

## 가변 용량형 시스템 멀티에어컨의 하계 현장 성능

조 홍 기, 조 금 남\*, 유 호 선\*\*†, 홍 희 기\*\*\*

성균관대학교 대학원, \*성균관대학교 기계공학부, \*\*승실대학교 기계공학과, \*\*\*경희대학교 기계산업시스템공학부

### Field performance of variable capacity heat pump systems with multi-indoor units during cooling season

Honggi Cho, Keumnam Cho\*, Hoseon Yoo\*\*†, Hiki Hong\*\*\*

**ABSTRACT:** The objective of the present study was to evaluate the field performance of variable capacity heat pump systems established in Seoul during cooling season. The cooling capacities of the heat pumps were 5HP and 10HP, respectively. The experimental results were obtained from July to September in cooling season of 2004. A set of basic data, such as temperature and humidity at various locations of interest, were recorded and collected, while a special care was paid to measure the electric consumption rate reflecting the compressor's load and unloads. The cooling capacities of two heat pump systems field-tested were larger than those of both systems at designed conditions, respectively. The energy efficiency ratios of these systems were similar to those of them at designed conditions. The seasonal energy efficiency ratios (SEER) were constant and moderate with respect to the outdoor temperatures. The results from experimental data showed that CO<sub>2</sub> level and thermal comfort of this air-controlled space was enough and moderate under actual operating conditions during cooling season.

**Key words:** Field performance(현장 성능), Variable capacity heat pump(가변용량 열펌프), SEER(Seasonal energy efficiency ratio;기간 에너지 소비 효율)

#### 1. 서 론

주거 및 사무 공간에 대한 쾌적한 생활환경 요구와 공조기의 대형화 및 고급화에 따라 시스템 멀티에어컨 사용이 점차 증가되고 있다.

시스템 멀티 에어컨은 기존의 중앙 공조 방식에 비하여 별도의 기계실이 필요 없게 되어 공간 사용 효율성을 높일 수 있으며 부하 변동에 따른

부분 부하 운전이 가능하므로 이에 따른 에너지 절약이 가능하다. 시스템 멀티 에어컨은 건물의 냉난방 부하 조건에 따라 용량 변화에 적절히 대응할 수 있도록 용량 가변형 압축기를 사용하고 있고 다실 동시 운전 및 개별 운전 제어가 가능하므로 증소형 건물의 신축 및 리모델링 과정에서 기존 중앙 공조 방식보다 시스템 멀티에어컨을 선호하는 경향이 증가되고 있으며, 이러한 장점과 더불어 국가적인 에너지 절약 정책에 따라 시스템 멀티에어컨의 소비 효율을 향상하기 위한 연구와 기술개발이 활발히 진행되고 있다.

멀티에어컨의 소비 효율 향상 및 성능과 관련

† Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0661; fax: +82-2-820-0668

E-mail address: hsyoo@engineer.ssu.ac.kr

된 연구로 Jun et al<sup>(1)</sup>은 PWM 방식과 인버터 방식의 용량 가변형 압축기를 적용한 시스템 멀티에어컨에 대한 냉난방 성능 및 특성에 관한 연구를 칼로리미터 실험 장비를 이용하여 수행하였고, Kim et al<sup>(2)</sup>은 PWM 방식의 압축기를 사용한 시스템 멀티에어컨의 -15~-10℃의 저온 실외 온도 조건에서 실내기에 전기 히터를 사용한 방식과 사용하지 않은 방식에 대한 비교 연구를 수행하였다.

Lee et al<sup>(3)</sup>은 디지털 스크롤 압축기를 이용한 시스템 멀티에어컨의 경우, 냉난방 운전 시 부하량에 따른 압축효율의 변화가 크지 않아 부하가 적은 영역과 큰 영역에서의 운전이 모두 효과적임을 보고하였다. Han et al<sup>(4)</sup>은 시뮬레이션을 통한 멀티 히트 펌프 시스템에 대한 냉난방 성능 예측에 관한 연구를 수행하였고, Park<sup>(5)</sup>은 멀티에어컨의 부분부하 성능평가에 있어서 기존의 SEER과 칠러에서 사용되던 IPLV의 계산 방식에 따른 비교 연구를 수행하였다.

