

공조 시스템 운용에 있어서의 열원 인버터 제어의 에너지 절감 효과

赤司泰義 (九州大學 人間環境學 研究院, 助教授)
住吉大輔 (九州大學 人間環境學, 大學院生)

번역: 이정재 / 동아대학교 건축학부(jjyee@daunet.donga.ac.kr)

서론

지금까지 건축 공조 분야의 에너지 절감은 '건물 설계에 의한 공조 부하의 저감' 또는 '적절한 공조 시스템의 채용과 설계'라는 점에 중점을 두어왔고 또한 '공조 시스템의 적절한 운용과 관리'가 불가결한 것으로 간주되어 왔다. 그러나 실제로는 실온 및 습도 제어나 기기의 운전 상황 감시 등의 기본적인 업무에 머무는, 이른바 소극적인 운용 및 관리 밖에 행해지지 않는 것이 현재의 상황이라 하겠다. 공조 기기의 기능상의 안전만이 아니라 온냉감에 따른 재실자의 클레임이 발생하지 않도록하는 안전 우선의 운용 및 관리가 일반적이나 이러한 아이디어를 제한하지 않는다면, 지금까지 고려하지 않았던 것보다도 더욱 많은 에너지 절감 효과가 있는 운용 대책을 제안할 수 있다.

최근 공조 분야의 반송계를 담당하는 펌프나 팬 등은 부분 부하 운전시 효율이 좋은 인버터 제어가 개발/도입되었으며, 또한 인버터의 가격 저하에 따른 보급 촉진으로 인해 큰 에너지 절감 효과를 보이고 있다. 한편 전체 공조용 에너지 소비의 약 반정도를 차지하는 열원기기에 있어서 가정용 에어컨을 제외하고 인버터 제어의 도입은 일본에서 지금까지 행해지지 않고 있는 것이 사실이다. 열원기기의 장치 용량은 공조 부하의 피크치에 맞추어 선정되기 때문에 연간 아주 잠깐에 해당하는 피크타임 이외에는 거의 대부분이 부분부하 상태가 된다. 운전 효율이 낮은 부분부하 운전을 피하기 위해서는 전부하 운전을 하

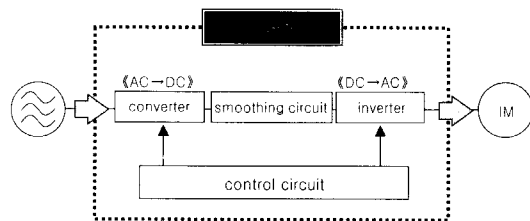
는 것이 전제가 되므로, 현재 요구되어진 장치 용량을 분할하여 복수의 운전 기기를 마련하는 등의 대응을 취하고 있다. 만일 부분부하 운전시의 효율이 전부하 운전시보다 높은 인버터 제어를 열원기기에 도입하는 것이 가능하다면 지금까지는 없었던 커다란 에너지 절감효과를 낼수 있는 가능성이 있다.

본 연구의 목적은 에너지 절감의 유효한 수법의 하나로서 열원 인버터 제어를 개발하고, 그것을 이용하여 보다 나은 에너지 절감 효과를 가져오는 운용 방법을 제시하는 것에 있으며, 본고에서는 열원 인버터 제어에 대한 개요 설명 및 공조 시뮬레이션과 실측결과를 가지고 그 효과에 대해서 검토한다.

열원 인버터 제어의 개요

인버터라는 단어를 사전에서 찾아보면, 'invert: 무엇인가를 역으로 함, 반대로 함'으로 되어 있으며, 전기 분야에서는 '인버터(inverter): 직류(DC)를 교류(AC)로 변환하는 장치'로 되어있다.

건축설비 분야에서 통용되는 '인버터'는 그림 1



[그림 1] 인버터의 기본구성

의 점선 내부 전체 시스템을 지칭하며 전술한 전기 분야의 인버터는 점선 내부의 일부에 해당하는 인버터를 의미한다. 즉, 교류로 입력된 전류(상용 전류)를 일단 컨버터부에서 직류로 변환시키고, 재차 교류로 만드는 시스템이 건축 설비 분야에서 일컬어지는 '인버터'이며, 직류에서 교류로 변환할때 주파수가 바뀌므로 인해 유도 전동기(모터 등)의 회전수가 변화한다. 주파수와 회전수의 관계를 식 (1)에 나타낸다.

