

스마트 절전컨설팅(Smart Power Savings Consulting)

- 동력설비의 절전컨설팅 -

Content

1. 스마트 절전컨설팅이란?
2. 주택(아파트세대)용 가전기기의 절전컨설팅
3. 사무용 전기기계기구의 절전컨설팅
4. 수·변전설비의 절전컨설팅
5. 동력설비의 절전컨설팅
6. 조명설비의 절전컨설팅
7. 전열설비의 절전컨설팅
8. 신재생에너지설비의 절전컨설팅

◆ 2011년도 3월호부터 연재된 내용입니다.



글 _ 김 만 건 (No. 71162)
스마트 절전 화재컨설턴트/기술사

⑤ 흡수식냉동기의 연소관리

사용에너지원이 가스인 경우 가스의 공연비를 1.15 이내로 유지하여 불필요한 배가스 손실율은 억제하여야 한다. 공연비를 기준치 이하로 조절이 곤란한 경우 연돌의 통풍력이 원인이 되는 경우가 있으므로 공연비 조정 이전에 연돌의 통풍력(draft)을 체크하여 이 통풍력이 허용하는 범위까지 공연비를 조정하여야 한다. 또한 고온의 배기가스 폐열을 회수하여 연소공기의 승온이나 급수예열 등에 사용하는 방법 등도 검토한다.

㉑ 가스유량계산식

$$Q_0 = Q \times \frac{273}{273+t} \times \frac{10330+P_1}{10330} \times \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_1}} \times \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_0}}$$

여기서 Q_0 =환산가스량(Nm³/hr), Q =Gas Meter로 읽은 Gas유량(m³/hr)

t =Gas온도(유량계)°C, P_1 =Gas 압력(유량계)(mmHg)

$\Delta P_1 = P_0 - P - P'$, P_0 =사양 Gas압, P' =스트레이너 압력손실

P =노내압

γ_1 =테스트 Gas비중, γ_0 =사양 Gas 비중

④ 연소가스의 분석 기준

$$(m) = \frac{21}{21-O_2}, \quad (m) = \frac{CO_2max}{CO_2}$$

$m=1.15$ 이하, O_2 =전부하 3~4%(Corona=6~8%),
최소부하 7~8%(50% 연소 시). $CO=0\%$ 일수록 좋다.
(100ppm이하), $CO_2=10\%$

⑥ 운전이상 진단

㉒ 냉수온도가 내려가지 않을 경우

추기불량, 공기의 유입, 냉각수계의 오염 등이 주원인으로 발생한다. 이러한 원인이 있는 경우에는 재생온도 및 압력이 높아진다. 추기를 하여 기내의 진공도를 높이고 냉수온도의 변화를 관찰한 다음 냉수온도가 내려가다 짧은 시간 내에 온도가 다시상승하면 누설시험을 실시. 냉각수계 오염의 경우에는 서서히 냉동능력 저하가 발생하며 연소량에 비해 냉각수 출구 온도가 낮고 응축온도가 높아지는 경우가 있다. 냉각수량부족의 경우에는 냉동기 입출구 온도차가 커지면서 응축 온도는 높아진다. 이외에 연소량부족, 흡수액 순환불량, 과부하 등도 냉수온도가 내려가지 못하는 원인이 된다.

㉓ 재생온도 및 압력상승

추기불량, 공기유입, 냉각수계오염, 연소량 과대, 흡수액 순환불량 등의 원인에 의해 발생할 수 있으며, 그 외에 냉각수 부족, 냉각온도 상승 등에 의해 발생한다.

㉔ 배가스 온도의 상승

재생기내의 노통 및 연관스케일 및 그을음 부착의 경우가 많고 그 외 원인으로는 연소량 과대, 흡수액 순환량 부족 등에 의하여 발생할 수 있다. 또한 배기가 원활 하지 않을 경우 국부적으로 배기가스가 높게 체류할 수 있다.

