

# 용량가변 압축기의 적용을 통한 고효율 GHP 시스템 개발<sup>1)</sup>

용량가변형 압축기를 적용한 고효율 GHP시스템에 대하여 소개하고자 한다.

Yoshimi Kushiro

Life & Amenity Division, Aisin Seiki Co., Ltd

## 서론

현재 지구 온난화 방지, 에너지 절약이라는 관점에서 가스엔진 히트펌프(GHP)의 고효율화가 요망되고 있다. 최근 업무용 공조는 중앙공조방식에서 개별공조방식으로 점차 변화하고 있으며, GHP도 각 실내기를 개별로 운전할 수 있는 멀티방식이 주류를 이루고 있다. 멀티 방식에서 운전 부하율은 평균 60% 정도로 부분부하 운전이 상당히 많다. 그러나 종래에는 정격에서 COP 향상에 주안점을 두고 있었기 때문에 실제 운전과는 다소 차이가 있었다. 최근 부분부하 운전 상태에서 COP 향상은 GHP의 고효율화에 있어 중요한 과제로 부각되고 있다. AISIN社에서 96년부터 이러한 점에 착안하여 과제 해결책으로 제안한 기술은 용량가변형 압축기를 적용한 시스템이다. 종래의 엔

진에 의한 회전수 제어뿐만 아니라 압축기의 압축과정 중에 냉매배출(바이패스)이 가능한 용량가변형 압축기와 바이패스 냉매량을 실내측의 부하에 따라 제어하는 용량 조절 밸브를 탑재한 시스템으로 소용량 운전시 COP의 개선이 기대되고 있다.

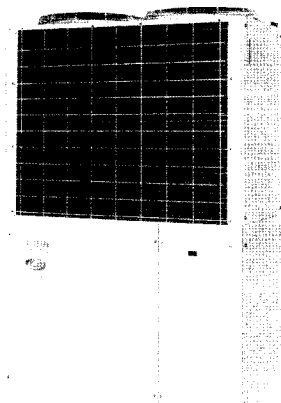
본고에서는 용량가변형 압축기 시스템을 탑재하여 에너지절약을 추구한 GHP의 상품기술에 대하여 설명하고자 한다.

## 개발 제품의 개요

표 1은 부분부하 운전효율을 향상시킨 제품의 사양을 나타내었다. 신상품은 타사와 마찬가지로 환경대응 기술을 포함하고 있으며, 그 특징은 엔진 효율 향상, 배관의 압력손실 저감, 열교환기의 성능 향상, 압축기 효율 향상 등에 따른 COP 향상, 저소음, 저

<표 1> 제품 사양

기종 형식		신 35.5 kW(13마력 상당) TGMP355B1	
기본성능	능력	냉방 (kW)	35.5
		난방 (kW)	42.5
	연료 소비량	냉방 (kW)	29.0
		난방 (kW)	32.9
전력 소비량 (50/60 Hz)	냉방 (kW)	1.27/1.48	
	난방 (kW)	1.42/1.69	
외형치수	높이 (mm)	2118	
	폭 (mm)	1398	
	깊이 (mm)	798	
질량 (kg)		560	
운전 음 (dB)		58	
유지 보수 간격 (h)		10000	
설치성	허용배관길이 (m)	100/125	
	분기 후 배관 길이 (m)	40	
	허용 고저 차 (m가변)	50/40	
	저온 냉방 (°C)	-10	
실내기	접속 대수 (대)	1~12	
	접속 용량 (%)	50~130	
	최소 용량	22 형	



[그림 1] 13마력 GHP시스템 사진

1) 본 고는 Clean Energy 9월호에 실린 "High-performance GHP Using Variable Capacity Compressors" 논문을 저자의 허락 하에 번역하여 게재 하였습니다.

