

오일 충전량 변화에 따른 사판식 압축기 성능의 실험적 고찰

김 민준** · 박 익서** · 이 건호*

An Experimental Study on the Performance of Swash Plate Compressor with variations of Oil Charging Conditions

Min-Jun Kim**, Ik-Seo Park **, Geon-Ho Lee*

Key Words : Swash plate compressor (사판식 압축기), Oil charging condition (오일 충전량), Hot gas system (간이 압축기 성능 시험장치)

ABSTRACT

The automobile air conditioning system generally consists of laminated type evaporator, swash plate type compressor, condenser, expansion valve and receiver drier. A swash plate type compressor has been used widely in automobile air conditioning system since 1955, because of wider operation range and better durability than other type compressors.

In this study, the performance of an swash plate type compressor with variations of oil charging conditions has been investigated experimentally using the hot gas system. Further, the effects of varying compressor speed on the performance of the compressor has been discussed.

1. 서론

자동차 에어컨 시스템은 증발기, 압축기, 응축기 및 팽창밸브로 구성되어 있으며, 이중에서도 압축기는 에어컨 성능을 결정하는 매우 중요한 인자이다. 사판식 압축기는 타 압축기에 비해 운전범위가 넓고, 내구성이 우수한 특징으로 인하여 1955년에 승용차 에어컨용 압축기로 사용된 이후, 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 압축기이다.

자동차 에어컨용 사판식 압축기 내로 주입되는 오일은 압축기의 기동과 더불어 에어컨 시스템 전체를 순환하게 되며, 단지 일부만이 압축기 내에서 유효작용을 행한다.

이때 압축기 내 오일이 적으면 실린더와 피스톤사이의 누설방지 작용을 행하지 못하므로 압축된 가스가 누설되기 쉽고 이와 더불어 베어링 및 익동 부위에서의 마찰이 심해 각 구성품들의 파손이 발생하게 된다. 또한 오일이 너무 과도하면 실린더 내에 많은 오일이 들어감으로서 체적효율을 저하시키고 필요 이상의 소요동력을 야기 시키게 된다. 따라서 각 운전조건에서 가장 적절한 오일주입량이 존재하게 됨을 알 수 있다. 본 연구는 자동차 에어컨용 압축기에서 압축기 회전수 및 오일주입량의 변화가 압축기 성능에 미치는 영향을 알기위하여 간이 압축기 성능시험장치인 핫가스 시스템(Hot gas System)을 설계, 제작하였으며, 이를 바탕으로 압축기 성능실험을 행하였다.

* 두원공과 대학 냉동공조과

E-mail : ghlee@doowon.ac.kr

** 두원공과 대학 기술연구소

2. 압축기 성능 시험 장치

본 연구에서는 차량용 압축기의 성능을 평가할 수

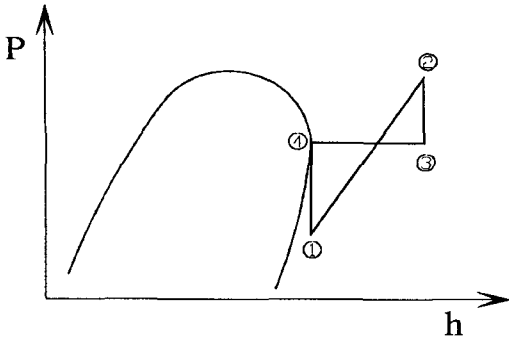


Fig.1 P-h diagram of hot gas system in this study

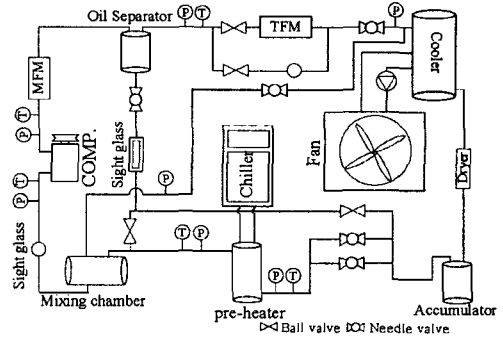


Fig. 2 Schematic diagram of experimental facility

있는 압축기 성능 시험장치를(Hot gas system) 설계 제작하였으며, Fig. 1에서 보여 주는 것과 같이 사이클 내의 가스는 압축과정, 팽창과정, 냉각과정을 거쳐 다시 팽창되는 과정으로 사이클 내에서는 상변화를 일으키지 아니한다.

