

냉동기 선택을 위한 조언

모듈-택 박영한 사장

공조용 냉동기 종류에는 크게 분류하여 일반 전기 구동식 냉동기와 심야전력을 이용하여 열을 얼리거나 상온에서 상변화를 일으키는 물질(CLATHRATE SLURRY)을 이용하여 냉열을 탱크내에 축열시켜 두었다가 주간에 사용하는 빙축열 또는 냉축열 방식의 냉동기가 있으며, 마지막으로 도시가스나 지역난방용 열원을 이용하여 냉방을 수행하는 직화식 냉운수기 및 흡수식 냉동기가 있다.

1. 일반 전기 에너지를 사용하는 냉동기의 선택

일반적으로 필요한 시간에 전기를 사용하여 구동하는 냉동기중에는 우리가 가장 많이 익숙해진 왕복동식 냉동기와 TURBO식 냉동기, 스크류식 냉동기 및 모듈형 냉동기를 들 수 있다.

(1)왕복동식 냉동기

일반적으로 소형의 냉동기로서 5-70R/T 범위에 해당하는 냉동기는 주로 왕복동 냉동기가 많이 선택되어져 왔다. 그러나 50R/T이상의 용량에서는 소음과 진동이 심하고 에너지 절감 효과 면에서도 비효과적인 고로 인텔리전트 빌

딩이나 부하 변동이 심한 곳에서는 사용이 어려워져 가고 있다.

(2)스크류식 냉동기

최근에 개발되어 용량제어가 타 냉동기에 비해 원활한고로 특히 저온 냉동기와 빙축열 냉동기로 많이 선택되고 있다. 그러나 가격이 고가이고 압축기 부분을 제외하고는 기타 시스템이 다른 냉동기와 다를바 없으므로 중형급 냉동기로서 특수한 수요에 선택되어지고 있다.

(3)TURBO 냉동기

전력소모가 비교적 적고 성능이 우수한 장비로 지금까지 대형 냉동기에 많이 사용되어 왔으나 CFC-11 냉매가 오존층을 파괴하는 주범이라는 문제로 냉매생산이 중단상태에 이르러 TURBO 사용이 극히 제한되고 있다.

기존의 사용중인 TURBO 냉동기를 개조하여 새로 개발된 대체냉매를 사용하려고 할 경우 용량의 감퇴(80%선 이하 능력발휘)가 발생하고 윤활유교체 및 전체를 교체해야하는 어려움이 따르게 된다.

또한 대부분의 장비가 100R/T이상의 대용량의 냉동기에 속하므로 중소형 건물이나 부분 부하운전이 장시간 요구되는 곳에는 경제적인 운전이 어려운 면이 있다.

(4) 모듈형 냉동기

5, 10, 15, 40 R/T 급의 모듈화된 냉동기를 수요에 따라 임의로 결합할 수 있는 냉동기로 5내지 500R/T까지 용량을 자유롭게 가감할 수 있으며 냉동부하에 따라 0에서 100%까지 자유롭게 출력 제어를 컴퓨터에 의해 다단계로 STEP CONTROL이 이루어 질뿐 아니라, 24시간 마다 상호 자동으로 교대 운전하며, 고장발생시 자동으로 교체운전(BACK UP)이 이루어져 중간기 및 동절기에도 계속적인 저부하 상태에서 부분 부하 운전 가능하여 지극히 에너지 절감형 첨단 냉동기에 속한다. 기존 냉동기에 냉동 부하의 증가 시설로 인한 증설이 필요시에도 필요한 모듈수만 증가하면 간단히 용량의 증가가 이루어지므로 증장기 계획에 의거 점차적인 용량 증가가 요구될 때에 초기투자를 최소화하고 점차적으로 증설이 가능한 냉동기이다.

이상에서 소개한 네가지 종류의 냉동기 중에서 일정한 정격 부하로 계속 운전이 필요로 한 곳에서는 스크류 냉동기나 TURBO 냉동기를 권장할만 하나 대부분의 건물의 경우에는 냉동 부하 변동율이 극심하여 아침 시간부터 저녁 시간에 이르기까지 기온의 변동이 심하고 또한 내부의 열 발생율도 백화점과 같이 고객의 수에 따라 급변하고, 병원 또는 복합 건물의 경우에 시간대에 따라 극심하게 변화되고 있는고로 이러한 상황변화에 유연하고 적극적으로 적응할 수 있으며 동시에 부분부하 운전에서 우수한 운전 효율을 발휘하여 절전효과가 크게 하려면 냉동기 자체가 여러단계로 분할운전이 가능해야 하며 동시에 부하변동에도 하나의 일체감이 있게 연동이 될 수 있어야만 될 것이다.