시스템 멀티에어컨의 상업용 건물 적용 시 핵심 기술 사항은 여러 가지 현장 여건에 따른 시스템의 운전 신뢰성을 확보하는 것이지만, 전술한 바와 같이 기존의 연구들은 칼로리미터 시험 장비에서 안정된 조건 하에 수행되었다. 따라서 본 연구에서는 시스템 멀티에어컨을 상업용 건물에 적용하고 냉방 능력 및 에너지 소비 효율 등에 대한 시스템 신뢰성 평가를 수행하고 공조 공간에 대한 IAQ(Indoor Air Quality : 실내 공기질) 및 열환경 평가를 수행하고자 한다.

## 2. 현장 시험 장치 및 방법

본 연구가 수행된 대상 공간은 서울의 강남에 위치한 지하 2층, 지상 6층 건물의 4층에 위치한 중식당이며, 설치된 시스템 멀티에어컨은 국내 S사 제품으로 냉난방 겸용의 열펌프로 PWM방식의 용량 가변형 압축기와 정속 압축기가 병렬로 연결된 10마력 용량의 실외기에 고정압 덕트형 실내기가 2대 연결되고, PWM방식의 용량 가변형 압축기가 적용된 5마력 용량의 실외기에 고정압 덕트형 실내기가 1대 연결되어 있다. 성능 평가에 사용된 시스템 에어컨의 제원은 Table 1과 같다. 시스템 실외기는 3층 발코니에 설치되었으며, 실내기는 고정압 덕트형으로 실내기에 연결

Table 1 Specification of the heat pump systems

Unit	Type	Cooling capacity	Quantity
Outdoor unit	Sideway	14.5 kW	1
	Upward	29 kW	1
Indoor unit	Duct type (High pressure)	12.8 kW	3

된 덕트를 통하여 실내에 분배되어 토출하는 방식을 적용하였다.

Fig. 1은 시스템 개략도를 나타낸 것이다. 실내기의 입출구점에서 공기측 온도와 습도를 측정하고 디퓨저에서 풍량을 측정하여 공기측 엔탈피 차이를 이용하여 실내기 성능을 계산하였다.

실내 공기질(IAQ : Indoor Air Quality) 및 열환경 평가를 위하여 실내 대표점(건물물의 중심 위치)에서의 온도, 습도 및 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다. 습도 센서나 CO<sub>2</sub> 농도 센서의 경우 상용화되어 판매되는 제품을 사용하였으며 온도 센서의 일부는 K-type 열전대를 이용하였고, 온도 보정을 통한 열전대의 오차는 ±0.1℃ 이내로 하였다. 실외기에 공급되는 소비 전력을 측정하여 시스템의 EER(Energy efficiency ratio : 에너지 소비 효율) 및 SEER을 구하였다. 시스템의 운전 및 제어 상태 등을 기록하기 위하여 설치 업체에서 제공하는 Snet 프로그램을 이용하였다.

온도, 습도, CO<sub>2</sub> 농도 및 시스템 운전조건 등은 20초 간격으로 측정하였고, 소비전력량은 10, 20초 간격으로 운전 상태가 변하는 PWM 제어에 대응하기 위하여 1초 간격으로 측정하여 산출하였다. 시스템 운전은 사용자(중식당 영업자)에 의하여 운전되었으며, 2004년 7월부터 2004년 9월까지 측정된 자료를 사용하였다. 시스템이 정상 상태로 운전되는 10분간의 성능 및 소비전력을 적산하였으며, 또한 중식당의 영업시간을 고려하여 오전 9시부터 오후 9시까지의 성능 및 소비전력을 적산하여 시간별 일별 소비전력과 냉방능력을 구하였다. 이러한 측정 장치를 통하여 실제 현장에서 운전되는 시스템 멀티에어컨의 하절기에 대한 운전 성능과 실내 공기질 및 열환경 평가를 수행하였다.

