대한설비공학회 2007 동계학술발표대회 논문집 pp. 328 ~ 333

07-W-051

동적시뮬레이션을 위한 시스템 멀티에어컨의 모델링

이 윤 종, 김 찬 중, 문 제 명*, 김 철 우*, 서 형 준*, 김 경 록*, 신 행 조*, 홍 희 기†

서울대학교 기계항공공학부, *삼성전자 생활가전사업부,
† 경희대학교 기계산업시스템공학부

Modelling of System Air-Conditioner for Dynamic Simulation

Yoon Jong Lee, Chan Jung Kim, Je Myung Moon, Cheol Woo Kim, Hyeong Joon Seo, Gyoung Rok Kim, Haeng Cho Shin, Hiki Hong

Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea
**Air conditioning R&D Group, Samsung Electronics co.,LTD, Suwon 443-742, Korea*
† School of Mechanical and Industrial System Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

ABSTRACT: The purpose of this study is modelling of system air-conditioner for TRNSYS. System air-conditioner is operated by a variable capacity compressor and accommodated by multiple evaporators. By reason of these feature, realizing performance of system air-conditioner for TRNSYS was incomplete. In this study performance data of system air-conditioner and control logics are used to make system air-conditioner module for TRNSYS. Performance data contains total capacity, power input and capacity index of system air-conditioner. The simulation was carried out in a mode of temperature level control using TRNSYS 16. The simulation shows that the system air-conditioner model operate variable capacity and can compute capacity index and power input of system.

Key words: System air-conditioner(시스템 멀티에어컨), TRNSYS, Building energy simulation(건물 에너지 시뮬레이션)

1. 서 론

시스템 멀티 에어컨은 부하에 따른 개별 용량조절이 가능한 가변형 개별 공조 시스템이다. 용량변화에 적절히 대응할 수 있도록 용량 가변형 압축기, 제어 알고리즘 등을 적용하고 있으며 기존의 중앙 공조 방식에 비하여 별도의 기계실이 필요 없게 되어 공간 사용의 효율을 높일 수 있는 시스템으로 최근 사용이 급증하고 있다.

그러나, 이러한 시스템 멀티에어컨의 수요증가에도 불구하고, 타 시스템과의 비교나 성능평가가 어려워 정확한 성능제시가 어려운 실정이다.

특히 공조시스템 간의 성능비교를 실험을 통해 수행하고자 한다면 공간, 비용, 시간의 소비가 매우 크다는 현실적인 어려움이 있어 시뮬레이션에 의존할 수 밖에 없다. 일반적인 공조시스템의 경우 기존 건물 에너지 시뮬레이션(Building Energy Simulation, BES) 프로그램에서 제공하는 기능들을 이용해 계산을 수행할 수 있으나[1,2] 시스템 멀티에어컨의 경우 시뮬레이션에 적용하

† Corresponding author
Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-8106
E-mail address: hhong@khu.ac.kr

기 위한 모듈이 없어 시뮬레이션을 통한 비교도 현재로서는 불가능한 실정이다.

이전 연구에서 시스템 멀티에어컨의 모델링이 수행되었으나 시스템멀티에어컨의 가장 중요한 특징인 부분부하운전의 구현이 완전하지 못했으며 실외기에 연결되는 실내기의 대수조절을 할 수 없어 정확한 성능 모사가 힘들었다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 TRNSYS에서 사용할 수 있는 시스템 멀티에어컨의 모델을 개발하고 타당성을 검증하려고 한다.

TRNSYS는 동적 열부하계산을 위한 비정상 에너지방정식 해석프로그램으로 전달함수법[3-5]을 사용하며 프로그램이 TYPE으로 불리는 독립적 구성요소로 연결된 구조이다. DOE-2 와 더불어 건물에너지 시뮬레이션용으로 검증된 소프트웨어이다.