이러한 요구조건을 만족스럽게 충족시킬 수 있는 성능을 보유한 장비로서 모듈형 냉동기의 선택이 아주 이상적이다. 특히 적은 용량의 5-90R/T정도의 건물에서는 공냉식 모듈형 냉동

기를 선택하므로써 냉각수 계통에 소요되는 펌프배관과 냉각탑이 필요없게 되어 시공하는 자나 운전하는 자가 간편하고 냉각수로 인한 문제 발생(재향균인 병균 발생, 부식 발생, 수처리)의 필요성 등등)을 배제할 수 있어, 다소 냉동기 값이 비싸도 다른 부수적인 공사비가 불필요하므로 초기투자비는 거의 유사한 수준이 되고, 운전관리 유지비는 아주 많은 폭으로 절감될 수 있게 된다.

냉방부하가 80-500R/T 정도가 되는 곳의 냉동기는 수냉식 모듈형 냉동기가 TURBO 냉동기와 가격도 유사하고 냉운수기보다 저렴하여 설치비 및 운전비 측면에서 평가해 볼때에 가장 경제적이다.

또한 500R/T이상인 1000R/T 또는 2000R/T 등의 용량이 요구되는 곳에서 단일 냉동기로 대용량의 부하 상태유지하며 연속적인 운전이 요할시에는 TURBO나 냉운수기가 운전효율면에서 경제적이다.

그러나 대부분의 경우에 300내지 500R/T 규모의 냉동기를 복수로 설치하는 것이 상호교대 운전이 가능하고 고장 정비시 안전하므로 용량을 분할하여 설치하게 된다. 이러한 경우에 금년초부터 법적인 제한 때문에 전기구동용 냉동기 선택이 불가능해지자 냉운수기 또는 흡수식 냉동기에 전적인 의존을 하는 사례가 급증하고 있으나 이는 흡수식 냉동기의 특성상 운전 및 정비의 불편함이 많은 장비이므로 한 종류의 냉동기를 설치함보다는 법의 허용한도인 40% 정도의 용량은 모듈형 냉동기를 복수로 설치하는 것이 특히 운전에 완벽을 기할 수 있으며 경제적이다.

2. 심야전기를 사용하는 빙축열 또는 냉동기 시스템의 선택

심야전기를 사용하여 냉방을 한다는 것은 여러가지 면에서 에너지의 활용상 또는 발전설비의 효율적인 운영이라는 측면에서 그 의미가 크다고 본다. 그러나 이러한 시설을 갖추기 위해서는 막대한 초기투자가 필요하고 이 시스템을 운영하기 위해서 고도의 제어장치가 필요하게 되어 이를 선택하기에 앞서 설치후에 얻어

질 경제적인 득실을 검토해보아야 하는데, 불행하게도 현재 많은 경험을 갖고 있지 못한 우리로서는 선뜻 선택하기가 어려운 상태에 있다.

심야전기를 이용하여 냉축열(빙축열)을 저장하는 방법에는 아래와 같이 몇가지로 분류할 수 있다.

ICE ON COIL식 빙축탱크 축열방식, ICE BALL TYPE 빙축열탱크방식, ICE LENE TYPE 빙축탱크 방식, HARVEST 방식의 빙축열방식 그리고 CLATHRATE 상온(8℃)상변화 냉축열 TANK 방식으로 분류할 수가 있다.

이상의 축열방식에 사용되는 냉동기는 왕복동 TURBO, SCREW TYPE 또는 모듈형 냉동기 중에 어느냉동기도 사용이 가능하다.

(1) ICE ON COIL방식 빙축탱크 축열방식

이 방식은 탱크안에 동관 또는 합성수지 코일을 설치 코일의측인 탱크내에는 청수를 충전시키고 TUBE 내측으로는 냉동기와 연결하여 BRINE이 통과하도록 하여 심야운전기간인 저녁 22:00시부터 아침 08:00시까지 10시간동안 BRINE의 온도를 약 섭씨 5도정도 유지하여 순환시킴으로서 COIL TUBE 외벽에 얼음이 형성되는 동안 흡수하는 잠열을 냉열로 축적시키도록 하였다가 주간에 해빙시키며 냉방을 수행하는 방법이다.