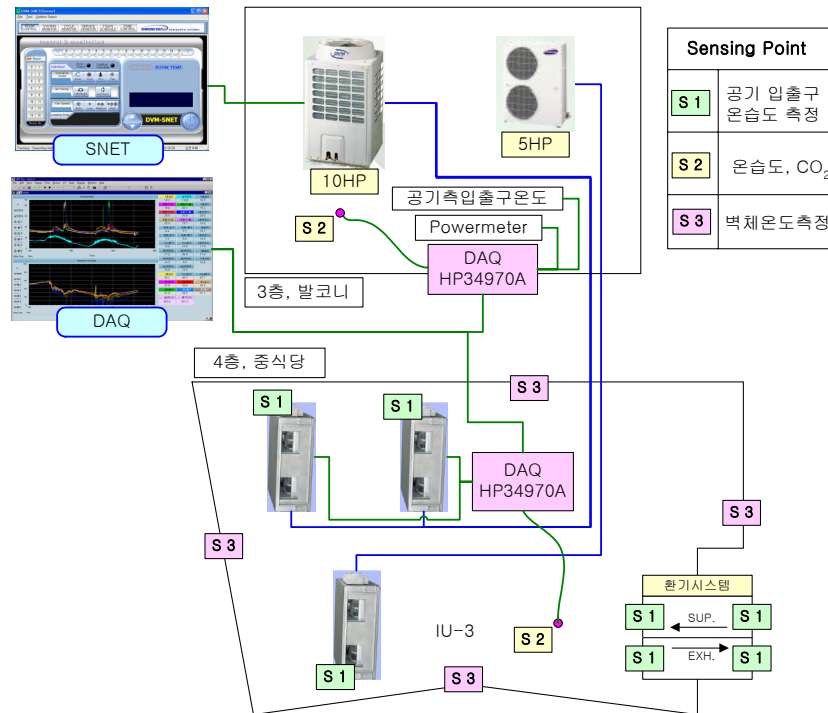


Fig. 1 Schematic diagram of the field test system

### 3. 현장 시험 결과 및 고찰

#### 3.1 시험 운전 성능

##### 3.1.1 냉방 능력 및 EER

본 연구에서는 2004년 7월부터 9월까지를 하절기로 구분하고 시스템 멀티에어컨의 냉방 및 EER 성능을 평가하였다. Fig. 2는 실외온도에 따른 냉방 및 EER 성능을 나타낸 것이다. 냉방 능력의 경우 대부분의 실외 온도 조건에서 10마력 및 5마력 시스템의 정격 냉방 능력보다 대체적으로 크게 나타남을 알 수 있다. 상기 냉방 능력과 측정된 소비전력을 이용하여 EER(에너지 소비 효율)을 계산하였고 이를 Fig. 3에 도시하였다. 5마력 및 10마력에 대한 정격 조건에서의 EER 값은 각각 2.29와 2.64이고, 현장 성능 평가에 의한 5마력 시스템에 대한 EER 값의 분포는 2.3~3.4 정도였으며, 10마력 시스템에 대한 EER 값 분포는 2.0~3.2 정도로 나타났다. 정격 조건에서의 EER 값은 10마력에 대한 EER 값이 5마력에 비해 크지만, 현장 실험에 의한 EER 값은 5마력 조건인 경우가 약간 더 좋은 것으로 나타났다. 이는 5마력의 경우 실내기를 1대로 운전함으로써 실내기를 2대로 가동하는 10마력에 비해 부분부

하 운전 시 소비동력 감소에 따른 것으로 사료된다.

##### 3.1.2 SEER 산출 및 평가

시스템 멀티에어컨에 대한 기간 에너지 소비 효율(SEER) 산출에 대한 기술 표준이 없기 때문에 본 연구에서는 “KS C 9306 에어컨디셔너” 부분의 부속서 5(참고) 냉방·난방 기간 에너지 소비 효율과 냉방·난방 기간 월간 소비 전력량 시험 방법 및 산출 방법을 참고하여 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$SEER = \frac{\sum Q_C}{\sum P_C} \quad (1)$$

여기서,  $Q_C$ 와  $P_C$ 는 각각 냉방 기간 총 냉방량 합계 및 냉방 기간 총 냉방 소비 전력량 합계를 의미한다. Fig. 4는 2004년도 7월부터 9월까지 측정된 자료를 이용하여 하절기 실외온도에 따른 SEER 분포를 나타낸 것이다. 5마력 및 10마력 시스템 모두 실외 온도에 따라 SEER 값이 크게