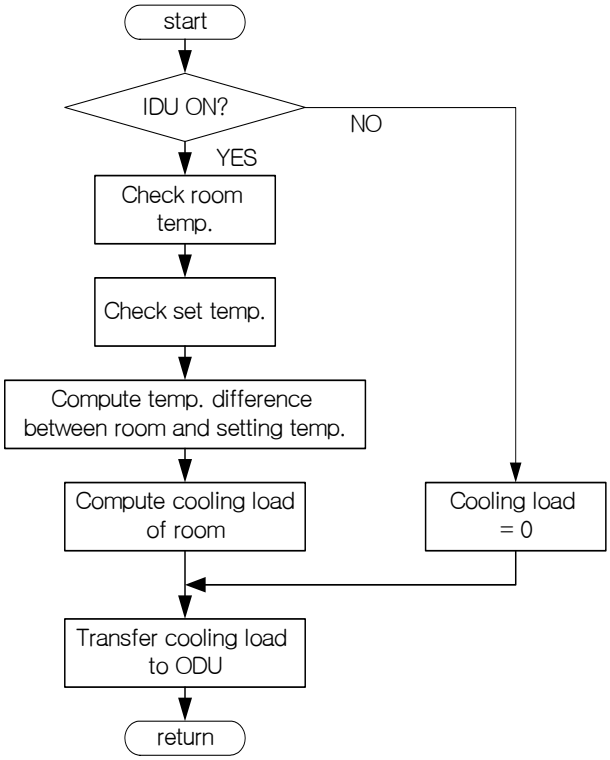
시스템 멀티에어컨의 모델링은 실제 제작되고 있는 시스템멀티에어컨의 제어 알고리즘과 성능 데이터를 수집하여 최대한 실제성능과 같게 모사하고자 하였다.

2. 모델링

멀티에어컨은 실외기 1대(혹은 복수대)에 여러대의 실내기를 장착할 수 있는 시스템으로 단순히 실외기 1대와 실내기 1대를 구현하는 TRNSYS의 air source heat pump 모듈로는 구현할 수 없다. 또한 멀티에어컨은 부하에 따른 개별 용량 조절이 가능하기 때문에 새로운 방법이 필요하다.

멀티에어컨의 제어방식을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 냉난방이 필요한 공조공간에 설치된 실내기들은 각 공간에서의 냉방요구능력을 계산하여 실외기로 전송하고 실외기에서는 각 실내기가 전송한 냉방요구능력을 모아 총 요구냉방능력을 산출한다. 계산된 냉방요구능력에 따라 펄스폭 변조방식의 압축기를 효과적으로 능력 가변시켜 토출하는 냉매의 양을 조절해 냉동능력을 제어하게 된다. Fig. 1과 Fig. 2에 멀티에어컨의 제어방식을 정리하였다.

멀티에어컨을 TRNSYS에서 구현하기 위해 실제 실외기와 실내기의 성능자료를 이용하였다. 실외기의 성능자료에서는 실내온도, 실외온도, 조



Fig, 1 Control for indoor unit(IDU)

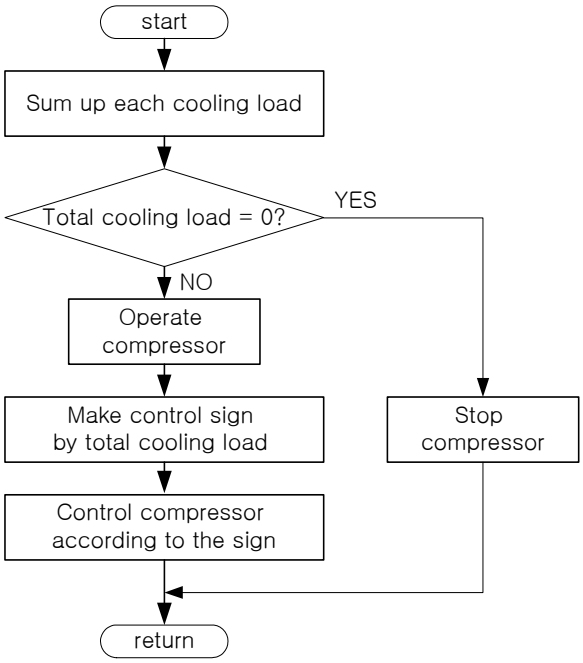


Fig. 2 Control for outdoor unit(ODU)

합율(%)에 따른 냉방능력과 소비동력을, 실내기의 성능자료에서는 실내의 건구, 습구온도와 실외온도에 따른 실내에서 제거하는 현열, 잠열을 포함하고 있다.