$$N = \frac{120 f}{p} \quad (1)$$

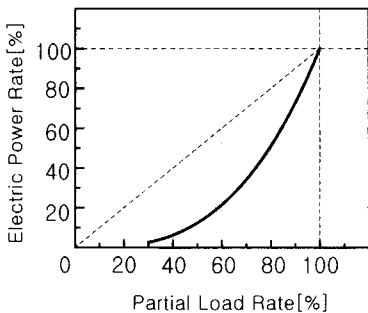
N : 회전속도 [rpm], f : 주파수 [Hz], p : 극 수

인버터 제어를 이용하지 않는 기존의 기기 출력 조절의 경우 모터의 회전수는 항상 일정한 상태로 한 상태에서 기기에 저항을 가해 출력을 제한하는 방법을 취하였다. 그로 인해, 출력의 감소에 비하여 전력량은 그다지 감소하지 않았다. 이에 반하여 인버터 제어를 이용한 기기 출력 제어의 경우에는 모터의 회전수와 축동력의 사이에는 식 (2)와 같은 관계가 성립하므로, 인버터 제어에 따라 회전수가 감소할때, 회전수의 3승에 비례하는 소요 축동력이 감소하여 소요 전력량 또한 크게 감소된다. 따라서 인버터 제어를 행할 경우, 부분부하 운전시에 해당하는 그림 2와 같이 효율 높은 운전이 실현되어 에너지 효율을 떨어뜨리지 않고 부분부하 운전을 할 수 있게 된다.

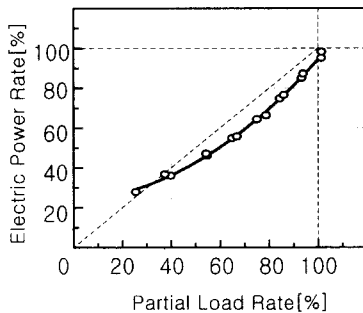
$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{N}{N_0} \right)^3 \quad (2)$$

N₀ : 정격회전속도, N : 운전시의 회전속도,

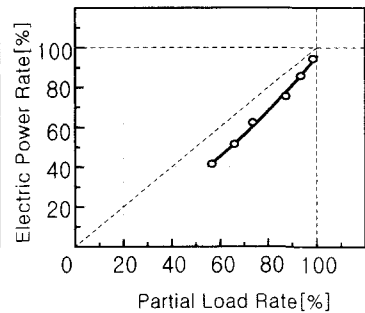
P₀ : 정격시의 축동력, P : N시의 축동력



[그림 2] 회전수와 소비전력과의 관계 (이론치)



(a) 열원 A



(b) 열원 B

[그림 3] 열원 인버터 제어특성 (○은 측정치)

열원 인버터

인버터 제어를 열원기기에 도입할 경우, 여러 가지 이점이 있는 것으로 추측되나 실제로는 기기 내부의 저항이나 열손실의 영향에 의해 이론과 같은 효율로 부분부하 운전이 이루어지는 것은 아니며, 그 종류에 따라 에너지 절감의 차이가 있는 것이 일반적이다. 또한, 출력을 너무 떨어뜨리면 열원 기기내의 유향유가 순환되지 않아 기기에 악영향을 미칠 위험성도 있다. 본고에서는 열원 기기에 인버터 제어를 도입할 경우 효율에 어느 정도의 관계가 있는지에 대해서 밝히는 것이 그 목적이므로, 사양이 서로 다른 2대의 열원 기기에 대하여 실험을 행하였다. 표 1에 실험 대상의 열원 기기 개요를, 그림 3에 실험으로 얻은 생산 열량과 소비 전력의 관계(열원 인버터 제어 특성)를 나타낸다. 이론치 만큼은 아니지만 부분부하 운전이 전부하 운전보다도 효율 높은 열량 생산이 가능하다는 것이 밝혀졌다. 한편, 압축

<표 1> 실험대상 기기사양

열원기기사양	
열원A	메이커 : 다이킹 공업 (주) 형식 : 공기냉각형 히트펌프 냉동기 (전밀폐 스크롤식) 냉각능력 : 58.6 kW, 가열능력 : 67.0 kW 냉온수유량 : 7.2 m ³ /h, 정격전력 : 23.7 kW
열원B	메이커 : 다이킹 공업 (주) 형식 : 공기냉각형 히트펌프 냉동기 (전밀폐 스크롤식) 냉각능력 : 46.7 kW, 가열능력 : 41.2 kW 냉온수유량 : 7.98 m ³ /h, 정격전력 : 17.1 kW

기의 구조나 모터 용량 등의 영향으로 인해 열원 인버터 제어 특성에 약간의 개체차가 보이는 것으로 나타났다.