압축기 성능 시험 장치는 Fig. 2에서 보여지는 바와 같이 압축기, 오일분리기, 냉각기, 드라이어, 액분리기, 니들밸브, 예열기와 혼합기 그리고 구동을 위한 모터부로 구성되어 있다. 본 연구에서 사용한 차량용 압축기는 Fig. 3에서 보여지는 바와 같이 고정 사판식 압축기로서 압축원리는 축의 회전운동이 경사진 사판을 회전시키어 슈에 의해 피스톤을 왕복운동 시키면서 실린더 내로 들어오는 가스를 압축시킨다. 경사진 판에는 5개의 피스톤이 연결되어 있고 하나의 피스톤에는 양쪽으로 실린더가 설치되어 경사진 판이 1회전하

면 5개의 피스톤이 제각기 72.의 위상차를 가지면서 가스를 흡입, 압축, 토출시킨다. Fig. 4는 본 실험에 사용한 압축기의 실물을 보여주고 있으며, 그림에서 보여지는 바와 같이 압축기 하우징의 일부를 절개하여 압축기 내부를 볼 수 있도록 가공하였으며, 이를 통하여 압축기 내부의 오일상태를 파악하였다. Table 1은 이 압축기의 사양으로 155 cc 급이며 오일은 PAG 이다.

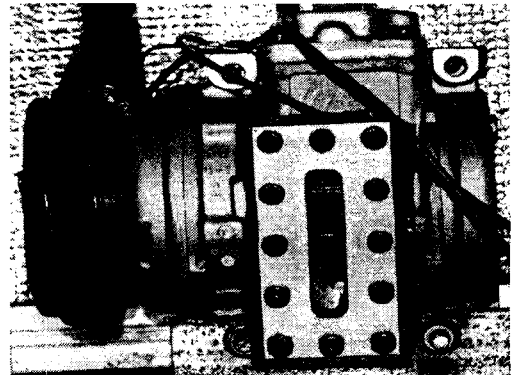


Fig. 4 Photograph of compressor in this study

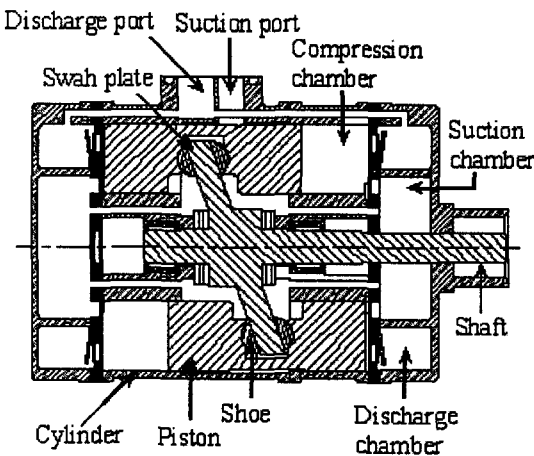


Fig. 3 Fixed swash plate type compressor

Table 1 The specifications of compressor

Refrigerant	R134a
Number of cylinder	10
Cylinder Diameter [mm]	ø29.5
Displacement [cc]	155
Lubricant	PAG

2.1. 성능시험방법

압축기의 주요 운전변수는 흡입온도, 흡입압력, 토출 압력 등으로 흡입온도는 Fig. 2에서 보여지는 바와 같이 재열기와 혼합기에 의하여 조절된다. 재열기는 항온조와 연결되어 일정한 온도를 유지하게 하며, 혼합기는 과열가스의 양을 조절함으로써 혼합기 내의 가스 온도를 조절할 수 있게 하였다. 또한 흡입압력은 재열기 입구에 설치된 팽창밸브에 의하여 조절되며, 토출 압력은 냉각기 입구에 설치된 팽창밸브에 의하여 변화된다. 그리고 냉각기는 수냉식 강제대류형 쉘앤튜브식 열교환기를 사용하였으며, 팽창밸브로는 니들밸브를 사용하였다. 본 실험장치에 사용된 구성품의 사양은 Table 2에 나타내었다.