주간에 필요로하는 최고 냉방부하 용량의 전체량을 냉열로 저장하려면 너무나 큰 투자비가 소요되므로 일반적으로 최고 주간 냉방부하의 40% 정도를 심야동안 빙축탱크에 얼음으로 저장하였다가 주간에 녹여가며 사용하게 되는데 따라서 주간 운전시에는 냉동기를 60% 정도의 출력으로 정속운전을 시켜놓고 탱크에 저장된 얼음을 녹여서 부족한 40%의 냉열을 충당하는 냉방운전을 한다.

이러한 운전방식을 냉동기 우선 방식 빙축열전이라고 한다. 이와같이 냉동기를 정속운전시키는 이유는 냉동기 특성상 저부하운전이 불가능하고 부분 부하운전이 원활하지 못한 때문인데 이로 인하여 축열조에 저장된 냉열을 다양하게 변동되는 냉방부하에 맞추어 축열된 냉열을 100% 해빙해서 활용하기에는 거의 불가능

하며 고도의 제어장치가 필요로 한다.

또한 해빙 기간중에 TUBE와 접한 부분에서 액체로 변한 물로 인하여 TUBE외곽에 남아있는 얼음과 TUBE사이를 상당거리 유지하게 되므로 열전달이 불량하여 해빙 효과가 크게 저하되므로 일반적으로 50-70% 정도의 해빙율밖에 유지할 수 없는 것이 현실정이다.

(2) ICE BALL TYPE 또는 ICE LENZ TYPE의 빙축열시스템

이 방식은 순수한 물을 플라스틱제의 BALL TYPE 또는 직육각형의 용기에 넣어 밀폐한후 빙축탱크 안에 넣어 탱크내를 BRINE으로 충전시킨 후 전항의 방법과 동일하게 운전하여 BRINE이 BALL 또는 LENZ 외곽을 통과하면서 용기안에 들어있는 순수한 물을 얼리고, 냉방 운전시에는 녹여내며 냉열을 공급하게 된다.

제빙과 해빙시의 운전방법이 동일하고 해빙시의 문제점은 전항의 방법에서의 동일하게 해빙율의 저하 및 제어장치의 복잡성을 여전히 안고있는 실정이다.

(3) HARVEST TYPE의 빙축열 시스템

이 방식은 마치 우리가 캔터키 집이나 피자집에 가서 쉽게 볼수있는 얼음가루 제조기의 원리와 동일한 방법으로 대형 콘크리트 탱크 상부에 얼음 제조기인 냉동기를 설치하여 얼음을 얼린후 일정울의 두께의 얼음이 형성되면 고온의 압축가스를 순환시켜 냉각기 표면을 가열하므로 얼음의 접촉면이 녹아서 탈락하도록 하는 방법을 계속 수행하여 심야 운전기간 동안에 탱크내에 가득히 얼음가루조각을 생산하여 두었다가 주간에 그 탱크내에 냉수를 순환시켜 냉열을 사용하는 방법이다. 전항의 (1)과 (2)방법에 비하여 제빙 및 해빙 효율은 대단히 높아 효과적이다.

그러나 일반적으로 빙축탱크가 개방형의 콘크리트 구조로 시공되는 관계로 누수의 우려가 많으며 개방된 회로로 먼지와 오염물질이 침입하여 냉매인 물이 오염되어 부식의 속도가 빨라지고 제빙 속도가 느려지는 단점도 있게 된다.

또한 냉동기 자체의 제빙을 위한 장치가 복잡하고 냉각과 가열을 하루에도 수백번 반복하게 되므로 재질의 필요현상으로 고장 우려가 증가하며 배관이 복잡하여 제어변계통의 고장의 우려가 장비가 노후됨에 따라 빈번히 발생할 가능성도 있음을 생각할 수 있다. 따라서 시스템 자체는 간단하나 탱크와 장비의 수명은 여타 장비에 비해 짧을 수밖에 없다.

(4) 상온 상변화 축열 시스템(CLATHRATE)

새로이 개발된 냉매로서 R-141B 물질로 물에 희석시켜 7°C-8°C로 냉각하면 R-141B 물질에 둘러싸고 있는 물분자가 응결되어 상자형태의 다면체 구조인 포접화합물(SLURRY)이 형성되는데 이것을 상변화 물질(PCM PHASE CHANGING MATERIAL)인 CLATHRATE가 된다.

