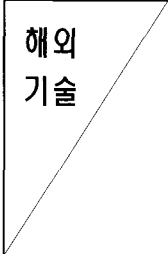


해외기술



氷蓄熱 멀티에어컨

1. 머리말

자원이 빈약한 일본에게 있어서 에너지문제는 앞으로도 계속될 과제이다. 현재 세계적으로 커다란 문제로 되어 있는 지구환경문제도 에너지문제와 밀접한 관계가 있음은 말할 필요가 없다. 그러나 에너지의 수요는 사회의 고도화와 경제활동의 발전과 더불어 더욱 증가해 가는 것으로서 이를 피할 수는 없다. 그래서 지구환경을 보전하면서 필요한 에너지를 얻기 위해서는 ① 화석연료에 의존하지 않는 클린에너지의 개발, ② 기존에너지의 이용방법 개선 등이 필요하다. 대체에너지의 개발은 실용화에 시간이 필요하고 기술개발이 완료되더라도 사업성이 없으면 도입은 곤란하게 된다. 따라서 당분간은 기존에너지의 이용방법의 개선에 온 힘을 경주하는 것이 가장 중요한 과제이다.

에너지 가운데에도 안전하고 사용하기 쉬운 전기의 비율은 해마다 증가하고 있으며 일본의 총에너지에서 점유하는 전력총수요의 비율은 1993년에는 전체의 약 40%에까지 이

르고 있다. 이것은 우리들이 종사하고 있는 산업용·민생용 전기기기 발전의 역사이기도 하다. 따라서 전력이용방법의 개선은 우리들에게 부과된 중요한 과제임에 틀림없다.

미쓰비시電機에서는 전력의 이용방법을 개선해가는 하나의 수단으로서 빙축열기술 응용의 전개를 강력히 추진하고 있다. 빙축열응용시스템은 야간전력을 이용하여 축열조에 열을 축적하여 뚝으로써 공조기나 냉동기의 주간 전력부하를 저감시키는데 사용된다.

본고에서는 빙축열기술의 응용분야에 대하여 기술함과 동시에 현재 보급이 진전되고 있는 빙축열공조시스템의 사업화사례에 대하여 소개한다.

2. 氷蓄熱시장과 이용형태

표 1에 빙축열시장과 이용형태를 든다. 빙축열시장은 공

〈표 1〉 빙축열 시장과 이용형태

빙축열 시장	빙축열 이용형태	
	중소규모시스템	대규모시스템
사무소빌딩, 점포, 학교, 백화점 등의 공조	열 회 수	냉수순환
호텔, 병원, 레저시설 등의 공조와 급탕	냉수순환	
식품점포의 공조 및 식품보존	열 회 수	열 회 수 냉수순환 냉수이용
제작물의 재배(수경재배)	냉수순환	
제작물의 예냉·보존	열 회 수	
식품의 냉동·냉장		
식품의 프로세스냉각	냉수순환 냉수이용	
인프라·공업용설비의 냉각	냉수순환	

조만에 그치지 않고 식품보존, 농작물의 재배·豫冷·保冷, 식품의 냉동·냉장·프로세스냉각, 그리고 공업용 설비의 냉각 등이 있으며 그 응용범위는 넓다.

이용형태는 용도에 따라 다음의 세가지로 대별할 수 있다.

2.1 熱回收利用

사무실빌딩, 점포, 학교 등의 直膨式패키지어컨을 사용한 중·소규모의 공조분야에서는 빙축열에 의하여 열을 회수 이용할 수 있다. 여름에는 야간에 열음을 비축하고 주간에 비축한 열음을 용해시켜 放冷冷房을 한다. 겨울에는 야간에 온수를 비축해 두고 주간에 비축한 온수에서 열을 꺼내어 방열난방을 한다.

또 농산물의 예냉·보냉 및 식품의 냉동·냉장분야에서도 야간에 축열한 열음을 주간에 냉동기의 열원으로 회수 이용할 수 있다. 이와 같이 열회수이용에서는 비축한 열음으로부터 열을 꺼내어 공조기나 냉동기 등의 열원으로서 회수 이용한다.