압축기는 15kw급 모터에 의하여 구동되며, 인버터를 설치함으로써 주파수에 의하여 압축기의 회전수를 변화시키었다. 이때 압축기의 소요동력은 모터에서 사용되는 전류를 측정 한 후, 모터효율을 감안하여 구하였다.

2.2. 오일량 제어방법

압축기가 운전되면 압축기내의 오일 중 일부는 냉매와 함께 압축기를 빠져나가고 일부는 압축기 내부에서 순환을 행하게 된다. 본 연구에서는 Fig. 5와 같이 압축기 내의 오일량을 조절할 수 있는 장치를 제작하였으며, 이는 오일분리기, 조절밸브, 액면경 및 혼합기 등으로 구성되어 있다.

본 연구에서 오일 충전량 변화는 오일분리기에서 압축기로 들어오는 오일량을 제어함으로써 운전 중에도 오일 충전량을 변화시킬 수 있다. 오일 충전량은 오일 분리기에서 설치된 오일 레벨게이지의 높이를 측정함으로써 구하였다. Fig. 6은 실험을 위해 제작한 오일분

리기를 보여주고 있으며, 오일분리기 상단에 설치된 관은 냉매가스의 입구와 출구관이며, 분리된 오일은 하단관을 통하여 흐르게 된다.

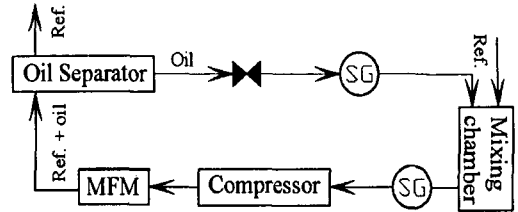


Fig. 5 Schematic diagram of oil circulation system



Fig. 6 Oil circulation system with oil separator

Table. 2 Parts for Hot Gas System

Part	Type	Maker
Turbine Flow Meter	SP3/8-CB-PH7-A-4X	SPONSLER
Mass Flow Meter	ULTRA Mass MKII	OVAL
Cooler	Shell&Coil	HYUNDAI TITANIUM
Expansion Valve	Needle Valve	SWAGELOK
Pre-heater	Shell&Coil	HYUNDAI TITANIUM

3. 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 운전조건은 Table 3에서 나타낸 바와 같이 압축기 회전수를 1000 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm 등에서 오일 충전량을 변화시키면서 행하였다. Table 4는 압축기 회전수가 1800 rpm인 경우에 실험에서 구한 결과로서 모든 부분에서의 온도 및 압력과 냉매량이 거의 일정화된 상태에서 측정된 값으로 각 조건마다 대략 1시간 정도가 요구되었다.

3.1 오일충전량의 변화에 따른 성능변화

Fig. 7은 압축기 회전수가 1800 rpm인 경우 오일충전량의 변화에 따른 압축기 토출가스온도의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보여주는 바와 같이 오일 충전량이 많을수록 토출 온도는 떨어지는 경향을 보이고 있으며, 이는 압축기내에서 오일이 마찰부위에서 발생되는 마찰열을 감소시킬 뿐 아니라 실린더 내로 유입되어 압축과정 중의 고온고압가스를 냉각시키는 역할을 행하기 때문으로 사료된다.