그런데 이형성된 물질은 완전히 고체화된 물질이 아니고 약간 점도가 높아진 상태의 액체(젤과 같은 형태)이므로 이를 직접 열교환기에 순환시키로서 축열과 해빙이 가능하며 거의 100%에 가깝게 제빙과 해빙이 축열 탱크가 된다.

이는 또한 제빙시에도 영상의 온도(약 5-6°C)에서 냉동기를 가동하여 축열을 수행할 수 있어서 냉동기 효율을 높이 유지할 수 있어서 에너지 절감의 효과가 대단히 크게 있다.

이상의 축열 탱크를 부분부하 운전에서 높은 운전효율을 가진 모듈형 냉동기와 결합하므로써 제 (1) (2)항에서 문제로 제기되었던 냉동기 우선방식의 시스템이 아닌 축열조 우선방식으로 운전하여 주간 해빙 운전 기간동안에 최대한 냉축열을 활용하고 모자라는 부분 냉동기의 가동없이 축열조만 가지고 냉방이 가능하고 하계절도 PEAK 때를 제외하고는 냉동기의 운전시간이 극히 짧은 시간에 불과 할뿐 아니라 타 냉동기와는 달리 최소 부하인 5%-30% 부하 정격에서도 장시간 안전되게 운전 할 수 있어서 온도유지가 일정하게 안전시킬 수 있어서 전기 에너지 절감에도 대단한 효과가 있다.

2. 도시가스 또는 지역 난방용 증온수 열원을 이용하는 흡수식 냉동기의 선택

흡수식 냉동기관 진공압력(6, 1-7mHg)하에서 물이 증발하는 온도가 4-6°C정도에서도 증발이 일어나므로 물이 증발할 때 흡수하는 물의 잠열을 이용하여 냉각을 시키는 냉동기를 말한다.

그런데 증발된 수증기를 진공펌프로 계속적으로 배출시켜 주어야 하는데 이를 수행하기 위해서는 대용량의 동력이 필요하게 되므로 이를 리튬브로마이드라는 흡수 용액에 흡수시켜 증발을 계속할 수 있도록 하여준다. 따라서 흡수식 냉동기라는 말이 바로 리튬브로마이드에 냉매 증기를 흡수시킨다는 원리에서 지어진 것이다.

따라서 흡수용액에 흡수된 증기와 분리하기 위해서 보일러 모양 흡수 용액을 가열할 필요가 있게되어 열을 가하게 된다.

가열 방식에 따라서 열원을 도시가스나 중유를 연소시켜 보일러와 같은 방법으로 가열하는 장치가 부착된 직화식 냉동기와 지역난방이 가능한 지역에서 증온수를 열원으로 가열하는 냉동기를 증온수 흡수식 냉동기는 주로 사용되는 냉매가 물 인고로 공해를 예방하는데는 좋은 장치임에는 틀림없으나 이상에서 간단히 설명한 바와 같이 고도의 진공을 유지해야 하고 여러 종류의 열교환기가 필요하며 이에 따라서 복잡한 배관 연결부위 및 여러 종류의 펌프가 필요하게 된다.

운전에 고도의 기밀을 완벽하게 유지해야 고도의 진공 상태를 유지할 수 있으므로 구조적으로 복잡한 배관계통으로부터 어느한곳이라도 기밀이 파손되면 진공이 손실되는 사고가 빈번히 발생하게되고 이럴때마다 누수되는 것을 찾아 내기가 어려워져서 운전 정비자가 원인 규명에 많은 시간을 소요하게 되는 어려움을 겪게되고 장비가 점차 노후 될수록 아주 빈번히 일어날 수 있다는 것을 알아야 할 것이다. 특히 흡수제인 리튬브로마이드가 부식성이 강한 화학물질로 장비 수명이 기대한 것보다는 짧다는 단점도 지적하지 않을 수 없다.