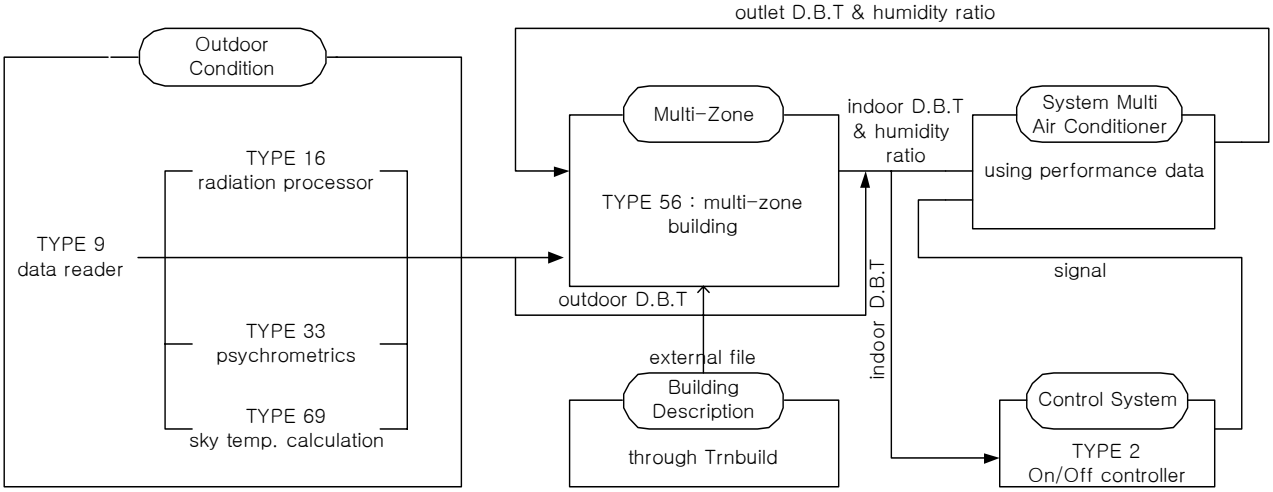


Fig. 3 Flow diagram in the present calculation

냉방기의 성능자료는 TYPE42 (conditioning equipment)를 통해 해석에 반영되며 실외기와 실내기의 여러 성능 변수 중 구하고자 하는 변수에 따라 TYPE42의 형태로 모듈로 만들어진다.

시뮬레이션 계통은 Fig. 3, Fig. 4에 정리하였다. 구체적으로, IDU-Type42는 실내기 역할을 하는 모듈로 토출되는 공기의 건구온도와 습구온도를 선정해 준다. 입력변수로는 실내의 건구온도, 습구온도가 사용된다. 실제로 성능데이터 상의 변수로 실외온도도 있지만 실내기의 작동에 미치는 영향이 미미해 제외시켰다. IDUcontroller-Type42는 실내공간으로의 급기량을 조절해 주는 모듈로 실내의 온도에 따라 0에서 1사이의 값을 갖게 되며 이 값은 ODUcontroller로 보내진다. 입력변수로는 실내의 건구온도가 사용된다. ODUcontroller-EQUA는 실내기의 총 냉방요구능력을 계산하는 모듈로 IDUcontroller-Type42과 IDU-Type42에서 입력데이터를 받아 총 냉방요구능력을 계산해 준다. ODU-Type42(capacity index)는 부분부하운전율을 계산해 주는 모듈이며 입력데이터로는실내온도, 총냉방요구능력이 사용된다. ODU-Type42(power input)는 소비전력을 계산해 주는 모듈로 실내온도, 실외온도, 부분부하운전율을 입력데이터로 받는다. 중간과정에서 필요한 실내 건구온도, 습구온도는 Type56에서 계산되며 실외온도는 입력된 기상데이터를 사용한다.