2.2 冷水循環利用

대형 사무소빌딩, 호텔, 백화점 등의 센트럴공조방식을 사

용하는 대규모의 공조분야에서는 야간에 유동성이 있는 서벗狀의 열음을 제빙하여 빙수 또는 냉수로서 水方式의 공조기(부하축기)에 순환공급하여 냉방에 이용한다.

농사용에서는 농작물의 수경재배분야에서 빙축열이 유효하다. 냉수를 순환시켜 농작물의 뿌리를 냉각함으로써 작물의 품질향상과 수확에 향상을 기한다.

식품가공분야에서는 두부의 제조공정, 냉동야채의 예냉 등의 순환냉각수로서 빙축열을 이용한다. 또 인프라분야에서는 전력수요의 증가에 따른 송전용량의 상승수단으로 빙축열기술을 이용하는 냉수순환이 유효하다.

洞道内に 포설된 송전선(지중선)을 냉수순환에 의하여 냉각하거나 열음의 용해열을 이용하여 냉각효과를 향상시킴으로써 종래에 비하여 1.5~2배의 송전용량상승이 가능하게 된다.

2.3 冷水利用

식품의 프로세스냉각분야에서는 一過性냉수가 필요한 경우가 있다. 예를 들면 기계식麵의 제조과정에서는 원료의 혼합, 삶은 면의 냉각과 사리를 만드는데 냉수가 필요하다. 乳제품의 제조공정에서는 원료의 냉각淸淨 및 살균냉각을 할 때 냉수가 필요하게 된다.

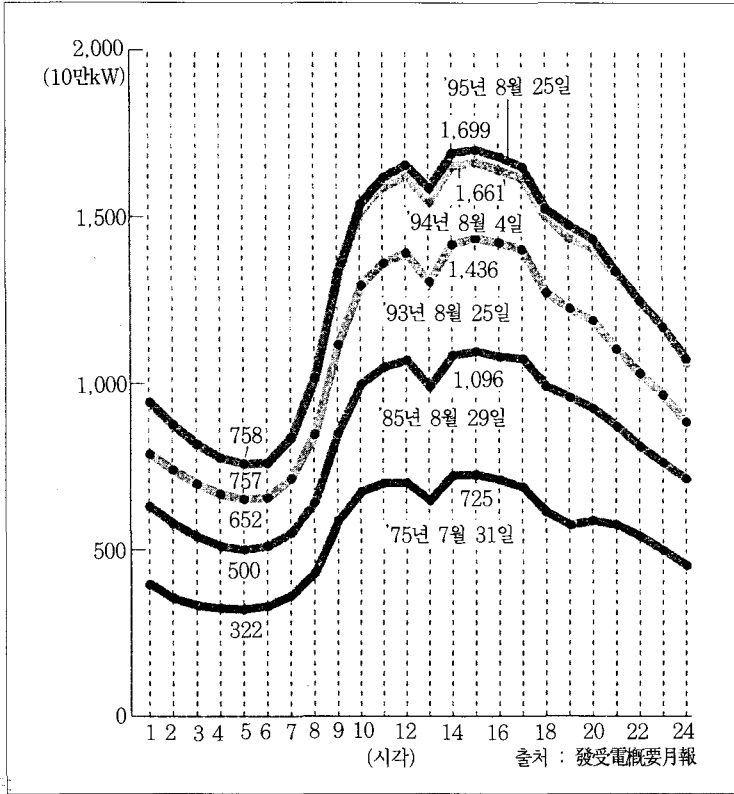
식품점포의 분야에서는 야채나 생선 등의 가공라인에서 냉수를 이용하여 식품의 신선도유지를 꾀한다.

또 공업분야에서는 브로일러의 냉각세정에 0℃ 정도의 냉수를 필요로 하는 등 빙축열을 아이스뱅크로서 이용하는 냉수이용의 용도는 넓다. 냉수이용은 물을 재이용하지 않는 일과성 냉수로 사용하기 때문에 냉수순환이용과는 구별된다.

