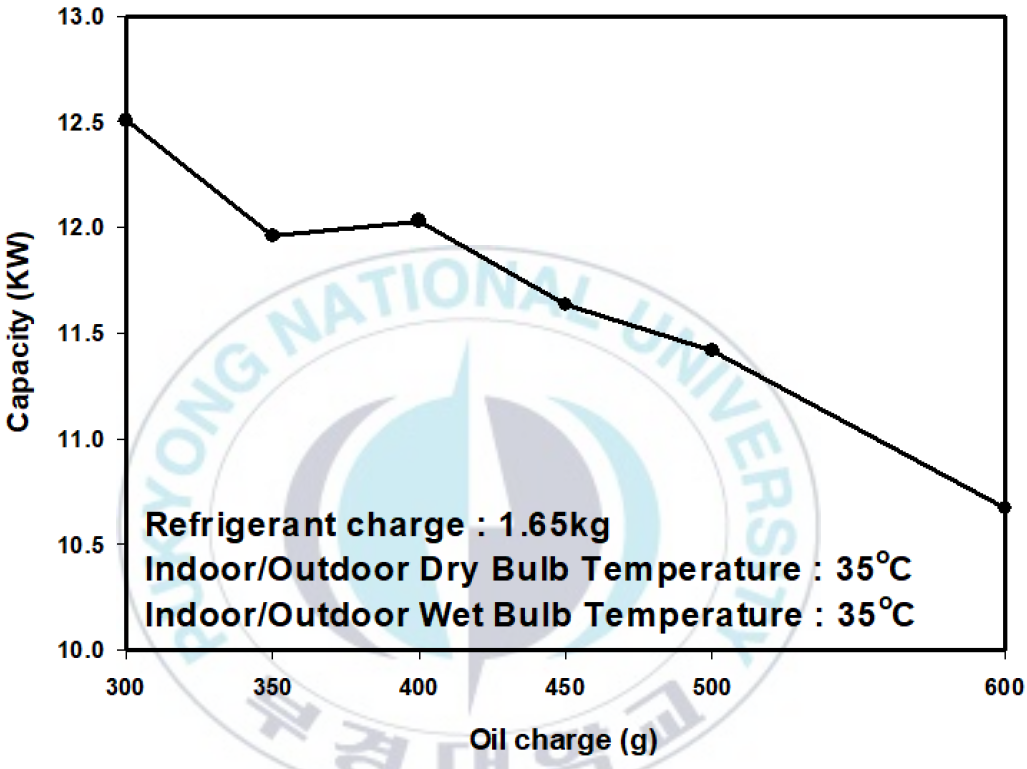

Figure 18 Oil charge – capacity test result

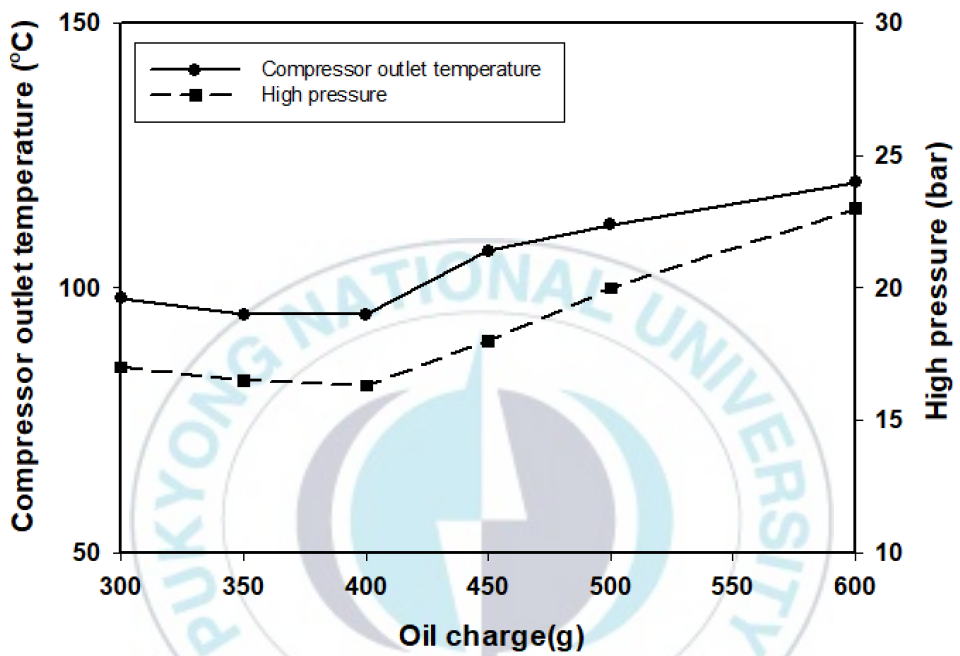

Figure 19 Temperature and pressure of the compressor according to the amount of oil charge

3.3.3 냉동기 과부하 조건일 때 시험결과

Fig. 20은 Table. 2의 6 ~ 9번의 시험결과이다. 냉동기유가 가장 과부하로 충진 되었다는 조건에서 냉동기의 성능변화를 나타낸 결과와 외기 온도조건 또한 과부하 상태일 때 냉동기의 성능변화를 나타낸 시험결과이다.