실측 조사

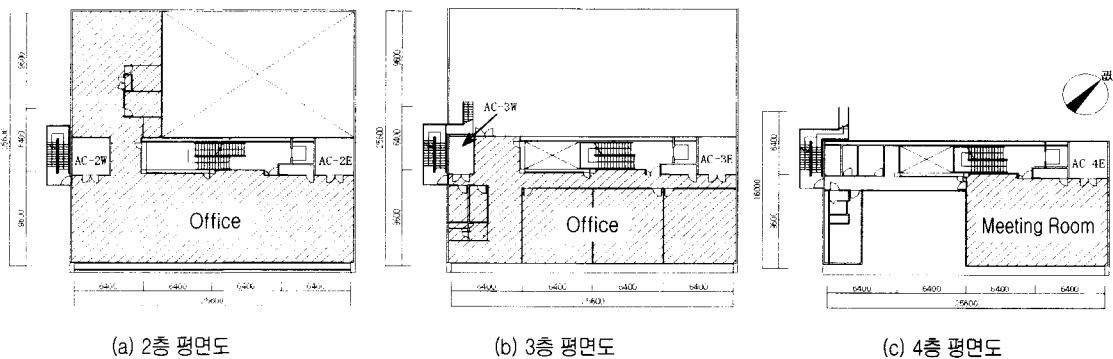
대상 건물, 공조 시스템 개요

실측 조사는 동경 오오타구에 있는 실험 시설이 설

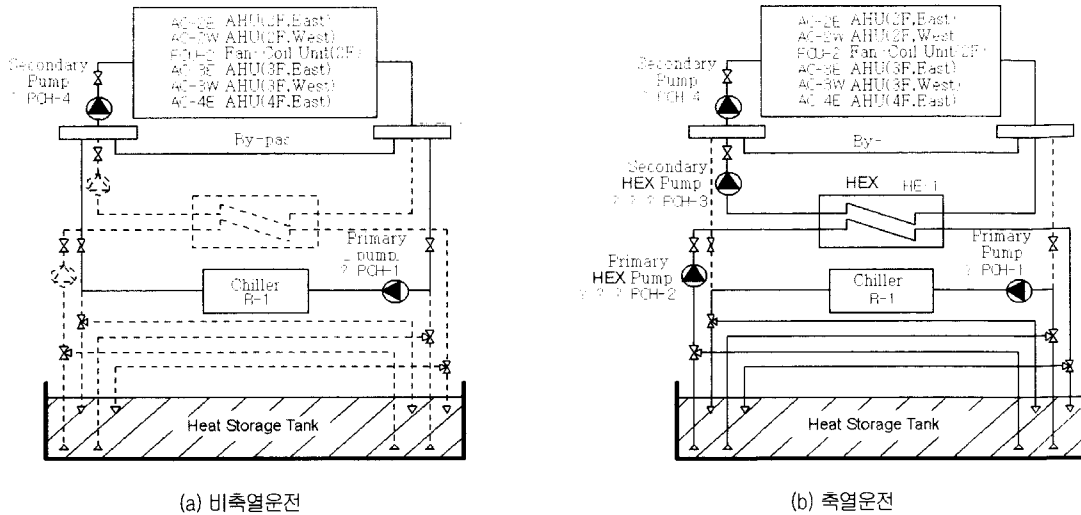
치되어 있는 사무실 건물을 대상으로 했다. 그림 4에 각층 평면도, 표 2에 설비 개요를 나타낸다. 공조 시스템은 공기 냉각형 히트펌프 냉동기 1대(R-1)와 온도 성층형 축열조로 구성되어 있으며, 축열조는 각층에 설치되어있는 밸브를 이용하여 열원 기기에서 공조기로 직접 냉수를 보낼 수 있다(비축열 운전과 축열 운전, 그림 5 참조). 각층에는, 공조기 또는 팬코일 유닛(AC-2E, AC-2W, AC-3E, AC-3W, AC-4E,

<표 2> 설비개요

명칭/ 기호	사양	명칭/ 기호	사양
2층 동측 공조기/ AC-2E 2층 서측 공조기/ AC-2W 각 1대	냉각능력 : 33.72 kW 가열능력 : 20.92 kW 냉수유량 : 4.14 m ³ /h 온수유량 : 2.58 m ³ /h 정격전력소비량 : 5.9 kW	공기냉각 히트펌프 냉동기/ R-1 각1대	냉각능력 : 58.6 kW 가열능력 : 67 kW 냉온수유량 : 7.2 m ³ /h 정격전력소비량 : 23.7 kW
2층 팬코일유닛/ FCU-2 각1대	냉각능력 : 4.5 kW 가열능력 : 3.81 kW 냉수유량 : 0.54 m ³ /h 온수유량 : 0.48 m ³ /h 정격전력소비량 : 0.4 kW	1차펌프/ PCH-1 각1대	수량 : 7.2 m ³ /h×25 mAq 정격전력소비량 : 1.5 kW
3층 동측 공조기/ AC-3E 3층 서측 공조기/ AC-3W 각1대	냉각능력 : 31.39 kW 가열능력 : 20.93 kW 냉수유량 : 3.84 m ³ /h 온수유량 : 2.58 m ³ /h 정격전력소비량 : 3.7 kW	열교환기 1차펌프/ PCH-2 각1대	수량 : 13.2 m ³ /h×14 mAq 정격전력소비량 : 1.5 kW
4층 공조기/ AC-4E 각1대	냉각능력 : 36.04 kW 가열능력 : 29.88 kW 냉수유량 : 6.20 m ³ /h 온수유량 : 5.14 m ³ /h 정격전력소비량 : 2.2 kW	열교환기 2차펌프/ PCH-3 각1대 2차펌프/ PCH-4 각1대 플레이트형 열교환기/HE-1 온도성층형 축열조/ -	수량 : 13.2 m ³ /h×12m Aq 정격전력소비량 : 1.5 kW 수량 : 13.2 m ³ /h×18 mAq 정격전력소비량 : 2.2 kW 냉온수시 교환열량 : 107 kW 수조수 : 9조, 수량 : 74.3 m ³ /h