3. 氷蓄熱空調시스템의 사업환경

빙축열기술의 응용분야 가운데 사업으로서 현재 가장 진전되어 있는 것은 공조분야이다. 전력수요 중에서 공조수요

해외기술



〈그림 1〉 1일의 전력부하곡선(최대전력을 기록한 날, 9개 전력사 합계)

골모양의 패턴이 현저하다.

전력을 유효이용하기 위해서는 전력설비의 효율 저하의 원인이 되는 부하의 언밸런스를 개선할 필요가 있다. 빙축열공조시스템은 야간전력을 이용함으로써 1일의 전력부하평준화에 유효하며 연간 부하평준화에도 기여한다.

3.1.2 전력수급환경에의 대응

그림 1에 표시하는 것과 같이 1985년의 1일당 최대전력이 9개 전력회사 합계로 1억 960만kW 였던 것이 1995년에는 1억 690만kW에 달하였다. 1995년의 여름은 혹서의 영향도 있었으나 냉방에 의한 전력수요는 해마다 증가하는 경향이다.

빙축열공조시스템은 야간전력을 이용함으로써 주간의 전력수요를 삭감하는데 유효하다.

3.1.3 CO₂배출억제에의 대응

그림 2에 1일의 전원설비의 조합관계를 표시한

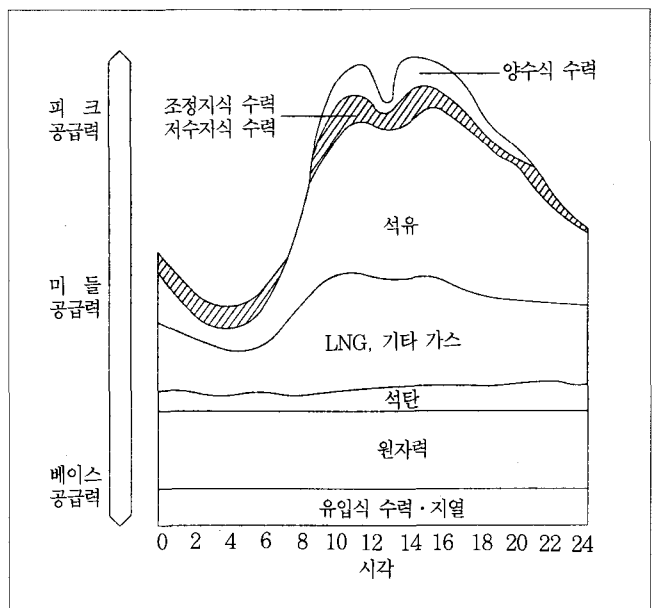
가 점유하는 비율은 약 40%로 대단히 높아 사회적으로도 주목되고 있다.

3.1 氷蓄熱空調시스템의 사회적 역할

빙축열공조시스템은 전력의 유효이용, 전력수급환경에의 대응, CO₂배출억제에의 대응 등 電機메이커로서의 사회적 역할을 담당하고 있다.

3.1.1 전력의 유효이용

그림 1에 최대전력을 기록한 日전력부하곡선을 표시한다. 공조설비의 보급확대, OA화, 조명환경의 개선 등을 배경으로 1일의 낮과 밤의 전력수요의 격차가 확대되고 있다. 또 연간을 통해서도 여름피크, 겨울서브피크, 春·秋의



〈그림 2〉 1일의 전원설비 조합

다. 전원설비는 流入式水力, 地熱, 원자력, 석탄화력, 천연가스화력, 석유화력, 저수지수력 등으로 구성되어 있으며 수요의 변동에 따라 구분 사용하고 있다. 심야에는 전력수요가 적기 때문에 베이스전력이라고 하는 유입식수력, 지열, 원자력, 석탄화력 등의 전원이 가동하고 있으며 CO₂ 발생이 적은 전원구성으로 되어 있다. 한편 주간에는 전력수요의 증가에 따라 베이스전력 외에 천연가스화력이나 석유화력 등이 사용되기 때문에 야간에 비하여 CO₂의 발생량이 증가한다.