NOx, 장시간의 유지관리이다. 특히, 용량 가변형 압축기 시스템을 채용하여 부분부하 효율을 향상시킨 점이 본 개발 제품의 가장 큰 특징이다. (그림 1 참조)

### 시스템 구성과 용량가변 기술의 개요

#### 시스템 구성

그림 2는 용량 가변형 압축기 시스템의 구성과 기존 시스템과의 차이를 나타내었다. 주요 부품은 압축기, 응축기, 증발기 및 팽창밸브로 구성되어 있다. 용량제어 운전을 위해 기존 시스템에서 압축기의 토출측 배관과 흡입측 배관은 용량조절밸브를 사이에 두고 접속되어 있다. 한편 용량 가변형 압축기 시스템은 압축기의 압축실 내에 리듀스 포트를 지니고 있으며, 리듀스 포트와 흡입배관은 용량조절밸브 사이에 두고 접속되어 있다.

#### 용량 가변형 압축기 시스템과 제어 시스템

그림 3은 용량 가변형 압축기 시스템과 제어 시스템

를 나타내었다. 이 시스템은 압축기의 압축과정 중에 냉매가스를 바이패스하기 때문에 실내기 능력에 따라 압축기가 압축·토출하는 냉매량을 조절할 수 있다. 이로써 압축기의 불필요한 압축 작업량이 저감되어 COP의 저하를 최소한으로 억제할 수 있다.

용량 가변형 압축기를 바이패스 운전 시킬 때 압축 동력의 저감효과는 다음과 같이 설명할 수 있다. 그림 4에 냉매의 P-h도에 개발 시스템과 기존 시스템의 냉매 바이패스 운전시 냉동사이클을 나타내었다. (그림 중의 h0~h5는 그림 2에서의 같은 기호위치의 냉매 엔탈피임)

기존시스템에 대한 압축기의 작업량  $P_s$ (이론 단열 압축동력)는 다음과 같이 표시된다.

$$P_{SA} = G_0 \times \Delta h_A \quad (1)$$

기존 시스템은 바이패스 유무에 상관없이 압축기 소요동력이 일정하다. 신 시스템에 대한 압축 소요동력은 다음과 같이 표현된다.

$$P_{SB} = G_0 \times \Delta h_B + (G_0 - G_1) \times (\Delta h_A - \Delta h_B) \quad (2)$$

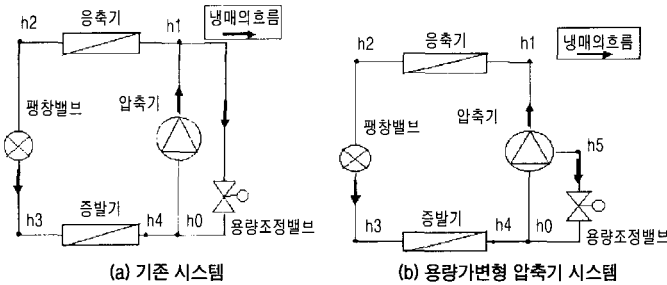
$G_0$ : 압축기 흡입 냉매유량 (kg/h)

$G_1$ : 바이패스 냉매유량 (kg/h)

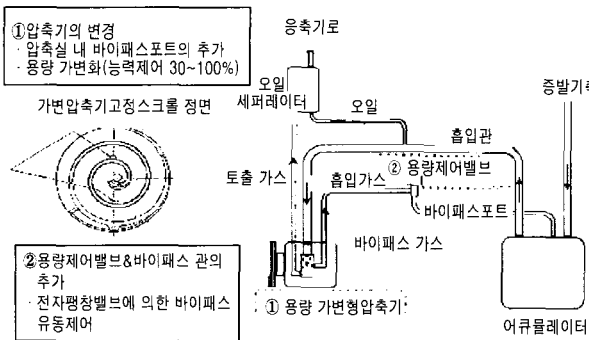
따라서 기존시스템과 용량 가변형 압축기 시스템과의 소요동력 차이는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta P_s = P_{SA} - P_{SB} = G_1 \times (\Delta h_A - \Delta h_B) \quad (3)$$