㉕ 재생기 액면저하

냉방 시에는 연소량과대, 흡수액 순환부족이 주원인이며 난방시 재생기만 가동시는 재생기 흡수액 충전량 부족, 냉난방

절환밸브 누설 등이 있을 수 있다. 재생기 액면은 액레벨 릴레이 자체의 고장에 주의

㉞ 냉수온도가 너무 내려갈 때

제어장치의 고장, 냉수유량 부족, 급격한 부하변동 등이며 냉수온도가 설계치 이하로 내려가면 동결에 이르러 복구가 곤란하므로 운전중에는 냉수펌프중지, 냉수유량부족현상에 각별히 주의하여야 한다.

㉟ 실화

기동 시 발생하는 예가 많으며 연소 및 연소장치의 고장, 파이롯트공연비 조정불량, 가스압력의 변화, 통풍력의 변화 등이 원인이 된다. 실화 후 재가동시는 연소감시 릴레이를 리셋 시켜야 한다.

⑦ 흡수식 냉동기의 성능계산

㉑ 입출열법에 의한 계산

[표 4] 흡수식 냉동(온수)기 열정산표

구분	항 목	입열		출열	
		kcal/Nm ³	%	kcal/Nm ³	%
입 열	기열 에너지 인입열				
	용액펌프의 기계열				
	냉각수의 인입열				
	냉수 인입열				
출 열	냉각수 배출열				
	사용열원 배출열				
	냉수의 배출열				
	방열 및 기타 손실열				

㉒ 냉동기 성적계수(COP : coefficient of performance)

[냉수의입열-냉수출열]

$$= \frac{\text{[냉수의입열-냉수출열]}}{\text{[기열에너지인입열-사용에너지배출열]+용액펌프기계열}}$$

사) 냉동시스템 진단사례

- 1) 3-Way Valve 오작동으로 인한 순환불량
- 2) 펌프의 불량으로 냉각수 순환 불량
- 3) 냉각수 필터의 폐색으로 인한 압력증가
- 4) 팽창밸브의 불량, 액압축 현상(liquid back) 발생하여 이상고압 발생
- 5) 팽창밸브의 오작동
- 6) 냉각탑 분사노즐의 막힘으로 인한 냉동기 고압상승
- 7) 냉동기 저온 온도설정 오류로 인한 미축열 발생
- 8) 냉각공기의 재흡입
- 9) 결로 발생으로 인한 배관손실 증가
- 10) 적정 냉매량 및 압력 유지 필요
- 11) 냉수온도관리 및 부하를 관리

- 12) 냉각탑 관리(수질관리로 응축기 및 배관망에 Slime 발생 억제)
- 13) 축열조의 순환불량으로 인한 축열률저하
- 14) 저부하영역으로 진입하여 계속적인 운전으로 효율감소
- 15) 연통관의 미설치로 인한 순환불량
- 16) 중간압력의 부적절로 동력증가(중간압력 $P = \sqrt{P_1 P_2}$)
- 17) 운전모드의 설정치 잘못으로 축열량부족(매년 축냉 시스템을 운전 시는 초기 운전조건을 비교하여 운전타임 및 센서값 재조정)
- 18) 과대 일사량에 의한 냉각능력 감소
- 19) 냉각팬 및 펌프 제어 순서 오류로 동력증가
- 20) 브라인농도의 저하로 방점을 낮출 수 없어 축열량 부족 (EG 25~30%정도)
- 21) 냉수계통 문제로 냉수온도를 과대하게 낮추어 운전하는 경우
- 22) 응축기에 유지분이나 스케일의 침적으로 전열효율 감소
- 23) 지하수 사용으로 응축압력증가
- 24) 냉각팬의 저급제어로 순간적인 고압상승(2단 및 3단 배압이 충돌)
- 25) 저단과 고단의 냉매환류량이 부적절하여 베인(vane) 파손
- 26) 설계변경 시 배관마찰 계산 잘못으로 냉각수량이 감소
- 27) 전력공급방법 미인지로 전력비용증대
- 29) 과잉공기비로 인한 연소효율 감소
- 30) 배기계통 통풍압력 증가로 미연소발생
- 31) 고온배가스 미회수로 인한 열손실 발생