빙축열공조시스템은 심야전력을 이용함으로써 주간공조에서 사용되는 전력수요를 삭감하기 때문에 비축열식공조시스템에 비하여 CO₂의 배출억제에 유효하다.

3.2 유제 메리트

빙축열공조시스템을 도입함으로써 유제에게는 아래에 기술하는 메리트가 있으며 사회적 역할과 더불어 보급촉진의 기동이 되고 있다.

3.2.1 전기요금저렴

빙축열공조시스템은 非축열공조시스템에 비하여 熱源機용량이 작아지기 때문에 계약전력이 적어져 기본요금을 저감할 수 있다.

또 빙축열공조시스템은 싼 야간전력을 사용하여 얼음을 비축, 주간의 냉방에 이용하기 때문에 축열조계약에 가입함으로써 축열운전시에는 주간의 30%의 전력요금이 적용된다. 이 결과 非축열공조시스템에 비하여 연간전기요금도 싸고 높은 이니셜코스트를 런닝코스트로 회수할 수가 있다.

3.2.2 수변전설비 코스트의 삭감

빙축열공조시스템은 非축열공조시스템에 비하여 열원기용량을 작게 할 수 있기 때문에 수변전설비의 용량과 코스트를 삭감할 수 있다.

3.2.3 공조부하 증가에의 대응

빙축열공조시스템은 열원기용량을 작게 할 수 있으므로

OA기기의 증가나 조명의 조도상승에 의한 공조부하의 증가에 대하여 계약전력의 범위내에서 공조기기를 증설할 수 있다.

3.3 普及促進을 위한 支援制度

앞서 기술한 바와 같이 빙축열공조시스템은 전력의 부하 평균화와 전력수급대책과 함께 국가의 에너지정책과 지구환경보전에 크게 기여하는 시스템이기 때문에 국가 및 전력회사로부터 보급촉진을 위한 각종 지원제도가 실시되고 있다.

이 지원책에 의하여 빙축열공조시스템을 설치할 때의 이니셜코스트의 회수년수는 대폭 단축되어 현재는 3년 정도로 되었다.

3.3.1 公的 助成制度

(1) 이자보급제도

빙축열식공조시스템 설치를 위하여 금융기관에서 받은 융자에 대하여 국가로부터 3%의 이자보급을 받을 수 있다.

(2) 에너지수급구조 개혁투자 촉진제도

대상이 되는 설비를 취득한 경우에는 세액의 일부가 공제되거나 특별상각으로 계상할 수가 있다.

(3) 저리융자제도

정부계통금융기관에서 대상이 되는 설비취득에 대하여 저리로 융자를 받을 수 있다.