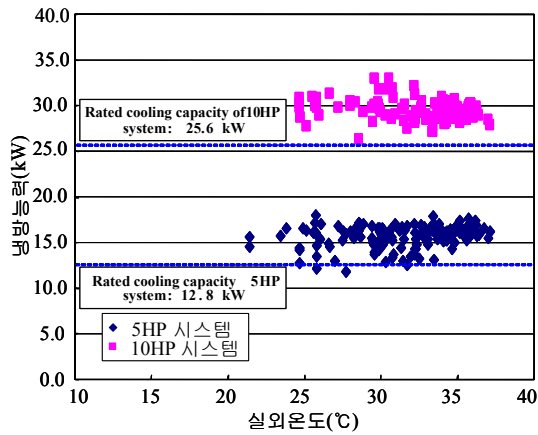


Fig. 2 Variation of cooling capacity with respect to the ambient temperature

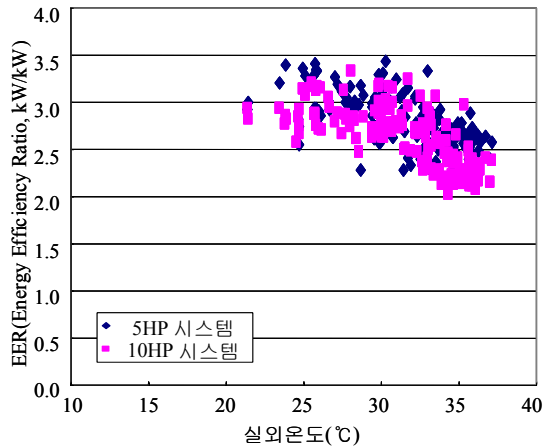


Fig. 3 Variation of EER with respect to the ambient temperature

변하지 않음을 알 수 있다. 5마력 및 10마력 시스템에 대한 하절기 SEER 값은 각각 2.7, 2.5였다.

### 3.2 IAQ 및 열환경 평가

#### 3.2.1 IAQ 평가 : 하절기 CO<sub>2</sub> 농도 변화

실내 공기질(Indoor Air Quality)을 평가하기 위한 하나의 기준값으로 실내 CO<sub>2</sub> 농도 변화를 이용할 수 있다. 우리나라의 경우 지하 생활 공간 공기질 관리법에 의한 실내 CO<sub>2</sub> 농도 기준값은 1000ppm이다. Fig. 5는 하절기에 측정된 실내 대표점(건축물의 중심 위치)에서의 CO<sub>2</sub> 농도 변화와 휴서기에 해당되는 2004년 8월 10일의 각 시간대별 CO<sub>2</sub> 농도 변화를 도시하였다. 6월, 7월, 8월 동안에 측정된 자료로부터 일평균 CO<sub>2</sub> 농도

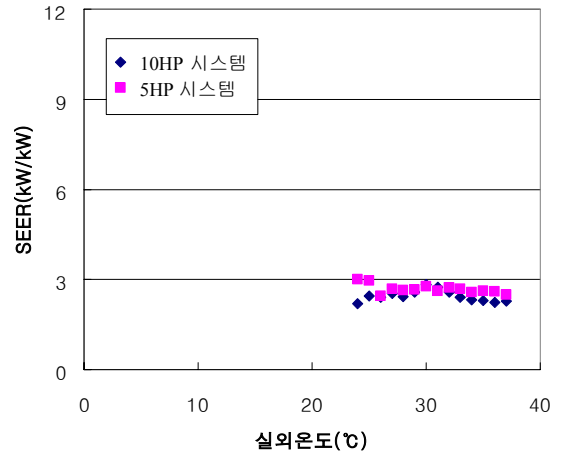
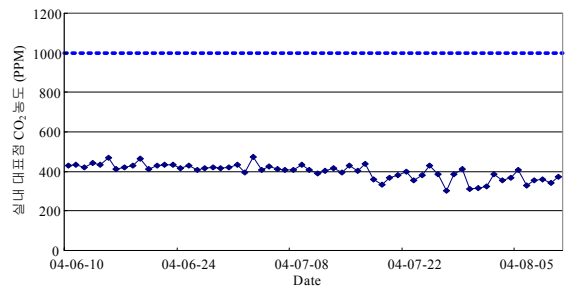
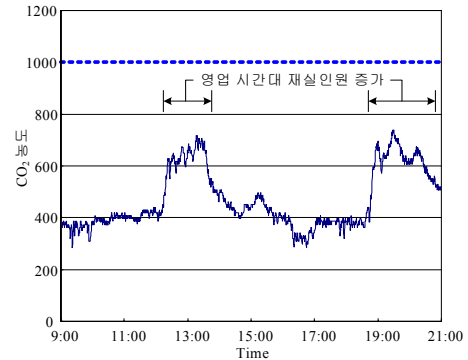