[그림 4] 각층 평면도 (단위 : mm)



[그림 5] 공조 시스템 계통도

FCU-2)이 설치되어 있고, AC-3E, AC-3W는 변풍량 방식, 그 이외는 공조기, 팬코일 유닛은 정풍량 방식에 의한 공조를 한다. 통상 1차펌프(PCH-1)는 정류량으로 운전되며, 그 이외의 펌프(PCH-2, PCH-3, PCH-4)는 인버터 제어에 의해 부하의 발생량에 맞추어 유량이 변화된다.

축열 공조 시스템의 실측 조사

1) 실측 개요

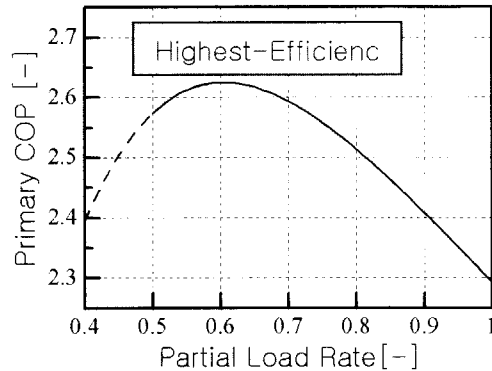
2002년 10월 14일부터 18일에 이르러 실측을 행하였다. 야간 축열 시간대는 22시부터 익일 08시까지이다. 본 실측에서 열원 기기와 1차 펌프의 운전에 대하여 종래형운용과 최적운용을 설정하여 비교 검토하였다.

(종래형 운용) (14일 22시~16일 17시)

대상 공조 시스템에서 기존에 행하여진 운용으로, 열원기기 (R-1), 1차 펌프 (PCH-1) 모두 전부하 운전으로 가동한다.

(최적운용) (16일 22시~18일 18시)

앞에서 밝힌바와 같이 열원 기기는 인버터 제어가 이루어질때 어느 정도 부분부하로 운전하는 경우에 에너지 절감이 현저하다. 이것은 펌프에 대해서도 같은 원리로 작용한다. 여기서, 특성식으로부터 열원 기기와 1차 펌프를 같은 부분부하율로 운전할 경우



[그림 6] 최고 효율점의 산출

의 1차측 COP (식 (3))가 최고로 되는 점(최고 효율점)을 구한다(그림 6). 최적 운용이라 함은 축열운전과 추종운전을 행할시 열원 기기와 1차 펌프 양쪽 모두 인버터 제어를 하여 최고효율점으로 운전하는 것을 뜻한다. 또한 냉동기의 냉수출구가 높을수록 열원 기기의 효율이 높아지므로 최적 운용의 경우 냉동기의 냉수출구 온도를 2K 높이고 이외의 각 설정치 역시 종래형 운용보다 2K 높여서 운전한다.

$$COP_{pr} = \frac{Q_{hp}}{E_{hp} + E_{po}} \quad (3)$$

COP_{pr}: 1차측COP[-], Q_{hp}: 열원 생산열량 [kW/h],

E_{hp} : 열원전력 소비량 [kWh],
 E_{po} : 1차 펌프전력 소비량 [kWh]

2) 측정 결과

측정 기간 중 공조 시간대의 실온은 거의 설정 온도로 제어되었고, 양 케이스 사이에 커다란 차이점은 보이지 않았다. 그림 7에 양 케이스의 대표일에 해당하는 날의 축열목표, 축열량, 열원 기기의 생산열량을 나타낸다. 종래형 운전의 경우에는 전부하운전을 전제로 하여 5시간 후에 축열이 완료되나 최적 운전시에는 오전 8시정도까지 부분부하 운전으로 축열운전이 행해진다.