3.3.2 전력회사에 의한 보급지원책

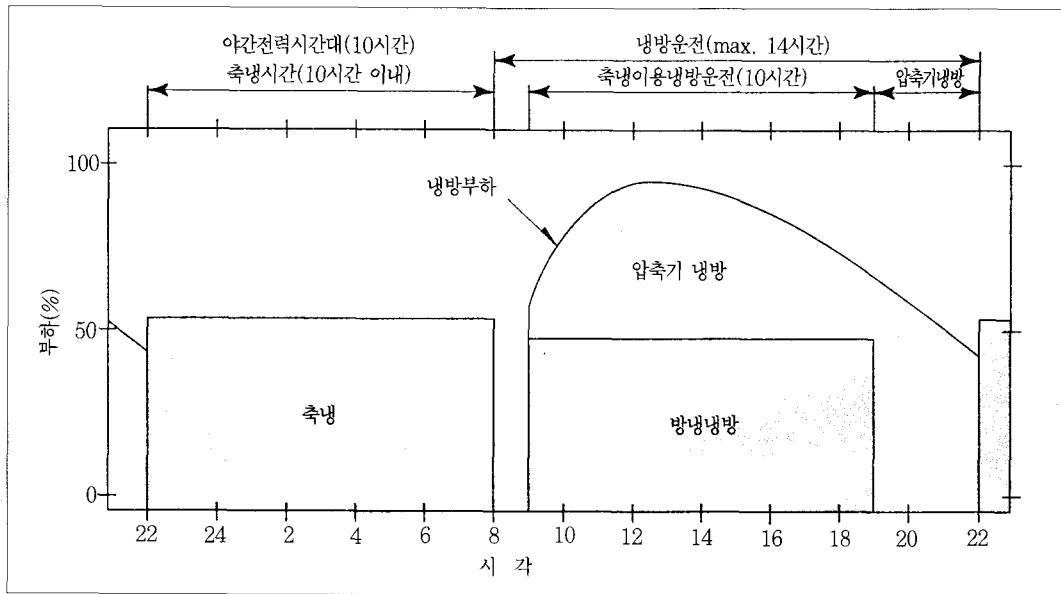
(1) 보급장려금제도

전력회사가 빙축열식공조시스템제조메이커에 대하여 판매한 기기의 피크시프트 전력량에 따른 보급장려금을 지불한다.

(2) 전기요금할인제도

주간전력사용에서 야간전력이용으로 이행하는 유제에게는 전기요금의 할인제도가 도입되어 있다.

해외기술



〈그림 3〉 냉방표준부하시의 빙축열이용방식

(3) 리스제도

빙축열유닛시스템, 빙축열식 패키지 에어컨 및 빙축열식 빌딩멀티에어컨을 대상으로하는 리스제도가 도입되어 있다.

4. 氷蓄熱멀티에어컨의 개요

이상과 같이 빙축열공조기는 전력의 평준화, CO₂발생의 억제 등의 사회적 효과에 그치지 않고 전력요금의 억제, 수전설비의 저감 등 유저 메리트에 있어서도 우수한 것이다. 또한 최근에는 전력회사나 국가로부터의 유저 및 메이커에 대한 보조금 등, 빙축열공조기가 보급되기 위한 환경이 갖추어져 가고 있다고 할 수 있다.

이와 같은 배경하에 동사에서는 빙축열 이용 직팽식멀티에어컨(이하 "시티멀티ICE Y"라 한다)을 개발하였기에 그 개요와 사양을 아래에 소개한다.

4.1 開發 컨셉트

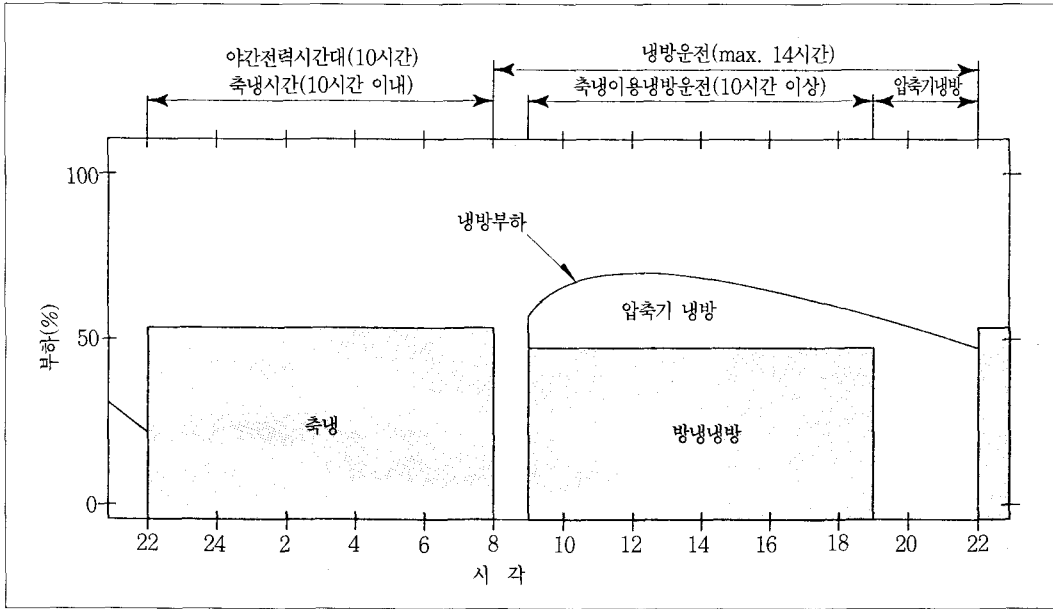
빙축열공조기에 대한 기본적인 시장요구컨셉트는 주간 공조운전의 소비전력 저감에 의한 전력부하의 피크컷트 또는 피크시프트에 따른 러닝코스트의 저감이다.