Table 3 Operating conditions

Parameter	condition
Surrounding Temperature [$^{\circ}$ C]	20 ± 2
Suction Pressure [Kg/cm ² G]	1.5 ± 0.1
Discharge Pressure [Kg/cm ² G]	15 ± 0.1
Suction Temperature [$^{\circ}$ C]	5.5 ± 0.2
Compressor Speed [rpm]	1000,1800,2000,3000
Oil Charging volume [cc]	0~500

Table. 3 The experimental result for compressor speed 1800 rpm

	Oil [%]	T_d [$^{\circ}$ C]	\dot{m} [kg/hr]	W_c [kw]	η_v [%]	η_c [%]
$P_s = 1.5$ $P_d = 15$ $T_s = 5.5$ $rpm = 1800$	-50	108	90	3618	46.0	36.8
	-24	101	101	4006	51.4	43.3
	-13	93	112	4366	57.4	47.8
	0	83	121	4684	62.1	53.1
	27	74	122	4684	62.1	52.5
	40	64	121	4554	61.6	49.4

Fig. 8은 오일충전량 변화에 따른 냉매순환량의 변화를 보여주고 있으며, 그림에서 보여지는 바와 같이 오일충전량이 적정충전량보다 적어지면 냉매순환량이 급격히 적어지고 적정충전량보다 많아지면 냉매순환량이 약간 적어지는 경향을 보이고 있다. 이는 오일충전량이 적은 경우 오일이 실린더와 피스톤 사이에서 발생되는 압축가스의 누설을 방지하는 역할을 제대로 행하지 못하기 때문에 압축기 체적효율이 감소되기 때문으로 사료되며, 오일충전량이 과다하면 오일이 실린더 내로 많이 유입되어 냉매가스의 흡입공간을 줄이기 때문으로 사료된다. Fig. 9는 오일 충전량 변화에 따른 압축기효율 변화를 보여주고 있으며, 여기에서 보여지는 바와 같이 오일 충전량이 적정오일 충전량 보다 적을 수록 압축기 효율이 크게 떨어짐을 알 수 있는데 이는 압축기내 오일의 부족으로 인하여 기계적인 마찰손실이 커지기 때문으로 사료된다.

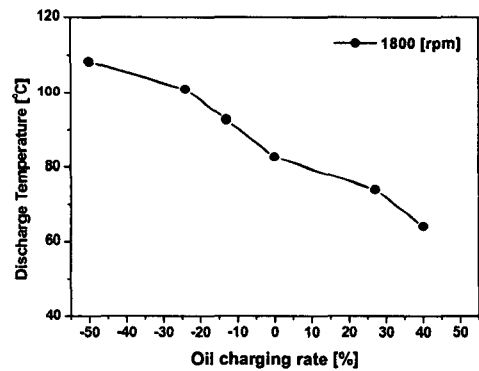


Fig. 7 Variation of the discharge temperature with oil charging rate in 1800 rpm

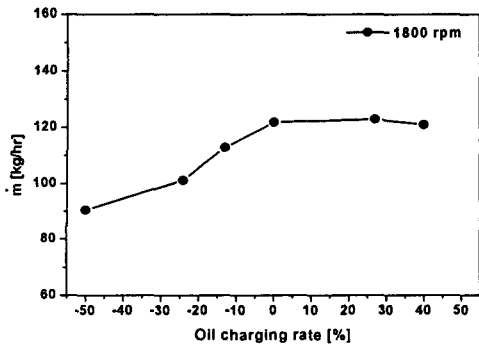


Fig. 8 Variation of the mass flow rate with oil charging rate in 1800 rpm

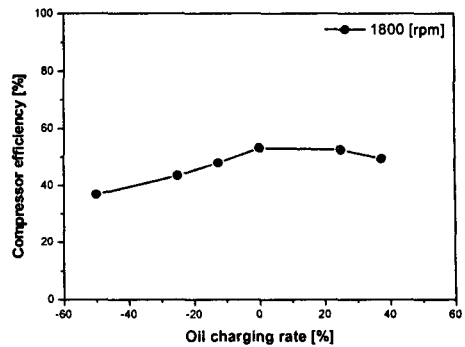


Fig. 9 Variation of the compressor efficiency with oil charging rate in 1800 rpm

3.2 압축기 회전수와 오일충전량과의 관계

본 연구는 압축기 회전수 1000, 1800, 2000, 3000 rpm에 대하여 각각 오일충전량을 변화시키면서 실험을 행하였다. Fig. 10은 압축기 회전수 변화에 따른 오일충전량 및 체적효율 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보여지는 바와같이 압축기 회전수가 적을수록 오일충전량 감소에 따른 체적효율의 저하가 더욱 크게 나타남을 알 수 있으며, 압축기 회전수가 3000 rpm인 경우는 오일충전량이 변화하여도 체적효율에는 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 압축기 회전수가 낮을수록 피스톤과 실린더의 간극에 의한 압축가스 누설이 압축기 체적효율에 절대적인 영향을 미치고 있기 때문이며, 앞서 설명한 바와 같이 오일충전량이 적어지면 오일에 의한 압축가스의 누설방지 역할을 제대로 행하

