

# PWM압축기를 이용한 시스템에어컨의 난방운전 시 압축기 토출온도 상관식

이 상 현, 권 영 철\*†, 장 근 선\*, 허 삼 행\*\*, 김 대 훈\*\*\*, 윤백\*\*\*\*  
선문대학교 대학원, \*선문대학교 기계공학과, \*\*월드코아(주), \*\*\*산업기술시험원, \*\*\*\*삼성전자

## Correlation on Compressor Discharge Temperature of System A/C using PWM Compressor in Heating Mode

S.H. Lee, Y.C. Kwon\*, K.S. Chang\*, S.H. Heo\*\*, D.H. Kim\*\*\*, B. Youn\*\*\*\*

Graduate school, \*Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chungnam  
\*\*Wored Core, Chunnam, \*\*\*Energy Evaluation, Korea testing Laboratory, Seoul  
\*\*\*\*System Appliances Division, Samsung Electronics, Suwon

**ABSTRACT** : An experimental study has been performed to investigate the correlation on compressor discharge temperature of system A/C in heating mode. Indoor and outdoor temperatures, the heating capacity, compressor discharge temperature and loading time are measured by the psychrometric calorimeter. The system is controlled by applying the scroll compressor, which is operated by PWM valve and loading duty. With increasing outdoor temperature, the heating capacity increases. With increasing indoor temperature, it decreases. Also, with increasing loading duty the heating capacity increases. According to the increase in outdoor temperature and loading duty, compressor discharge temperature increases. From these experimental data, the correlation on compressor discharge temperature is proposed. It is expressed as a function of indoor temperature, outdoor temperature, and loading duty. The correlation obtained from the present study is agreed with the experimental data within 2°C.

**Key Words** : Compressor(압축기), Heating(난방), Correlation(상관식), Discharge temperature(토출온도), System A/C(시스템에어컨)

### 1. 서론

오늘날 공조산업은 사람들의 생활수준의 향상과 산업기술의 고도화 및 경제발전으로 생활 공간내 쾌적성에 대한 요구가 높아짐에 따라 공공장소, 주거환경 및 작업환경에서도 공조기가 필수품으로 여겨지므로 인해 그 중요성과 가치가 고조되고 있다. 최근 에어컨 등 냉방기 사용이 급증하면서 여름철 전력수요가 집중되어 연중 최

고치를 기록하는 등의 전력공급의 어려움이 나타남에 따라 에너지소비 효율등급이 상향조정되고 있고, 더욱이 환경 및 에너지 문제로 관련기술의 고효율화가 더욱 강조되어 에어컨 등과 같은 공조기의 냉난방 성능 및 에너지 소비효율 향상이 업계의 최대 관심사이다.

에너지 절약이 강조됨에 따라 에어컨의 냉난방 성능과 전력 소비에 가장 큰 영향을 미치고 있는 압축기의 성능개선을 위해 다양한 압축방식 및 형태를 가진 새로운 압축기들이 소개되는 등 압축기의 개발에 따른 효율향상이 중요시되고 있다. 일정 냉방능력을 유지하도록 설계된 정속형 공조기는 냉방기간 중 시간에 따라 연속적으로 변하는 외기부하에 적절히 대응하지 못하여 실내

†Corresponding author  
Tel.: +82-41-530-2396; fax: +82-41-530-2981  
E-mail address: yckweon1@sunmoon.ac.kr

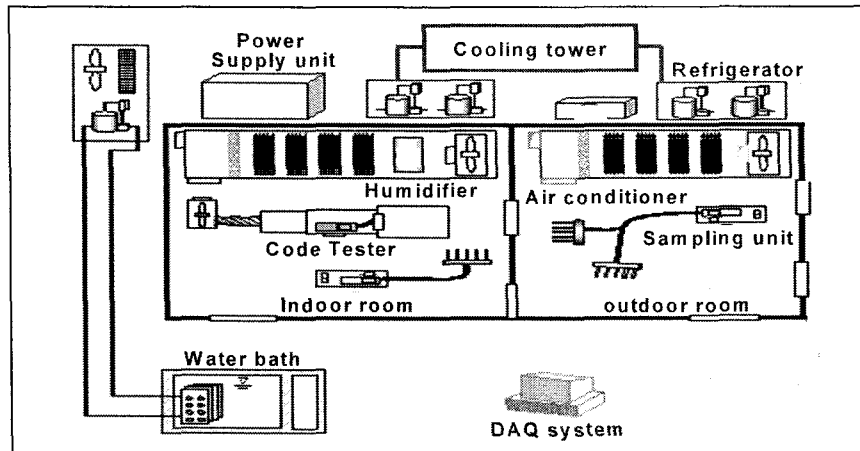


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus used in this present study.