이와 같은 시장요구컨셉트에 대하여 시티멀티ICEY는 다음과 같은 것을 개발컨셉트로 하였다.

4.1.1 축냉열이용방식

냉방시의 축열(빙축열)시스템의 대부분은 축열이용방법에 있어서 압축기(공기열원)가 냉방부하의 베이스부하분을 담당하고 그 이상의 변동부하분을 축열열원으로 보충하고자 하는 것이다. 이 방식은 전력부하가 일정하게 되는 이점이 있는 반면 축열이용분에 의한 냉방이 작아지기 때문에 전력 피크시프트량을 크게 할 수가 없다.

시티멀티 ICE Y에서의 냉방표준부하시의 빙축열이용방식을 그림 3에 표시한다. 또 경부하시의 비축열 이용방식을

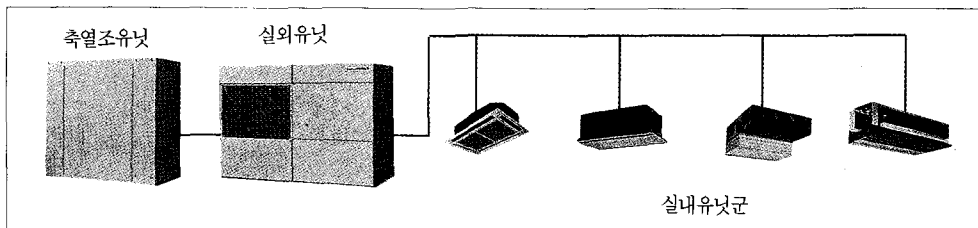


〈그림 4〉 냉방경부하시의 빙축열이용방식

그림 4에 표시한다. 이 방식은 베이스부하분을 축열熱源分(放冷冷房分)으로 충당하고 변동부하분을 공기열원분(압축기냉방분)이 보충하는 것이다. 이 방식에서는 축열열원분(방냉냉방분)을 우선 이용하기 때문에 연간을 통한 전력피크시프트율을 크게 할 수가 있다. 또한 냉방부하가 그림 4에 표시하는 것과 같은 경부하이면 냉방부하에서 접하는 축열열원분(방냉냉방분)이 커지기 때문에 전력피크시프트율을 크게 할 수 있다고 하는 특징이 있다.

4.1.2 유닛 구성

그림 5에 유닛구성을 표시한다. 구성은 실외유닛, 축열조



〈그림 5〉 유닛 구성

유닛 및 복수의 실내유닛群으로 구성된다. 각 유닛에서의 주요 구성요소는 다음과 같다.

실외유닛은 인버터압축기, 냉매펌프 및 실외 열교환기를 내장하고 있다. 냉매 펌프란 통상의 압축기운전이 압축비 4 정도인 데 대하여 압축

비 2 이하의 저압축비로 운전하는 냉매반송수단이다.