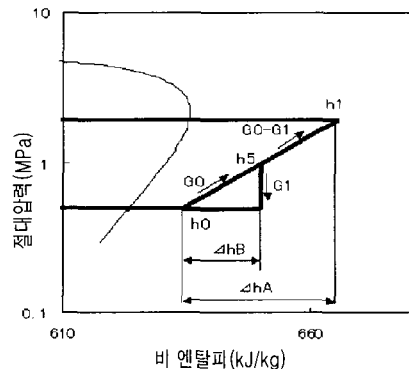
이상과 같이 용량 가변형 압축기 시스템은 기존 시스템에 비해 바이패스 운전시의 냉매 압축



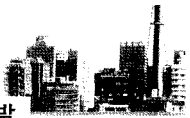
[그림 2] 연도별 공조 시장 동향



[그림 3] 용량 가변형 압축기와 제어 시스템



[그림 4] 용량 가변형 압축기 시스템의 바이패스 운전시 P-h 그래프



동력이 저감되어 바이패스 냉매량이 많을수록 효과가 커진다.

### 주요부품의 개발

#### 용량 가변형 압축기의 개발

용량 가변형 압축기의 개발에 있어서는 지금까지의 GHP용 스크롤 압축기의 개발이 토대가 되고 있다.

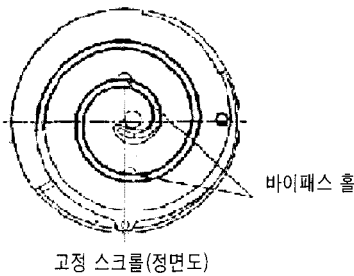
이 GHP용 스크롤 압축기는 자동차 에어컨용을 토대로 개발을 추진해 왔으나, GHP용 압축기는 상당히 높은 내구성이 요구되어 각 베어링의 강도향상,

윤활성 향상, 메카니컬 씰 등 다수의 개량을 장기간에 걸쳐 실시하여 GHP 전용 스크롤 압축기를 개발하였다.

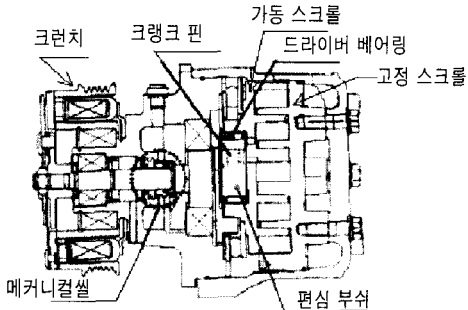
그림 5는 용량 가변형 압축기의 부품 구조와 GHP 스크롤 압축기의 단면도를 나타내고 있다. 스크롤 압축기는 고정스크롤을 중심으로 다른 스크롤을 상대적으로 180° 회전시킴으로써 압축율이 좌우 대칭되도록 복수개의 압축 포켓을 형성한다. 가스 냉매는 크랭크 샤프트의 회전으로 인해 스크롤 바깥쪽으로부터 흡입되고 압축실에서 압축되어 스크롤 중앙부의 토출 포트에 토출된다. (그림 5 (a) 참조)

압축기 용량 가변화의 주요한 개발 내용은 다음과 같다.

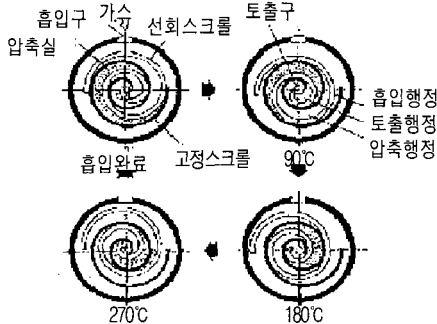
- 용량 가변화를 위한 바이패스 홀의 설치 : 고정 스크롤에 최대 바이패스량을 확보 가능하도록 함과 동시에 목표 효율 달성이 가능한 위치에 한 쌍의 바이패스 홀을 설치하였다.
- 용량 가변화를 위한 바이패스 유로(流路)의 설치 : 상기한 바이패스 홀을 연통시켜 압축기 상부 개구부에 얇은 유로를 설치하였다.
- 체적효율 확보를 위한 칩 씰 재질의 변경 : 바이패스 홀과의 접촉 마찰로 인한 씰 효과 저하 방지를 위해 재질을 변경하였다.