그런고로 중요한 기능이 요구되는 건물이나 공장에 흡수식 냉동기 만으로 100% 부하를 감

당하게 하는 것은 많은 위험부담을 갖게 된다. 그래서 정부에서 제정한 건축법 시행령 제87조 2항에도 의무화 범위를 60% 정도로 정해져 있어 40% 정도에 해당하는 용량의 냉동기는 장비의 수명과 안전도면에서 우수한 전기구동식 모듈형 냉동기를 병행하여 설치하게 되면 만일 한경우 고장이 발생해도 완전마비 되는 불행한 현상을 완벽하게 예방할 수 있게 된다.

또한 냉온수기 및 흡수식 냉동기 역시 저부하(10-30% 부하) 상태에서는 운전이 불안정하여 사용할 수 없으며 부분부하(40-65% 부하) 상태에서도 효율이 좋은 편이 아니므로 가능한 저부하 상태에서는 전기구동 방식인 모듈형 냉동기하고 저부하 및 부분시는 모듈형 냉동기가 가동되고 고부하 (65-100%부하)시 흡수식 냉동기 단독운전 또는 병렬운전을 수행하도록 모듈형 냉동기의 콘트롤 컴퓨터에서 자동으로 수행하도록 하면 운전자도 안심하고 무인운전으로 가동할 수 있고 에너지 절감에도 큰 도움이 될 것이다.

결 론

이상에서 여러가지 측면의 관련된 실태를 점검해보고 현재 우리가 선택 할수있는 냉동기의 SYSTEM을 검토해 볼때에 우리가 보유하고자 하는 건물이나 시설의 질적인 향상과 투자비의 절감, 운영유지 및 에너지 절감을 할수있게 하기 위하여 아래와 같은 점이 고려되어야 할 것으로 본다.

첫째

건축주 입장에서는 설비의 중요성의 인식이 절실히 요구되며 눈에 보이지 않는 중요한 부분을 찾아야 한다.

둘째

설비설계 및 설비시공계약의 하청으로부터의 탈피하여 건축주와 직접 원청계약을 체결하므로 중간의 가격상승 배제하고 건축주와의 직접 대화통로를 구축하므로 설비설계자의 기술이 충분히 반영될 수 있게 해야한다.

셋째

장비 선택에 있어서 발전을 저해하는 규정에

엄매어 끌려가는 설계가 아니라 진보된 선진기술을 적극적으로 입수하여 제공활용하므로써 안전과 환경에 해를 끼칠 것만을 규정으로 정하여 잘못되어 가는 것만을 제한하고, 더욱 급속히 발전이 요구되고 질적인 향상과 에너지 절감을 위해 필요한 곳에는 수시로 현행법을 개정하고 적극지원하는 유연성과 발전적 역할이 필요하다.

넷째

냉방부하는 언제든지 하루중에서 아침시간 다르고 정오 및 오후시간에 걸쳐 계속변동하고 있으며 계절에 따라서도 봄, 여름, 가을에 따라 변하며 사용인원의 수와 장비 조명등의 사용량에 따라서도 변할뿐만 아니라 동일한 여건에서도 사용하는 방법과 창문 및 출입문의 개폐횟수에 따라서도 태양별의 입사각과 강도에 따라서도 변한다는 것을 생각해보면 어느 우수한 냉동기라도 단일 냉동기로서 변화하는 전구간을 만족스럽고 고효율로 가동될 수는 없는 것이다.

따라서 이러한 부하변동에 잘 적응 할수있는 것은 구조적으로나 제어기능으로 볼때 콘트롤 컴퓨터에 의해 다단으로 가동 될수있는 모듈형의 조합된 냉동기가 가장 우수한 적응력과 전부 범위내에서 저부하 든지, 부분 부하던간에 최고의 운전 효율로 가동 될수있는 것이 입증되어지고 있다.

따라서 전기구동 방식만을 택할때는 모듈형 냉동기의 조합으로 선택함이 가장 경제적인 운전과 안전하고 확실한 운전이 가능하고 냉축열 시스템을 선택할때는 상온 상변화 축열장치인 CLATHRATE 냉축열 냉동기가 결합된 축열조 우선 방식의 SYSTEM을 선택함이 가장 효율적이라고 믿어진다.

끝으로 흡수식 냉동기를 선택할때에도 반드시 60% 흡수식 냉동기에 40% 전기 구동식 모듈형 냉동기를 병행하여 설치하여 설계자나 시공자나 운전자에 이르기까지 안심하고 가동할 수있게 될것이며 경제적인 운전비 부담으로 특히 건축주에게 많은 이득을 가져다 주리라 믿는 바이다.