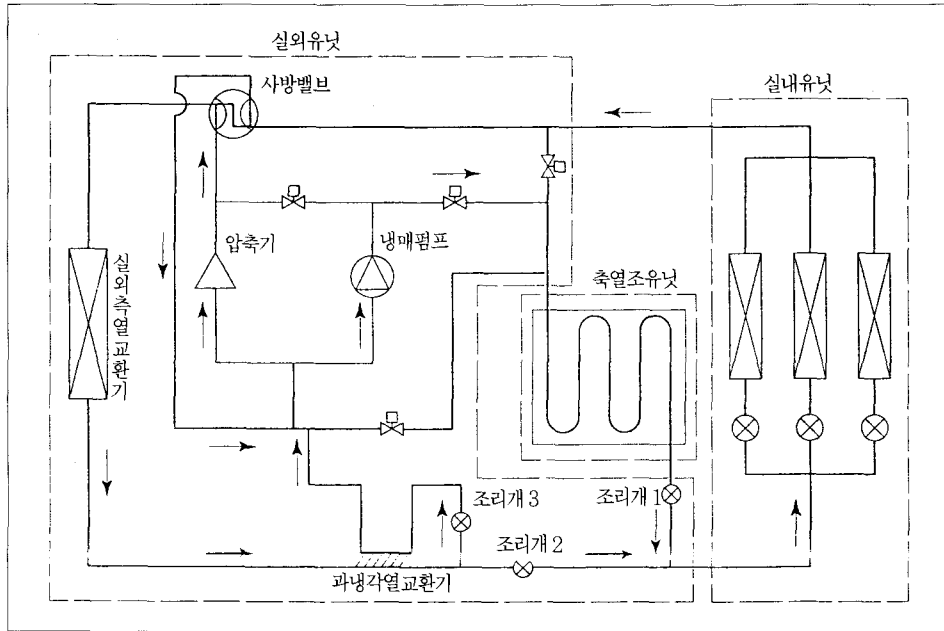
축열조유닛은 제빙시 최대 837MJ(200,000kcal)을 축열할 수 있는 축열조를 갖추고 있다. 축열조 내부에는 축열용의 전열배관을 세로방향으로 지그재그로 배열하고 축열재로서 물 2,600kg을 수납하고 있다.

4.1.3 냉동사이클

이 유닛에서는 냉방시기가 야간에 실시하는 축냉운전, 축냉을 이용하는 축냉이용 냉방운전, 그리고 축냉소화후에 냉방운전인 압축기냉방운전의 3가지 운전모드가 있다. 난방에서는 야간에 하는 축열운전, 축열을 이용하는 축열이용난방운전, 그리고 축열소화후에 난방운전인 압축기난방운전의 3가지 운전모드가 있다.

아래에 상기 합계 6가지의 운전모드 중 피크시프트 냉방운전이 되는

해외기술



〈그림 6〉 축냉이용냉방운전시의 냉매의 흐름

축냉이용 냉방운전을 소개한다. 축냉이용 냉방운전에서의 냉매의 흐름을 그림 6에 표시한다. 축냉이용 냉방운전에서는 압축기와 냉매펌프를 운전한다. 압축기에서 吐出된 고온고압의 가스냉매는 실외열교환기에서 응축액화된다(압축기냉방축). 한편 냉매펌프에서 吐出된 고온고압의 가스냉매는 축열용열교환기에서 응축액화되고(방냉냉방축), 실외열교환기로부터의 液冷媒와 合流한다. 합류후의 냉매는 감압된 후 실내열교환기에서 증발하여 압축기와 냉매펌프에 각각 흡입된다. 이때 실내공기를 냉각함으로써 냉방운전을 한다. 냉매펌프의 운전은 제빙상태에 있는 축열조내에 수납되어 있는 축열용열교환기가 응축기로 되기 때문에 응축온도가 낮아 低壓縮比 운전으로 된다. 이 결과 동일한 냉방능력을 발휘하는데 필요한 소비전력은 통상의 축열을 이용하지 않는 멀티에어컨에 비하여 방냉 냉방을 전냉방능력의 약 50% 이용하는 축냉이용냉방으로 약 60%가 된다.

4.2 사양

시티멀티ICE Y의 사양을 표 2에 표시한다. 실외 유닛은 13마력 상당과 16마력 상당의 2종류가 있다. 축열조유닛은 13마력 상당, 16마력 상당 공용이다.

4.3 특징

시티멀티 ICE Y의 특징은 아래와 같다.