또한 열원 기기 생산 열량, 전력 소비량 등에 대해서 양 케이스의 일일 적산 평균치를 구하여 열원 COP 및 1차측 COP를 산출하였다. 그 결과를 표 3에 나타낸다. 단, 축열 개시 시점부터의 적산치를 비교하기 위해 전일 22시부터를 하루로하여 계산하였다. 종래형 운용과 비교해 최적 운용의 경우 열원 COP가 3.25부터 4.09로, 1차측 COP는 2.96에서 3.83으로 향상되었다. 외기온이 낮아수록 열원 기기의 효율이 높아지기 때문에, 엄밀하게 말해 동일 기상 조건이 아닌 경우에는 비교할 수 없으나 그러한 점을 고려하더라도 최적 운용에 따른 에너지 절감효과는 현저하다고 할 수 있다.

비축열공조 시스템에 있어서의 실측조사

1) 실측 개요

2002년 10월 21일부터 25일에 걸쳐 조사를 실시하였다. 비축열 공조 시스템에서도 축열 공조 시스템

과 마찬가지로 종래형 운용과 최적 운용을 설정하였다.

〈종래형운용〉 (21일 0시~22일 오후 6시)

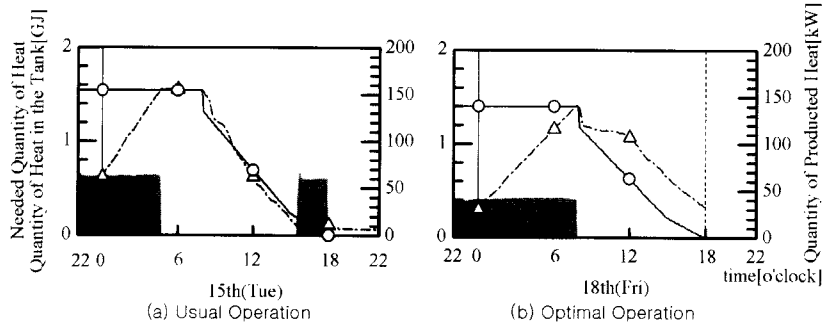
기존의 대상 공조 시스템에서 행하여진 운용으로 열원 기기는 열원 냉수 입구온도에 따라 압축기의 운전대수를, 4대 가동 (출력 100%), 4대 중 2대 가동 (출력 50%), 열원기기정지 (출력 0%) 로 전환하는 압축기 대수제어 운전을 행한다.

〈최적 운용〉 (23일 0시~25일 24시)

기존의 열원 기기에서 이루어진 압축기 대수 제어에 인버터 제어를 추가한다. 2차 펌프 유량의 범위는 0 m³/h에서 12 m³/h사이이며 열원 기기의 인버터 주파수는 펌프유량에 따라 25 Hz부터 50 Hz 사이에서 비례적으로 변화된다. 2차펌프는 공조기의 처리 열량에 따라 인버터에 의한 제어를 하기 때문에 공조 부하에 대응하는 1차측의 운전이 가능해진다.

〈표 3〉 일일 적산 평균치 및 COP(축열 공조 시스템)

	기존 운전방식	최적 운용
공조기 제거열량 [kWh]	462.2	324.2
열원기기 생산열량 [kWh]	522.5	370.1
열원기기 전력소비량 [kWh]	161.0	90.5
1차펌프 전력소비량 [kWh]	15.4	6.1
공조기 전력소비량 합계 [kWh]	115.8	120.1
시스템 전력소비량 [kWh]	311.9	236.8
열원 COP	3.25	4.09
1차측 COP	2.96	3.83



[그림 7] 축열목표 · 축열량 · 열원기기 생산열량(축열)

2) 측정 결과

측정기간 중 공조 시간대의 실온은 거의 설정 온도로 제어되었고 비축열 공조 시스템에 있어서도 양 케이스 사이에 커다란 차이점은 보이지 않았다. 그림 8에 양 케이스의 대표일에 대한 열원 냉수 입구 온도, 유량, 생산열량을 나타낸다. 열원 기기는 압축기의 대수 제어에 의해, 또는 열원 냉수 출구온도가 4.0℃이하의 빈번한 정지가 일어났다. 최적 운용에서는 인버터 제어에 의해 열원 기기 생산 열량이 변화하였다. 1차 펌프 역시 열원 기기와 연동하여 인버터 제어가 이루어지기 때문에 열원 기기의 생산열량과 냉수 유량의 변화는 같은 경향을 보이며 생산열량이 적을 때에는 유량이 감소된다.

또한 열원 기기 생산열량, 공조기 제거열량, 전력 소비량에 대해 양 케이스 각각의 일일 적산 평균치를 구하여 열원 COP, 1차 COP, 시스템 COP를 산출하여 그 결과를 표 4에 표시한다. 단 최적 운용시의 평균치는 24일에 열원 기기가 거의 가동되지 않았기 때문에, 23일과 25일의 값을 평균해서 산출하였다. 종래운영과 비교해 최적운영의 경우 COP가 3.04에서 3.54로, 1차측 COP는 2.06에서 2.98로 향상되었다.