3. 타당성 검증

3.1 시뮬레이션

본 연구에서 수행한 시스템 멀티에어컨 모델링의 타당성을 검증하기 위해 가상공간에 멀티에어

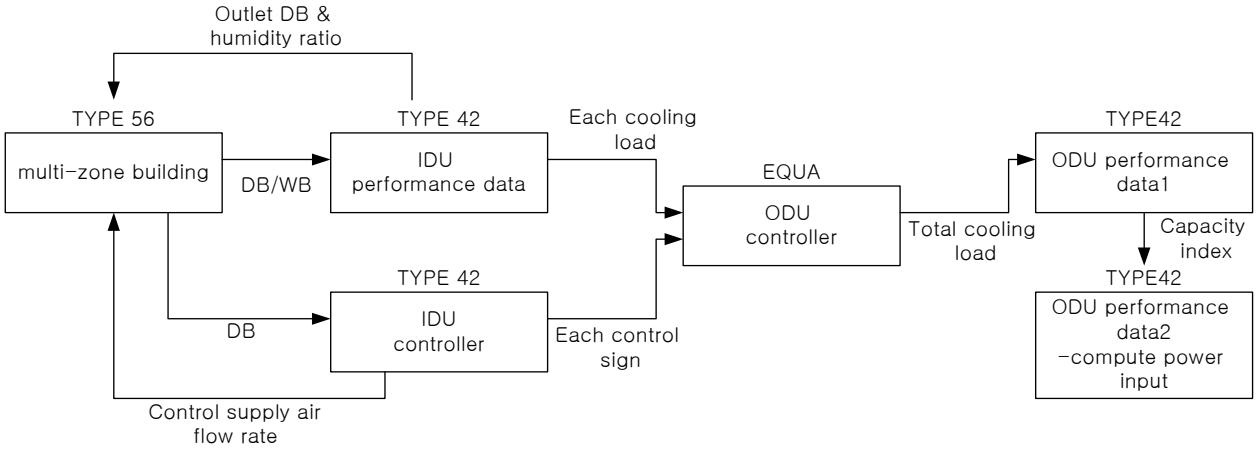
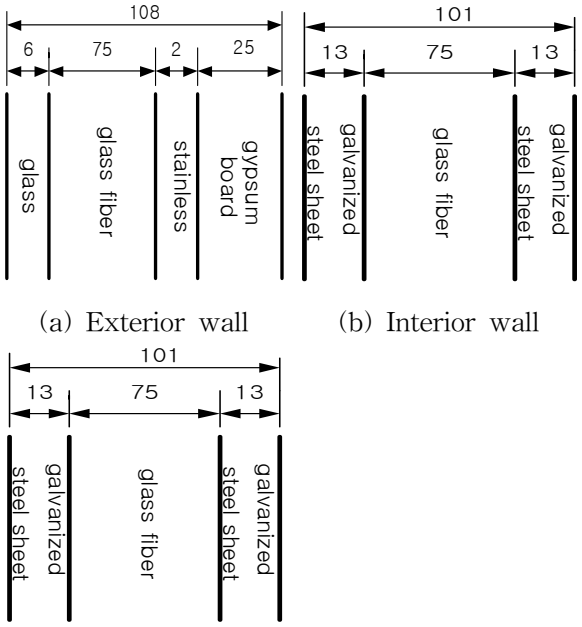


Fig. 4 Flow diagram for system multi air-conditioner

컨시스템과 TRNSYS에서 제공하는 이상적인 냉방기를 각각 적용해 냉방기간 동안의 시뮬레이션 결과를 비교하였다.

가상공간의 크기는 10,000×10,000×2.800 mm로, 크기가 14 m²인 이중유리 창문을 포함하는 남쪽 벽은 외기와 접하고 나머지 벽면은 다른 공조공간과 접하고 있다.