온도가 설정온도에 도달하면 압축기의 운전이 정지되고 외기부하의 증가에 의해 다시 실내온도가 변하면 압축기가 운전되는 on-off 운전방식을 갖는다. 압축기의 종류에 따라 약간 차이가 있지만 모터 기동 시 토크는 운전시의 약 2~3배에 이르므로 시동 및 정지운전에 따른 소비전력 증가가 공조기의 운전비용을 증대시키는 주원인이 된다. 따라서 외기부하에 적절히 대응하고 냉난방기능을 완전히 수행하기 위한 방법으로 가변 압축기를 사용한 시스템이 확대되고 있는 추세이다.

Bahel와 Zubair<sup>(1)</sup>는 30평의 면적에 설치된 정속 열펌프의 계절성능계수를 측정하여 에너지 절약의 관점에서 인버터 시스템과 비교하였다. 실험결과 인버터 열펌프 시스템은 전체 운전시간의 22%가 저속에서 운전되어 단속운전손실을 11% 정도 감소시킬 수 있었으며, 정속 열펌프 시스템과 비교하여 24%의 에너지 절감효과가 있다고 하였다. Rice와 Fisher 등<sup>(2)</sup>은 정속 압축기를 사용하는 것보다 가변속 압축기를 사용할 경우 전체적인 에너지 절약효과가 약 26.7%에 이른다고 보고하였다. Lee 등<sup>(3)</sup>은 디지털 스크롤 압축기를 이용한 시스템 멀티에어컨의 경우, 냉난방 운전시 부하량에 따른 압축효율의 변화가 크지 않아 부하가 적은 영역과 큰 영역에서의 운전이 모두 효과 적임을 보고하였다. Han 등<sup>(4)</sup>은 시뮬레이션을 통한 멀티 히트 펌프 시스템에 대한 냉난방 성능예측에 관한 연구를 수행하였고, Cho 등<sup>(5)</sup>은 인버터 스크롤 압축기의 해석적 모델을 개발하고 주파수 변화에 따른 성능해석을 수행하였고,

Jung 등<sup>(6)</sup>은 멀티형 인버터 열펌프의 압축기 토출온도를 이용한 제어알고리즘에 대한 연구를 하였으며, Jun 등<sup>(7)</sup>은 인버터 방식과 PWM 방식의 압축기를 사용한 에어컨의 성능비교 연구를 수행하였다.

본 연구에 적용된 압축기는 PWM(pulse width modulation) 밸브를 이용하여 상부 스크롤의 로딩/언로딩시간(로딩듀티)을 조절하여 시스템 능력을 변환하는 방식의 스크롤 압축기이다. PWM 방식의 압축기를 시스템 에어컨에 적용하기 위해서는 다양한 실내외 온도조건에서 시스템의 운전 특성을 조사할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 PWM 방식의 스크롤 압축기를 적용한 시스템에어컨의 성능 및 압축기 토출온도를 이용한 시스템 상관식을 개발하고자 한다.

## 2. 실험방법 및 장치

시스템에어컨의 난방특성을 조사하기 위하여 공기엔탈피식 칼로리미터(Fig. 1)를 이용하였다. 시험 에어컨의 실내/실외기는 향온향습실의 실내측 및 실외측에 각각 설치되었으며, 각 실의 건/습구온도가 설정값의 허용범위 내에 있다. 시스템에어컨은 5RT급으로 압축기와 실내기에 유량을 조절하여 공급하는 전자팽창밸브(EEV) 및 스크롤 압축기, 실내외 열교환기로 구성되어 있다. 난방특성을 분석하기 위하여 실내기 및 실외기 공기온도 센서에서의 정보를 입수할 수 있고, 압축기의 운전주기 및 전자팽창밸브의 개도를 조절

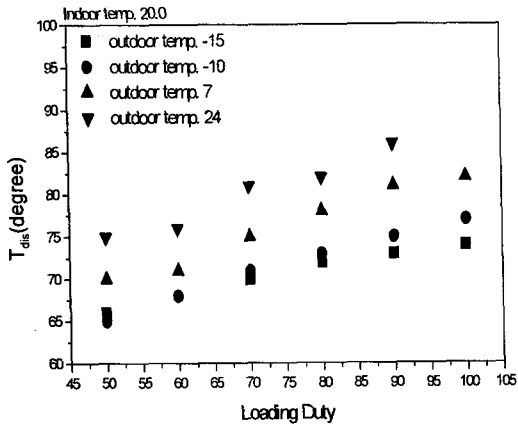


Fig. 4 Compressor discharge temperatures on loading duty under outdoor temperatures.