시뮬레이션에 의한 검토

다음으로는 열원 인버터 제어의 냉방 전기간을 통한 평가를 위해, 공조 시스템 시뮬레이션 프로그램을 작성하여 축열 및 비축열의 각 시스템에 대해서 계산하였다.

시뮬레이션 모델

대상 건물 및 공조 시스템은 실측조사때와 동일하며, 대상 건물에 적용된 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

1) 계산 방법

계산 시간 간격은 1분이며, 계산에는 펌프와 팬에 의한 발열과 배관에 따른 열손실을 고려하였다. 또한 실제로 측정된 각 기기의 인버터 특성식을 계산에 이용하였다.

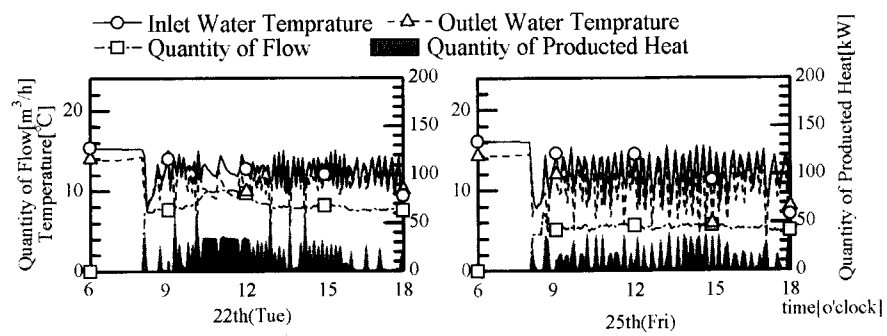
2) 서브모델

• 열원기기

축열 공조 시스템에서는 항상 4대의 압축기 전부가 가동된다. 비축열 공조 시스템에서는 압축기 대수 제어에 의해 운전 대수가 제어된다. 압축기 대수 제

<표 4> 일일 적산 평균치 및 COP (비축열 공조 시스템)

	기존 운전방식	최적 운용
공조기 제거열량 [kWh]	93.5	90.3
열원기기 생산열량 [kWh]	116.3	107.9
열원기기 전력소비량 [kWh]	38.2	30.5
1차펌프 전력소비량 [kWh]	18.3	5.7
공조기 전력소비량 합계 [kWh]	117.1	125.5
시스템 전력소비량 [kWh]	181.8	170.4
열원 COP	3.04	3.54
1차측 COP	2.06	2.98



[그림 8] 축열목표 · 축열량 · 열원기기 생산열량(비축열)

어의 경우, 운전 대수는 열원 냉수 입구 온도를 기준으로 결정한다. 또한 대상 공조 시스템의 경우 하기에는 축열 운전을 행하는 것을 전제로 열원 기기가 선정되어 있기 때문에 비축열 공조 시스템의 계산시에는 최대 부하 계산을 행하여 선정된 열원 기기와 1차 펌프를 이용하였다.

• 펌프

2차 펌프는 인버터 제어 변유량 운전으로서, 공조기가 1대라도 가동되면 각 공조기가 요구하는 유량의 합계를 만족하게 운전된다.

• 공조기

공조시간대는 08시부터 19시 까지이며 설정 실온은 중간기(4, 5, 10, 11월)의 경우 24℃, 하기(6~9월)에는 26℃로 설정하였다. 온도는 제어하지 않으며 2층 팬코일 유닛을 제외한 공조기에서는 외기도입을 행한다.

축열 공조 시스템의 계산

1) 검토 케이스

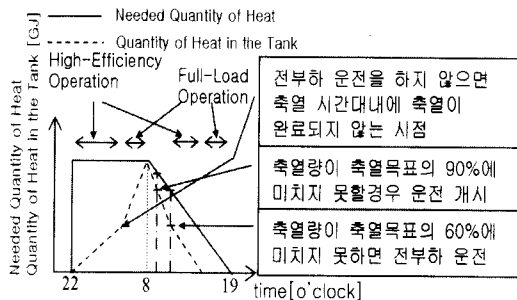
검토 케이스는 다음과 같다. 각 케이스의 설정은 모두 공통적으로, 열원 냉수 출구 온도는 3방향 배에 의해 5℃로 제어된다.

• 케이스A-1

대상 건물에서 기존에 행하여진 운용을 재현하는 케이스에 해당한다. 열원 기기는 야간 축열 운전시와 주간 추중 운전시 모두 전부하 운전을 행하며 1차 펌프는 정류량으로 운전된다.