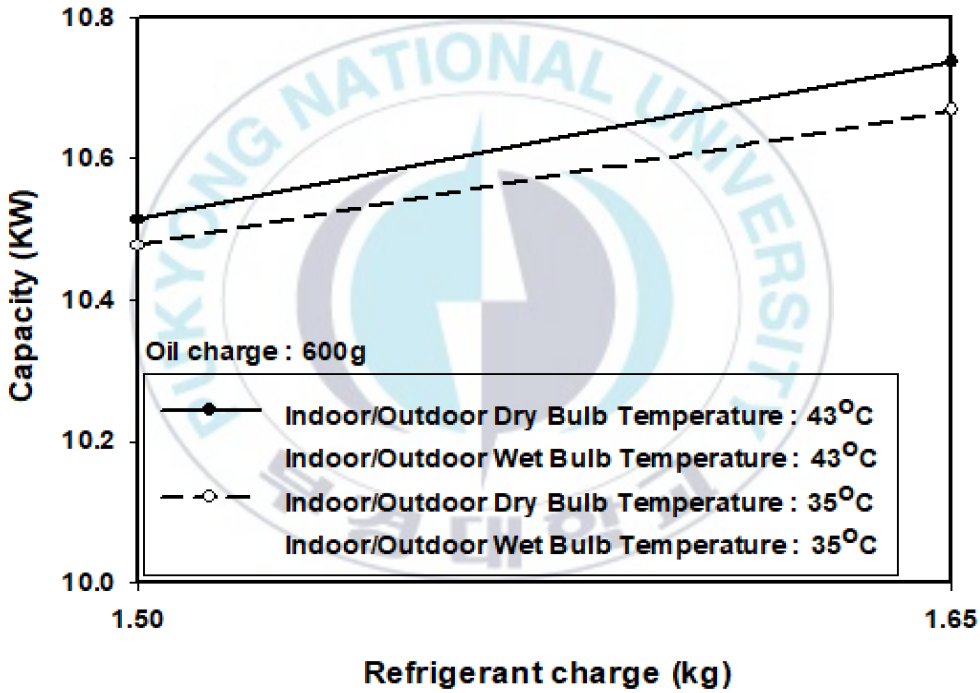

Figure 20 Performance variation in over-oil condition

제4장 결 론

본 연구에서는 동일한 냉동기에서 냉동기유의 충진양 변화가 냉동기 성능에 얼마나 밀접한 연관성을 갖는지에 대해서 실험을 진행하였다. 성능실험을 통해 얻은 연구 결과를 종합하면 다음과 같다.

1) 냉동기유의 양이 적을 때 열교환기 열전달에 미치는 영향이 감소하여 냉방성능은 증가한 것을 확인하였으나 가동시간이 길어질수록 고압이 기준치인 17bar이상 측정되었고 압축기 토출온도 또한 상승하여 안전범위 기춘치인 95℃를 초과하여 측정되어 압축기의 내구성을 신뢰 할 수 없어 실제품에 적용하는 것은 어려움이 있다고 사료된다.

2) 냉동기유의 충진양 변화에 따라 성능편차가 미비한 구간(350g~400g)에서는 압축기 토출온도와 압력이 정상범위에 있기 때문에 압축기의 내구성을 고려하여 최대치로 사용하여도 무방하다고 판단되며, 약간의 성능 향상을 위해 350g으로 사용도 가능하다고 사료된다.

3) 냉동기유가 과하게 충진 된 경우 압축기 토출온도와 압력의 급격한 상승을 확인 하였으며, 메니폴더게이지에서 측정되는 압력값이 튀는 현상이 발생하였으며, 리시버드라이어에 존재하는 사이트글라스를 통해 확인한 결과 냉매의 흐름을 냉동기유가 방해하여 생기는 문제로 사료된다.

참고문헌

[1] B. C. Na, Y. J. An, D. C. Han, K. J. Chun (1994), A Basic Study on Selection of Refrigeration Oils for R-134a Refrigerant, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 6(4), 1994.11, 439-452(14pages)

[2] Jongkwan Sun, Sunam Chae, Dongsoo Jung (2002), Effects of Refrigerant and Oil Charges on the Performance of an Refrigeration System. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 14(8), 2002.8, 617-626(9 pages)

[3] J. K. Kang, J. S. Kim (1994), The effect of refrigerator oil on the evaporation heat transfer coefficient inside plate type evaporator for automotive air conditioner, Journal of the Korean Automobile Engineering Association's Spring Conference, 1994.11, 391-396(6 pages)

[4] S. C. Bae, T. U. Kang, J. H. Kim, C. Y. Jung, J. S. Kim (1996), Influence of Refrigeration Oil on Evaporation Heat Transfer of R-134a in a Horizontal Micro - Fin Tube, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 8(1), 1996.2, 140-150(11 pages)

감사의 글

본 연구는 2019년도 ㈜케이에스씨의 연구과제의 연구비로 이루어졌으며, 연구를 승인해주신 임학진 연구소장님과 연구를 위해 시험을 함께 해주신 김해성, 배종구 과장님께 감사의 말씀을 드리며 논문의 연구를 함께한 권영빈에게도 감사의 말씀을 전합니다. 또한, 논문 작성간에 많은 도움을 준 부경대학교 윤정인교수님과 에너지시스템실험실의 학우 여러분께 감사 드립니다.