공간의 경계를 이루는 벽체는 구조가 상이하므로 외벽, 내벽, 바닥면으로 구분되며, Fig. 5에 각각의 구조를 구체적으로 도시하였다. 그 외에 계산에 필요한 데이터는 Table 1에 정리하였다. 시뮬레이션 조건은 멀티에어컨의 부분부하 작동 특성이 잘 나타날 수 있도록 설정하였다.. 냉방기 작동시간은 08:00부터 21:00까지로 하였고 실내온도는 25±1℃로 설정하였다.



(a) Exterior wall (b) Interior wall

(c) Ceiling and floor

Fig. 5 Wall composition

Table 1 Numerical data in simulation

Item	Value	
Gains	Persons	0.11/㎡
	Lighting+Machinery	45W/㎡
Heat transfer coefficient	Interior surface	11 kJ/h㎡K
	Exterior surface	64 kJ/h㎡K

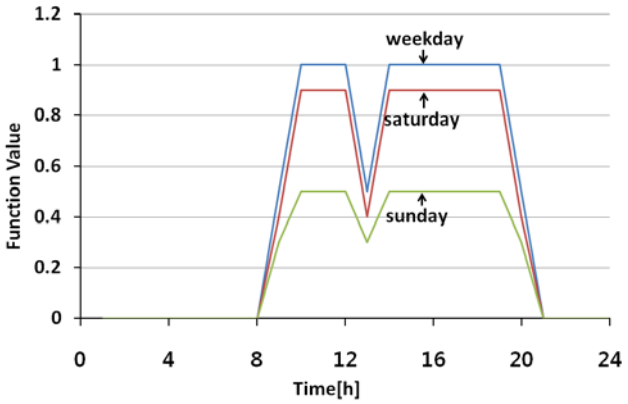


Fig. 6 Schedule of heat gain

시뮬레이션 기간은 2006년 8월 7일 0시부터 8월 13일 24시까지이며 기상자료는 수원기상청에서 수집한 값을 사용하였다.

실내의 사람 수는 0.11명/㎡으로 실내기기부하는 45W/㎡으로 설정하였다. 실내에 있는 사람과 기기는 Fig. 6과 같은 스케줄에 따라 조절되도록 하였다.

TRNSYS에서 제공되는 이상적인 냉방기는 목표 온도와 습도를 입력하면 실내의 온도와 습도의 변화에 맞추어 요구되는 현열과 잠열이 계산 가능하다. 본 시뮬레이션에서는 목표온도를 25℃, 습도를 50%로 설정하고 0.01h(36초)마다 계산을 수행하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

본 연구에서 구현한 멀티에어컨 모델을 건물에 적용해 계산한 여름철 냉방시뮬레이션 결과와 동일한 건물에 이상적인 냉방기를 적용해 구한 냉방시뮬레이션 결과를 비교하였다. 시뮬레이션 기간은 8월 중의 일주일(8/7~8/13)이며 시뮬레이션 기간 동안의 날씨는 최고온도가 30℃를 상회하는 전형적인 여름 날씨를 보였다. 특히 8월 8일 화요일의 경우 최고온도가 35.5℃로 매우 더운 날임을 알 수 있다.

실내온도변화 그래프를 살펴보면 공조기간 중에는 25±0.5℃로 멀티에어컨 모델을 적용한 시뮬레이션에서의 온도 제어가 비교적 정교하게 수행되고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 부분부하운전을 하는 멀티에어컨의 특성이 상당히 정확히

모델링된 결과라 판단된다. 공조시간이 아닌 8시 이전에는 실내의 온도가 약간 상승하는데 이것은 8월중에 일사가 6시에서 7시 사이에 시작되기 때문이다. 또한 공조시간이 아닌 오후 9시 이후에는 실내의 온도가 올라가는데 이것은 건물에 축적된 열에너지와 25℃ 이상의 온도를 갖는 실외온도에 따른 결과이다. 이러한 온도변화는 이상적인 냉방기를 적용한 시뮬레이션에서도 동일하게 나타난다.