• 케이스A-2

열원기에 인버터 제어를 도입한 케이스이다. 열원 기기는 열원 COP가 가장 높은 주파수를 기본으



[그림 9] 검토 케이스 A-2, A-3의 축열 및 방열운전

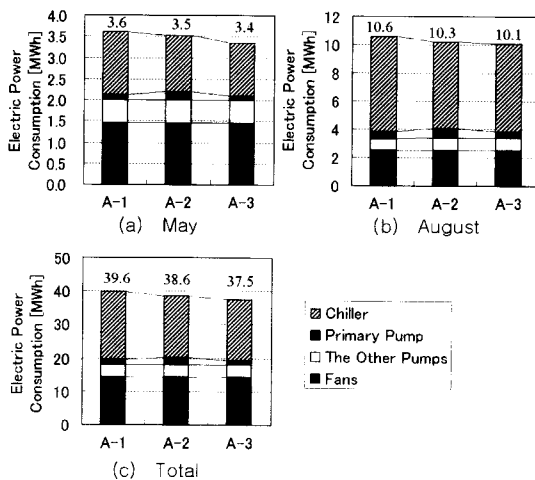
로하여 운전한다(열원 고효율 운전). 단, 축열 시간대에 주어진 축열 시간 전부를 이용하여 전부하 운전하여도 축열이 완료되어지지 않는 시점부터는 전부하 운전을 통해 축열 시간대 내에 축열을 완료시킨다(그림 9).

• 케이스A-3

A-2에 1차 펌프 인버터 제어 변유량 운전을 도입한 케이스 되겠다. 기본적으로 A-2의 열원 고효율 운전 대신에 열원 기기와 1차 펌프를 1차측 COP가 가장 높은 주파수에서 운전한다(1차측 고효율 운전, 그림 9).

2) 계산 결과 및 고찰

그림 10에 중간기(5월) 및 하기(8월)의 전 계산 기간에 해당하는 각 케이스별의 전력 소비량을 나타낸다. 열원 기기 전력 소비량을 중간기와 하기의 각 케이스로 비교하면 중간기는 A-1과 비교해 A-2는 10% 감소, A-3에서는 14% 감소로 나타났다. 하기의 경우 A-2는 8% 감소, A-3는 7% 감소하는 것으로 나타났다. 원인은 축열 시간대에 축열을 완료시키기 위해 열원 기기를 전부하 운전시키거나, 축열량이 축열 목표의 60% 이하일 경우 발생하는 열원기기의 전부하 운전이 하기에는 자주 발생하여 그 결과 열원 효율이 저하되기 때문인 것으로 판단된다. 여기서 하기의 열원 인버터 제어를 통한 축열 운전에 대해 자



[그림 10] 전력소비량 적산치 비교

세히 살펴보면, 축열시간대의 일정 시간까지는 열원 COP (또는 1차측 COP)가 최고로 되는 열원기기 주파수로 운전하고, 그 이후는 전부하 운전으로 축열을 완료시킨다. 그러나 최고 효율점보다 부분부하율이 높은 주파수로 인버터 제어 운전을 하면 축열 시간대중 일정한 주파수로 축열을 완료시키는 것도 가능하게 된다. 본고의 계산 결과 이러한 방식 역시 에너지 절감이 되는 것으로 판단되었다. 단, 이 경우 열원기기 주파수를 어떻게 결정하여 운용해야 하는가에 대한 검토가 필요하다고 하겠다.

1차 펌프 전력 소비량은 열원 인버터 제어에 따른 열원 기기의 운전 시간대가 증가하였고, 특히 A-2의 경우 그 차가 현격히 나타났다. 중간기에는 A-1에 비해 59% 증가하고, 전체 계산 기간을 통해서도 42% 증가하였다. 이에 비해 1차 펌프 인버터 제어 변류량 운전을 행하는 A-3은 A-1에 비해 1차 펌프의 전력 소비량이 18% 감소하여 1차 펌프의 인버터 제어 변류량 운전의 에너지 절감 효과는 현저한 것으로 나타났다. 시스템 전체의 전력 소비량은 A-1에 비해 A-2가 3%, A-3는 5% 감소하였다.

비축열 공조 시스템의 계산

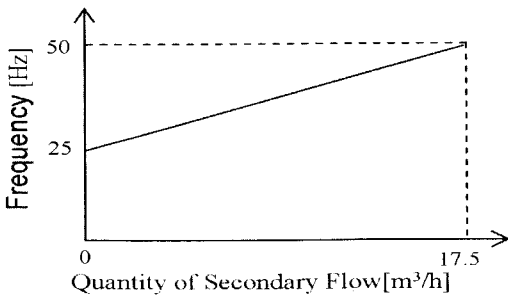
1) 검토 케이스

• 케이스 B-1

대상 건물에서 기존에 행하여졌던 비축열시의 운용을 재현하는 케이스이다. 열원 기기는 압축기 대수 제어를 행하고, 1차 펌프는 정류량 운전으로 하고 있다.