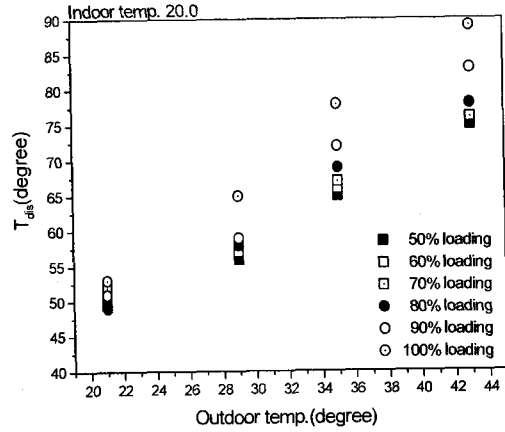


Fig. 6 Compressor discharge temperatures on outdoor temperatures under loading duties.

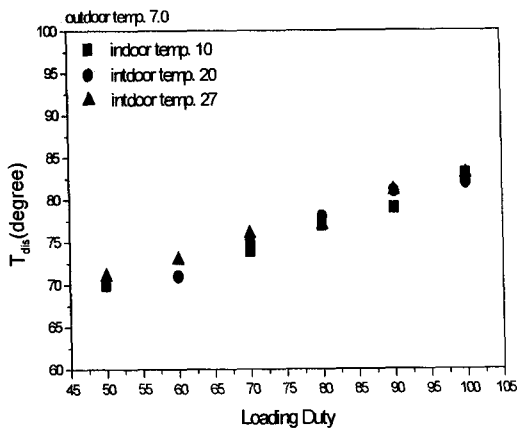


Fig. 5 Compressor discharge temperatures on loading duty under indoor temperatures.

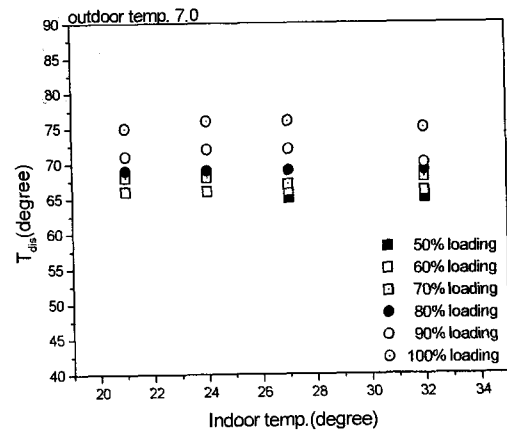


Fig. 7 Compressor discharge temperatures on indoor temperatures under loading duties.

는 거의 일정한 기울기를 가지며 증가하고 있음을 보여주고 있다. 그리고 로딩듀티가 높아짐에 따라 압축기 토출온도의 증가폭이 향상되는 상현을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 각 로딩듀티에서 실내온도 변화에 따른 압축기 토출온도를 나타내고 있다. 실외온도에 의해서는 로딩듀티가 증가함에 따라 최적 압축기 토출온도는 선형적으로 증가하는 것을 보여주고 있지만, 실내온도에 의해서는 거의 유사한 결과를 가지는 것을 볼 수 있다. 그리고 로딩듀티가 높아짐에 따라 압축기 토출온도가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

PWM 방식에 대한 압축기 토출온도는 로딩듀

티와 실외온도가 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향을 나타내었으며 실내온도가 증가함에 따라 미소하게 증가하는 경향이 관찰되었다.

압축기 토출온도를 이용한 상관식을 얻기 위해서 실험으로 측정된 값을 이용하여 압축기 로딩듀티, 실내 및 실외온도 조건 등을 변수로 하는 관계식을 구하였다. 상관식은 토출온도에 영향을 크게 미치는 로딩듀티, 실외온도, 실내온도의 함수형태로 표현하였으며, 상관식의 계수는 최적 압축기 토출온도 데이터를 이용하여 계산하였다.

Table 1 Experimental conditions.

Condition	Indoor room		Outdoor room	
	Dry bulb(°C)	Wet bulb(°C)	Dry bulb(°C)	Wet bulb(°C)
Fixed indoor temp.	20.0±0.3	15.0±0.2	-15.0±0.3	-
			-10.0±0.3	-
			7.0±0.3	6.0±0.2
			24.0±0.3	22.4±0.2
Fixed outdoor temp.	10.0±0.3	6.4±0.2	7.0±0.3	6.0±0.2
	20.0±0.3	15.0±0.2		
	27.0±0.3	21.0±0.2		

할 수 있는 컨트롤러를 구성하였다. 압력은 압축기 입출구와 EEV 출구에서 측정한다. 열교환기를 지나는 냉매의 압력강하와 배관 내 압력강하는 작기 때문에 무시하였다. 또한 측정된 온도는 압축기와 EEV의 입출구, 열교환기 입출구 및 중간지점과 실내기와 열교환되는 공기의 입출구의 건습구 온도이다. 소비전력은 디지털 파워미터를 이용하여 측정하였다.