4.3.1 축열이용에 의한 소비전력의 저감

(1) 축냉이용 냉방운전

전술한 축냉이용냉방에 의한 소비전력 저감효과에 의하여 축열을 이용하지 않는 공조기에 비하면 소비전력량을 최저 34%(同社比)저감할 수가 있다.

(2) 축열이용 난방운전

이 유닛은 축냉을 이용한 냉방운전 이외에 축열을 이용한 난방운전모드가 있다. 이 운전모드에서는 축열조내에 축열운

〈표 2〉 사 양

실의유닛形名	PUHY-J355IM-A	PUHY-J450IM-A
상당마력	13마력 상당	16마력 상당
전 원	삼상200V(50/60Hz)	
외형치수(mm)	(높이)1,445×(폭)1,990×(깊이)995	
제품질량(kg)	520	
운전질량(kg)	520	
냉방(축냉이용시) ¹		
능력(kW)	35.5	45.0
소비전력(kW)	9.1/9.1	12.5/11.5
축냉이용운전시간	10시간	
아간축냉시간	10시간 이내	
난방(축열이용법) ²		
능력(kW)	35.5	45.0
소비전력(kW)	8.9/8.9	11.3/11.5
축열이용운전시간	10시간	
아간축열시간	10시간 이내	
압축기전동기출력(kW)	4.2	6.4
냉매펌프전동기출력(kW)	0.5×3	0.5×3
팬전동기출력(kW)	0.08×4	
축열조유닛形名	STY-26A	
외형치수(mm)	(높이)1,805×(폭)2,350×(깊이)1,060	
제품질량(kg)	600	
운전질량(kg)	3,200	
수 장 량(m ²)	2.6	
제빙방식	스태틱방식	
IPF(%)	70 이상	
냉매배관경(mm)	공조용(액/가스)	15.88/31.75
	축열용(액/가스)	15.88/31.75

*1 냉방능력과 소비전력은 수온 0℃일 때의 값을 표시한다.

*2 난방능력과 소비전력은 수온 40℃일 때의 값을 표시한다.

전으로 40℃의 온수를 비축하여 난방운전시에 그 40℃의 온수에서 채열하여 난방을 하기 때문에 통상의 축열을 이용하지 않는 멀티에어컨의 난방운전 소비전력에 비하여 약 30%의 소비전력을 저감할 수가 있다.

4.3.2 축열이용 공조시간

공조부하의 거의 전부를 감당하는 10시간이란 긴시간, 축

냉·축열이용의 공조운전을 가능케 하였다.

4.3.3 제빙방식

상기 10시간이라는 긴시간의 냉방용 축냉량을 확보하기 위하여 제빙방식으로는 고밀도빙축열에 적합한 스태틱방식을 채용하였다. 이 때문에氷층진율(Ice Packing Factor : IPF)을 70% 이상으로 할 수 있어 축열조의 콤팩트화·성스페이스화를 실현할 수 있었다.

4.3.4 회수년도

이상의 효과로 연간 전력요금을 약 30%(약 18만엔) 저감할 수가 있다. 그 결과 축열을 이용하지 않는 유닛에 비하여 이니셜코스트가 100만엔 정도 높음에도 불구하고 그 코스트상승분을 전력요금의 저감만으로 약 5.5년에 회수가능하다. 또한 전력회사와 국가로부터의 보조금에 의하여 이 회수년도는 약 2.5년으로 단축될 수 있다.

5. 맺음말

앞에 기술한 바와 같이 빙축열기술의 응용범위는 많은 분야에 걸쳐 있으며 금후 더욱 더 이용의 확대가 예상된다.

그리고 그 보급확대의 키가 되는 것은 말할 필요도 없이 이니셜코스트이다. 현재의 빙축열응용시스템은 사업분야마다 독립하여 시스템구축이 되어 있어서 코스트 상승의 요인이 되고 있다.

앞으로는 제빙기술의 적정화, 축열조의 표준화, 축열제어 기술의 표준화 등으로 이니셜코스트를 저감하여 유저에게 더욱 매력있는 상품으로 육성할 필요가 있다.

이 원고는 일본 三菱電機技報를 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.