Fig. 8에는 두 시뮬레이션에서 제거된 냉방부하를 나타내었다. 멀티에어컨 모델에서의 계산은 실내기 모듈에서 산출된 제거 부하량을 합산한 결과이며, 이상적인 냉방기는 TYPE56에서 제공하는 기능을 이용해 구하였다.

두 방식은 같은 패턴의 냉방부하 양상을 보여주나, 실제 에어컨의 성능자료를 기반으로 만든 멀티에어컨 모델은 이상적인 경우보다 17% 정도 큰 값을 나타낸다. 두 시뮬레이션에서의 온도 변화가 비슷한 패턴을 보였던 것처럼 제거된 냉방부하도 같은 패턴을 보였다. 두 경우 모두 공조기의 가동 시점에서 냉방부하제거량이 크게 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이때의 실외기운전율을 살펴보면 공조기의 가동시점에 전체 공조기간 중 가장 큰 값인 55%의 운전율이 나타났다. 공조를 시작하는 시점에 높이 올라간 실내의 온도를 조절하기 위해 이와 같은 운전을 하게 된다. 공조시작시간을 제외하면 실외기의 운전율은 15% 정도의 운전율을 유지하고 있다.

Fig. 10에는 전력소비량을 나타내었다. 전력소비는 실내의 부하가 늘어나는 점심시간 이후인 2~3시 사이에 가장 큰 값을 갖는다. 운전율이 가장 높았던 가동시점의 전력소비량은 다른 시간대보다 크지 않음을 알 수 있는데 이것은 공조가동시점의 높은 실내온도로 인하여 순간적으로 공조기가 높은 운전율로 운전했던 것이라 판단된다..

본 연구를 통해 시스템 멀티에어컨의 성능데이터와 제어방식을 구현함으로써 시스템멀티에어컨의 시뮬레이션이 TRNSYS에서 가능함을 보였다. 멀티에어컨이 부분부하운전을 통해 실내의 온도를 조절하듯이 시뮬레이션의 결과에서도 부분부하운전을 통해 실내온도의 변화가 크지 않게 나타났으며 시간에 따른 운전율의 변화와 운전율 변화에 따른 전력소비량의 변화를 산출할 수 있었다.