(a) 가변 압축기 고정 스크롤



(b) GHP용 스크롤 압축기의 단면도



(c) 스크롤 압축기의 원리

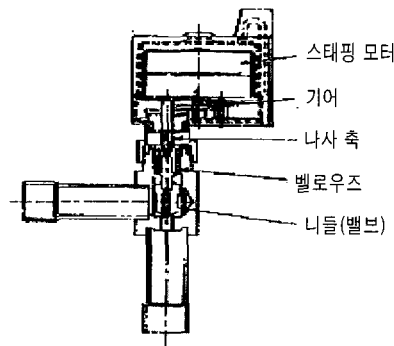
[그림 5] 용량가변형 압축기

#### 용량조절밸브의 개발

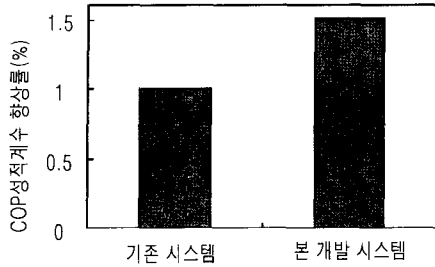
그림 6은 개발 대상제품의 용량조절밸브의 구조를 나타냈다. 개발 제품은 외부 제어에 의한 2상 여자식 스테핑 모터를 구동원으로 해서 회전운동을 나사에 의한 상하운동으로 변환하여 니들을 상하 운동하게 함으로써 유체 통과면적을 변화시켜 연속적으로 유량 조절이 가능하도록 하였다.

개발 제품에 대한 주요 개발내용은 다음과 같다.

- 내압 벨로우즈의 내구성 향상 : 요구 내구수명이



[그림 6] 용량조절밸브



[그림 7] COP 비교 시험결과

기존의 5배가 필요하게 되어 곡선방향 응력 완화를 위해 벨로우즈의 나사선 증가와 함께 얇게 처리하였다.

- 구동 부의 고온내구성 향상 : 유체가스의 고온화에 동반하여 기어의 내마모성 향상을 위한 재질 변경, 그리스 공급중단 방지를 위해 그리스의 재질을 변경하였다.

### 시험결과의 비교

그림 7은 각 시스템에 대한 성능계수를 비교하여 나타내었다. 용량 가변형 압축기 시스템에 의한 최소 용량 실내기 운전시 COP는 기존 시스템 대비 약 50% 이상 향상됨을 알 수 있다.

### 맺음말

GHP개발에서의 중요한 과제는 최근의 환경대응기

술이다. (고효율, 저소음, 저NOx, 장시간의 유지관리 주기 등) 그러나, 이 환경대응 기술채용으로 인한 비용상승은 피할 수 없어 이를 보완하는 비용 저감기술도 필요불가결하다. GHP가 장래에 에너지 제품으로서 성장하기 위해서는 사용자 이익을 고려한 상품의 개발이 가장 중요하다. 이번의 부분부하 효율향상 개발도 단순히 에너지절약 제품개발이라는 개발자측의 자기만족에 그치지 않고 사용자의 사용방법에 직면한 (사용자가 에너지절약을 실감할 수 있는) 개발을 목표로 하였다. 향후로도 에너지 제품으로서의 GHP 개발을 추진해 나가는 가운데 개발자 자신이 사용자측 입장에 서서 개발하는 것이 가장 중요하다고 생각된다. AISIN社는 미력하나마 21세기의 에너지 제품로서 GHP 업계의 발전 및 모든 사용자가 만족할 수 있는 제품개발에 노력을 경주해 나갈 예정이다.

### 참고문헌

- 1, "93 Technical Communication" 산덴주식회사 기술논문집.
2. 吉田邦夫 (GHP편람 P26~39 久城 毅), 석유화학신문사, 1994.
3. Sunami, M., Overview of Refrigeration Lubricants, International Symposium on Alternative Refrigerant And Environmental Technology, 2000. ㉔