Fig. 4 Variation of SEER with respect to the ambient temperature



(a) Monthly variation



(b) Daily variation (August 10, 2004)

Fig. 5 Variation of CO<sub>2</sub> concentration in cooling season

를 계산한 결과 실내 CO<sub>2</sub> 농도 기준치 보다 상당히 낮은 안정적인 실내 공기질 상태를 유지함을 알 수 있었다. 휴서기에 해당되는 8월 10일의 각 시간대별 CO<sub>2</sub> 농도는 재실 인원이 증가하게 되는 영업 시간대의 경우 CO<sub>2</sub> 농도가 증가하였으나 기준값을 넘지 않았으며 오전 9시부터 오후 9시까지의 평균 CO<sub>2</sub> 농도는 약 470ppm 정도로 양호한 공기질 상태를 유지하였다.

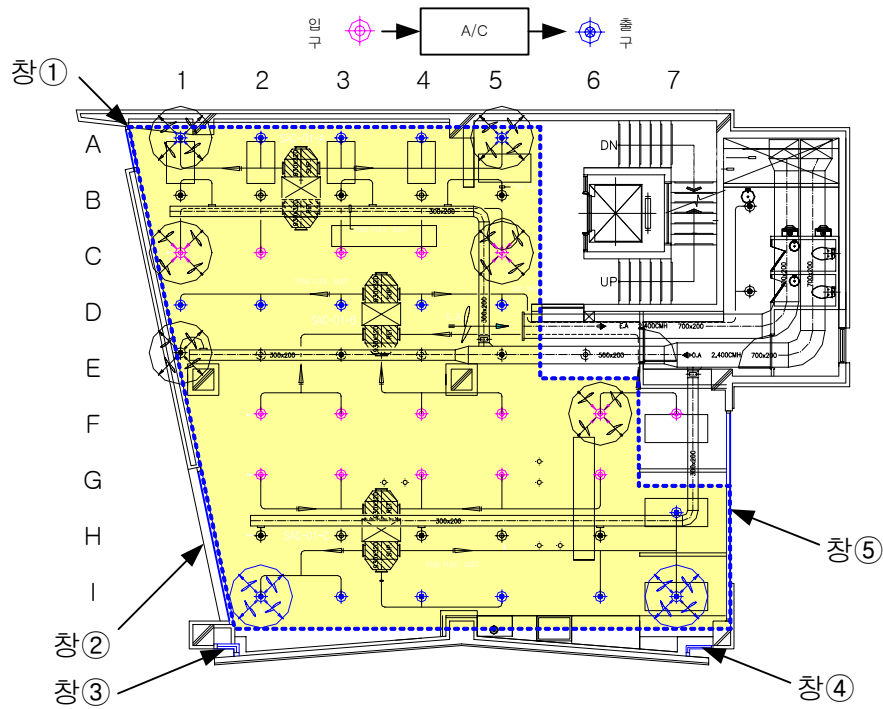


Fig. 6 Schematic plane view of the air-controlled space

### 3.2.2 열환경 평가 : 현장 계측

현장에서의 여러 가지 운전 조건에 대한 실제

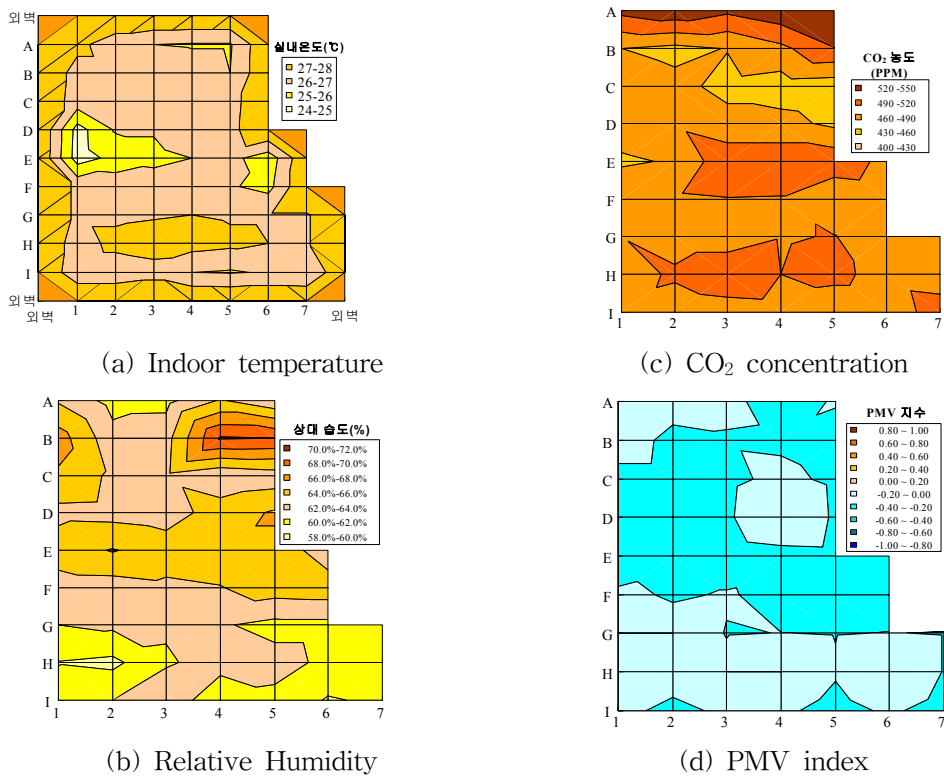


Fig. 7 Thermal comfort and indoor air quality  
(Ambient temperature at 30°C, August 14, 2004)

적인 열환경 평가를 위하여 하절기 중 7월 3일, 8월 14일, 9월 23일을 선정하여 공조 공간 내에서 실내온도, 상대습도 및 CO<sub>2</sub> 농도를 국부적으로 측정하였고, PMV 지수를 계산하였다.

Fig. 6과 7은 8월 14일 현장 측정 시 측정 지점과 열환경 평가 자료를 도시한 것이다. 측정 지점은 디퓨저 아래 바닥으로부터 170cm 지점에서 측정하였고 중식당 운영 시간을 피하기 위해 오전 9시 30분에서 10시까지 측정하였다. 실외온도는 30℃였고, 멀티에어컨 및 급배기 팬이 동시 운전되는 상태이다. 실내온도는 대략 24~28℃를 유지하였고, 상대습도는 59~70%를 보였으며 CO<sub>2</sub> 농도는 440~560ppm 정도였다. 또한 PMV 지수는 -0.02~0.40으로 실내의 전체적인 열환경 상태는 비교적 양호한 상태임을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

서울의 신사동에 위치한 6층 건물의 4층에 위치한 중식당에 설치된 5마력 및 10마력 시스템 멀티에어컨에 대한 하계 현장 운전에 대한 실험 결과는 다음과 같다.