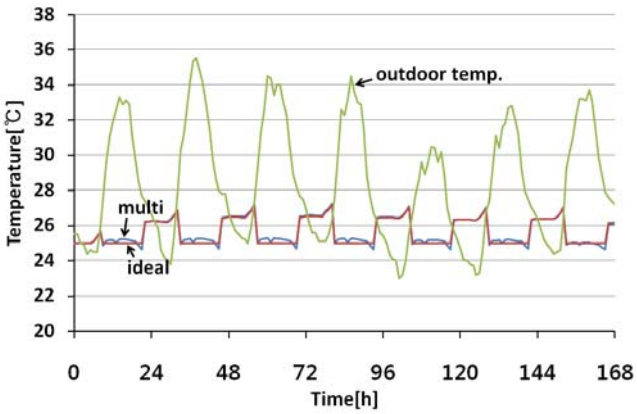


Fig. 7 Comparison of temperature

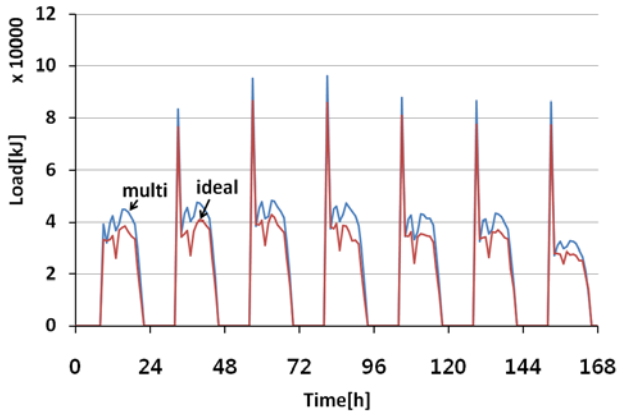


Fig. 8 Comparison of cooling load

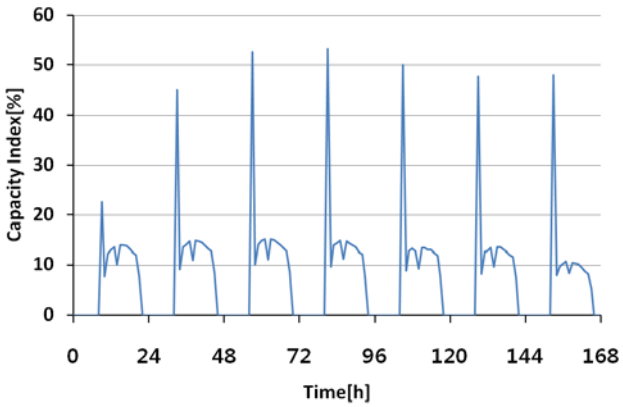


Fig. 9 Capacity index of system multi air conditioner

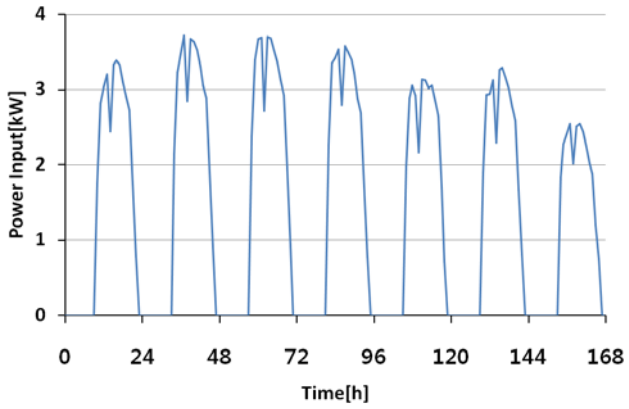


Fig. 10 Power input of system multi air conditioner

4. 결 론

TRNSYS에 적용 가능한 시스템 멀티에어컨의 모델링을 수행하였다. TRNSYS는 버전 16을 사용했으며 시스템멀티에어컨의 모델링에는 실제 제작되는 제품의 성능자료와 제어 알고리즘을 이용하였다.

시스템 멀티에어컨의 모델링에 제어 알고리즘과 성능 자료가 적용되어 부분부하운전의 표현이 가능하며 실외기에 여러대의 실내기가 조합되어 있는 상황을 구현할 수 있었다. 또한 시스템이 가동되는 시간 중의 실외기 운전율과 실외기 운전에 의해 소비되는 전력량, 그리고 실내기에 의해 제거되는 실내 부하를 계산할 수 있었다.

시스템 멀티에어컨의 모델링은 TRNSYS의 TYPE56에서 제공하는 이상적인 냉방기와의 비교를 통해 검증이 이루어졌다. 가상건물에 적용해본 결과 적절한 온도의 제어가 이루어졌으며 제거되는 냉방부하의 비교를 통해 이상적인 냉방기보다 17% 정도 큰 부하제거를 통해 실내 온도 제어가 이루어짐을 확인할 수 있었으며 그에 따른 실외기의 운전율과 소비전력을 계산할 수 있었다.

참고문헌

1. Hyun, S. K., Hong, H. and Yoo, H., 2002, Verification experiment and calculation of heating load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No.2, pp.15-160
2. Yoo, H., Hyun, S. K., Kim, Y. S. and Hong, H., 2003, Verification experiment and calculation of cooling load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No.8, pp.641-651
3. McQuiston, F. C. and Spitler, J. D., 1992, Cooling and heating load calculation manual, 2nd ed., ASHRAE.
4. McQuiston, F. C. and Parker, J. D., 1994, Heating, ventilating and air conditioning, 5th ed., Wiley
5. Yoon, J. H., 1999, The state of the art in the field of dynamic building energy simulation, Society of Air-conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, pp.39-50.