• 케이스 B-2

B-1에 열원 인버터 제어를 도입하는 케이스에 해당



[그림 11] 2차 펌프 유량과 주파수의 관계

한다. 열원기기는 압축기 대수 제어와 열원 인버터 제어를 병행한다. 열원 인버터 주파수는 2차 펌프 유량에 의해 결정되며 (그림 11) 1차 펌프는 정류량으로 운전된다.

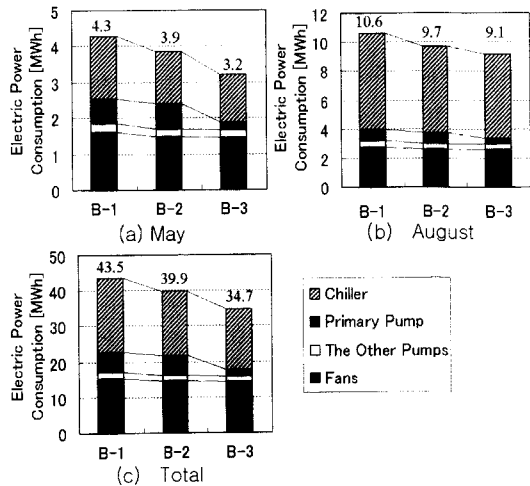
• 케이스 B-3

B-2에 1차 펌프에도 인버터 제어 변류량 운전을 도입하는 케이스에 해당한다. 열원 인버터 주파수와 1차 펌프 인버터는 동일한 주파수를 사용하며, 그 값은 2차 펌프의 유량에 의해 결정된다. (그림 11)

2) 계산 결과 및 고찰

그림 12에 중간계(5월) 및 하계(8월)의 전체 계산 기간에 해당하는 전력소비량을 각 케이스별로 비교하여 나타낸다. 열원 기기의 전력 소비량은 B-1를 기준으로, 중간기의 B-2는 16%, B-3에서는 24%가 감소하며 하기에는 B-2가 10%, B-3가 13%의 감소로 나타나 하기에도 열원 인버터 제어의 높은 효과가 확인되었다.

비공조 공간 시스템에서 1차 펌프는 열원 기기의 운전과는 관계 없이 공조 시간대에는 항상 가동된다. 이로 인해 B-1과 B-2의 1차 펌프 전력 소비량은 같은 수치를 보이고 있다. 그리고 B-3의 1차 펌프 인버터 제어 변류량 운전의 경우는 1차 펌프 전력 소비량이 큰 폭으로 감소됨이 확인되었다. 특히 중간기의 경우는 열원 기기가 가동하지 않는 시간대도 많



[그림 12] 전력소비량 적산치 비교

기 때문에 그 시간대에 유량이 감소되는 1차 펌프 인버터 제어 변류량 운전은 중간기에 효과가 큰 것으로 나타났다.

시스템 전체의 전력소비량은 B-1에 비해 B-2가 8%, B-3가 30% 정도 감소되었고, 열원 인버터 제어 및 1차 펌프 인버터 제어 변류량 운전은 비축열 공조 시스템에 있어서도 높은 효과가 나타남이 확인되었다.

결론

본고에서는 에너지 절약적인 운용 방식으로 유리한 방법인 열원 인버터 제어에 대해 그 개요를 설명하였고 실측 조사와 공조 시뮬레이션에 의해 그 결과를 검토하였다.

비록 조사 기간이 단기간에 지나지 않지만 실측 조사의 1차 펌프 인버터 제어와의 병행 결과, 열원 COP가 큰 폭으로 향상되었고 이는 축열 시스템 또는 비축열 시스템 어느 쪽이나 큰 효과가 있는 것으로

나타났다. 시뮬레이션에 의한 검토 역시 하기도 열원 인버터 제어 효과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다. 또한 1차 펌프 인버터 제어 운전과의 병행이 축열 시스템 및 비축열 시스템 양자 모두 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) 松尾 陽 외, HASP/ ACSS/ 8502 프로그램 해설서, (사) 건축 설비 기술자 협회, 1992. 1.
- 2) 赤司泰義 외, 공조 시스템의 최적운용 계획에 관한 연구, 제 8보 열원 기기, 펌프, 팬의 인버터 특성실험, 일본 건축 학회 2003년도 대회 (동해) 학술강연 강의집, 2003. 9.
- 3) 전기서원 편집부편, 인버터 응용 매뉴얼, 전기서원, 1985. 4.
- 4) 전기서원 편집부편, 범용 인버터 활용 가이드북, 전기서원, 1985. 4. 