(1) 냉방 능력의 경우 대부분의 실외 온도 조건에서 정격 냉방 능력보다 대체적으로 크게 나타났으며 에너지 소비 효율(EER)은 정격 조건과 비슷한 정도를 나타냈다.

(2) 하절기에 대한 기간 에너지 소비 효율(SEER)은 5마력 및 10마력 모두 실외 온도 조건에 따라 일정하게 안정된 값을 나타냈고 정격 EER 값과 유사하였으나 평가 방법에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

(3) 하절기에 대한 시간대별 일별 실내 CO<sub>2</sub> 농도는 실내 환기 기준치를 만족하였고 양호한 실내 공기질 상태를 유지하였다.

(4) 현장에서의 여러 가지 운전 조건에 대한 열환경 평가 결과 실내 온도, 상대 습도 및 CO<sub>2</sub> 농도는 비교적 양호한 공간 분포를 보였다.

본 연구는 삼성전자(주)가 지원하는 “시스템 멀티에어컨의 제도개선과 타 시스템과의 비교평가” 과제의 일부로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

1. Jun, Y. H., Kim, D. H., Heo, S. H., Kwon, Y. C., Moon, J. M. and Hong, J. T., 2003, Experimental study on performance evaluation of system air-conditioner using compressor of PWM or Inverter method (Cooling and Heating Characteristics), Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.15, No.9, pp. 738-743.
2. Kim, D. H., Jun, Y. H., Lee, Y. S., Moon, J. M. and Hong, J. T., 2003, Experimental study on performance evaluation of system A/C using PWM or Inverter method (Heating characteristics at low temperature conditions), Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering Vol.15, No.7, pp. 551-556.
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, 99. 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. Park, Y. C., 2004, Application of SEER/IPLV on multi air-conditioners, Proceeding of the SAREK, 99. 575-580.