본 연구에서의 실험조건은 Table 1과 같으며, 각 실내의 온도조건에서 운전주기를 50-100%로 변화시켜 실험을 수행하였다. 각 온도조건에서 시스템을 운전하여 운전주기별로 전자팽창밸브 개도를 조절하여 최대 효율을 나타내는 점에서 성능을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

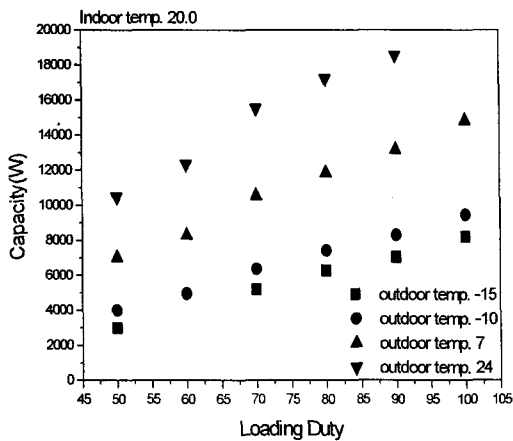


Fig. 2 Capacities on outdoor temperature and loading duty.

Fig. 2와 Fig. 3은 각각의 실내온도 및 실외온도별 로딩변화에 대한 난방능력을 보여주고 있다. 실내온도 고정 시 실외온도가 증가함에 따라 난방능력은 증가하였고, 실외온도를 고정 시 실내온도가 증가함에 따라 난방능력은 감소하였다. 또한 로딩듀티가 증가함에 따라 선형적으로 증가하였다. 이것은 실외온도가 높아지고 실내온도가 낮아짐에 따라 응축압력과 응축온도가 증가하여 열교환되는 실내기측 유입공기와 냉매의 온도차가 커지고 과냉도 및 압축기 출구의 과열도가 증가하여 응축기 입출구의 엔탈피 차이가 증가하므로 시스템의 능력이 증가되는 것이다.

Fig. 4는 실외온도 및 로딩듀티 변화에 대한 최적의 효율을 가지는 압축기 토출온도를 나타내고 있다. 압축기 토출온도는 실외온도가 증가함에 따라 증가하였고 각 실외온도에서 로딩듀티가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여준다.

Fig. 5는 실내온도 및 로딩듀티 변화에 대한 최적의 효율을 가지는 압축기 토출온도를 나타내고 있다. 실외온도 변화와는 다르게 실내온도 변화에 대해서는 거의 유사한 압축기 토출온도에서 최적의 사이클이 구성됨을 알 수 있다. 각 실내온도에서 로딩듀티가 증가함에 따라 압축기 토출온도는 증가하는 경향을 보여준다.

Fig. 6은 각 로딩듀티에서 실외온도 변화에 따른 압축기 토출온도를 나타내고 있다. 저 로딩듀티, 고 로딩듀티 영역에서 모두 로딩듀티 변화에 대해 실외온도가 높아짐에 따른 압축기 토출온도

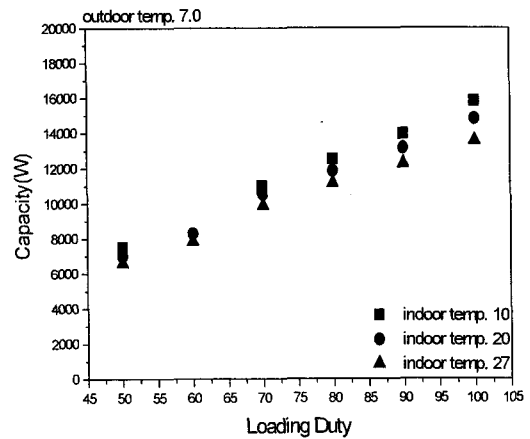


Fig. 3 Capacities on indoor temperature and loading duty.