지 못하기 때문에 체적효율이 급격히 떨어지는 것으로 사료된다.

Fig. 11은 압축기 회전수 변화에 따른 오일충전량 및 압축기 효율 변화를 보여주고 있으며, 그림에서 보여지는 바와 같이 오일충전량이 적은 경우는 오일충전량이 많은 경우에 비하여 압축기 회전수 변화에 따른 압축기 효율의 변화가 상대적으로 크게 나타남을 알 수 있다. 또한 그림의 점선에서 보여주는 바와 같이 압축기 회전수가 증가할수록 적정오일 충전량이 감소하는 경향을 보여준다. 이는 자동차 에어컨 시스템에서 적정오일 충전량을 결정할 때 압축기 회전수가 저속에서 만족하는 오일충전량을 선택하는 것이 타당함을 보여준다.

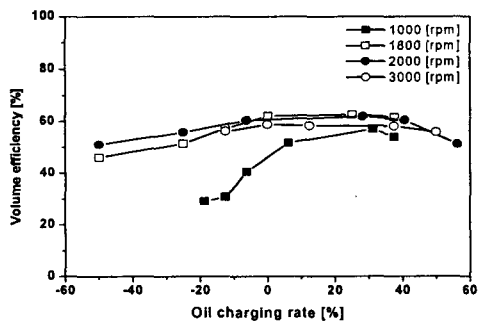


Fig. 10 Effect of oil charging rate on volume efficiency in terms of compressor speed

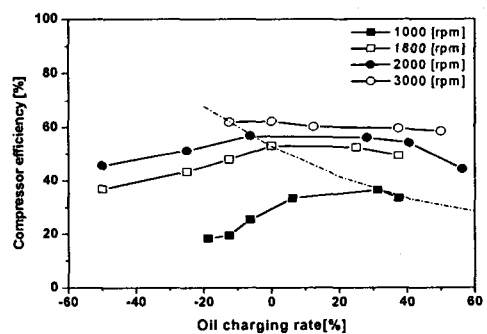


Fig. 11 Effect of oil charging rate on compressor efficiency in terms of compressor speed

4. 결 론

본 연구에서는 간이 압축기 성능시험장치인 핫 가스 시스템 (Hot gas system)을 설계 및 제작하여 오일충전량 및 압축기 회전수 변화에 따른 고정 사판식 압축기의 성능변화를 살펴보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압축기 회전수가 일정한 경우, 오일충전량이 많을수록 압축기 토출가스 온도는 감소하는 경향을 보인다. 또한 오일충전량이 적정오일 충전량보다 적은 범위에서는 오일충전량이 적을수록 냉매순환량은 급격히 감소한다.
- 2) 압축기 회전수가 낮은 영역에서 오일충전량 변화에 따른 체적효율의 변화가 더욱 크게 나타남을 알 수 있다.
- 3) 압축기 회전수가 증가할 수록 적정 오일충전량이 감소하는 경향을 보이며, 에어컨 시스템에서 적정오일충전량은 압축기 회전수가 저속인 경우의 적정오일 충전량으로 선택하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- (1) 김현중, 이건호, 유정열 “ 자동차 에어컨용 사판식 압축기의 성능해석에 대한 수치해석적 연구 ” 공기조화냉동공학회 97동계학술발표회 논문집/pp 497-502
- (2) 이건호 “ 사판의 경사각도 변화에 따른 사판식 압축기의 성능해석 ” 유체기계 연구개발 발표회 논문집 2002/pp215-220