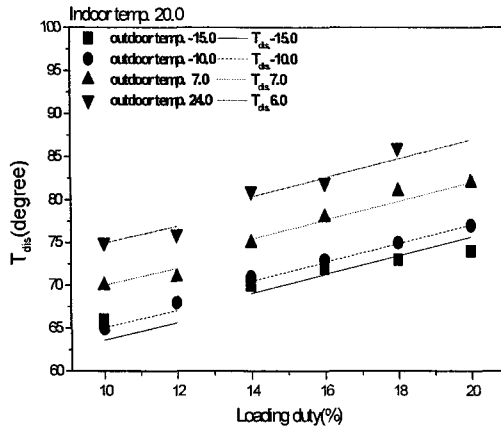


Fig. 8 Comparison of correlation with experimental data

$$T_{dis} = [(Loadingduty \times C_1) + (T_{out} - 7) \times C_2 + (T_{in} - 20) \times C_3] + C_4$$

Fig. 8은 실외온도 변화 시 각 로딩듀티에서 실험값과 상관식에 의해 구해진 목표 압축기 토출온도를 비교한 그림이다. 상관식을 작성함에 있어 실외기 송풍량에 따라 큰 영향을 미치므로 저 로딩듀티영역과 고 로딩듀티영역을 구분하여 변수를 달리하여 계산하였다. 이 상관식의 압축기 토출온도는 로딩듀티가 증가함에 따라 저 로딩듀티영역과 고 로딩듀티영역에서 각각의 일정한 증가율을 나타내며, 실외온도가 증가함에 따라 전 로딩듀티영역에서 일정한 증가율을 나타내었다. 또한, 실내온도가 증가함에 따라 저 로딩듀티영역과 고 로딩듀티영역에서 실외기온도에 비해서는 작지만 일정한 증가율을 보였다. 그리고 전 로딩듀티영역에서 실제 운전시 압축기 토출온도와 상관식은 최대 2°C내의 편차를 보여, 개발된 상관식을 시스템 제어 알고리즘에 적용하게 되면 보다 안정적이고 능동적으로 시스템 제어가 가능할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구는 PWM 방식의 스크롤 압축기를 적용한 시스템 에어컨의 압축기 운전주기와 실내/외 온도를 변화시켜 실험하여 압축기 토출온도 상관

식을 도출하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 실외온도가 증가함에 따라 난방능력은 증가하였고, 실내온도가 증가함에 따라 난방능력은 감소하였다.
- (2) 각 온도조건에서 로딩듀티가 증가함에 따라 난방능력은 증가하였다.
- (3) 압축기 토출온도는 로딩듀티와 실외온도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하였으며, 실내온도의 변화에는 완만한 증가를 나타내었다. 로딩듀티와 실외온도 변화가 실내온도 변화에 비해 압축기 토출온도에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.
- (4) 압축기 토출온도 상관식은 실외온도, 실내온도, 그리고 로딩듀티의 함수로 표현되었으며, 실험으로부터 획득된 압축기 토출온도와 최대 2°C 내에서 일치하였다. 개발된 상관식을 시스템 알고리즘에 적용하면 안정적이고 능동적으로 시스템의 제어가 가능할 것이다.

#### 참고문헌

1. Bahel, V. and Zubair, S. M., 1989, An Assessment of Inverter Driven Variable Speed Air Conditioners: Sample Performance Comparison with a Conventional Systems, ASHRAE Trans., Vol. 95, pp. 455-464.
2. Rice, C. K. and Fisher, S. K., 1985, Comparative Analysis of Single and Continuously Variability Heat Pumble-Capacp Concepts, Proc. of the DOE/ORNL Heat Pump Conference, pp. 57-65.
3. Lee, Y. S., Jun, Y. H., Kim, D. H., Chang, K. S. Youn, B., Moon, J. M., Hong, J. T. and Oh, M. D., 2002, An experimental study on the cooling and heating characteristics of system air-conditioner using the digital scroll compressor, Proceeding of the SAREK, 575-580.
4. Han, D. Y., Kwon, H. J. and Ha, S. C., 1999, Design and performance prediction of the multi-type heat pump system, Proceeding of the SAREK, pp. 515-520.
5. Cho, H. H., Kim, Y. C. and Park, H. H.,

- 1999, Performance characteristics of an inverter-driven scroll compressor, Proceeding of the air-conditioning and Refrigeration Engineering, pp.1139-1143.
6. Jung, G. H., Choi, H. D., Kim, M. H., Oh, S. K., 2002, An optimal control using a compressor discharge temperature on multi-type inverter heat pump, Proceeding of the SAREK, pp. 1241-1246.
7. Jun, Y. H., Kim, D. H., Heo, S. H., Kwon, Y. C., Moon, J. M., Hong, J. T., 2003, Experimental study on performance evaluation of system air-conditioner using compressor of PWM or Inverter method, Proceeding of the SAREK, Vol. 15, No. 9, pp. 738-743.