8. 히트펌프(Heat Pump) 냉난방 시스템

가. 히트펌프(Heat Pump)의 개요

펌프는 전동기, 엔진, 터빈 등 구동기로부터 동력을 전달 받아 유체를 낮은 곳에서 높은 곳으로 또는 멀리 이송하는 유체 기계를 말한다. 이와 같이 유체기계로서 일반적인 펌프가 유체의 이송에 대한 일을 하는 것이라면 히트펌프는 온도가 낮은 곳에서 온도가 높은 곳으로 열을 이동시키는 장치를 히트 펌프(Heat Pump)라고 한다.

히트펌프를 설치하면 저온의 열원(지하수, 대기, 폐열 등)에서 열을 흡수하여 고온의 수열체(실내공기, 온수 등)로 반송하는 기계장치로서 구동에 필요한 동력에너지보다 훨씬 더 많은 열 에너지의 형태로 공급하는 에너지 절약적인 열공급장치이다. 즉, 저온의 열원보다도 온도가 높은 열 이용처나 열 공급처로

열 공급이 가능하다. 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 냉장고는 냉장실 내부 저온부에서 외부 고온부로 열을 이동시키는 장치로서 히트펌프의 한 종류이며 작동원리는 Heat Pump와 전적으로 동일하나 고온열을 이용하지 않고 저온측 열을 이용하기 때문에 순수 히트펌프(Heat Pump)와 구분하여 냉장고라고 부르고 있다.

Heat Pump의 승온폭(열원과 열 이용처 사이의 온도차)은 여러 가지 제약요인에 의해 30~40°C 이하가 일반적이며, 100°C 이상으로 사용하는 경우는 증기재압축기 Heat Pump를 제외하고는 많지 않다. 또한 히트펌프는 우리 주위에 있는 공기, 물, 흙 등도 모두 열원으로 활용할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 히트펌프는 구동방식에 따라 크게 압축식과 흡수식으로 나눌 수 있다.

1) 열매체압축식 Heat Pump

기본적으로 냉장고와 동일한 구조를 가진 Heat Pump로서 열매체로는 프레온을 주로 사용하며 열매체의 순환사이클 중 증발기에서 폐열을 회수하여 응축기에서 열사용처로 열을 공급하며 증발기와 응축기측의 온열 및 냉열 이용방향을 바꾸면 냉동기와 같은 기능을 가지므로, 히트펌프 1대로 냉방과 난방(급탕)이 동시에 가능하므로 외국의 경우 건물의 난방급탕 부문에 광범위 하게 이용되고 있다.

2) 흡수식 Heat Pump

1종 흡수식과 2종 흡수식이 있다.

- ① 1종 흡수식 Heat Pump는 60°C 이하의 저온열원에서 열을 흡수하여 80°C 이상 고온수를 생산하여 난방·급탕 등 온수 이용처에 이용하고, 구동열원으로는 증식냉동기와 구조상 큰 차이가 없으며, 흡수매체로 리튬브로마이드(Li-Br)액을 주로 사용하고 있다.
- ② 2종 흡수식 Heat Pump는 80°C 이상의 고온폐열로 3kg/cm² 이하의 저압증기를 생산할 수 있으므로 고온폐열 발생이 많은 화학공장에 주로 이용되고 별도의 구동에너지를 필요로 하지 않는 장점이 있다.

나. 히트펌프의 원리와 장점 및 주요부품

100년 이상 그 이론과 사용이 검증된 기술로 산업 및 실생활에서 사용되고 있으며, 에너지 위기가 닥칠 때마다 히트펌프는 하나의 해결책으로 부각되고 있다. 최근에는 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소(CO₂) 저감대책으로도 그 가치를 인정받아 세계 여러 나라에서 이에 대한 보급을 장려하거나, 비용 자체의 장점으로 시장에서 보급이 활성화 되고 있다.

1) 히트펌프의 원리

- ① 낮은 온도에 있는 열을 이송시켜 사용 가능한 높은 온도의 열로 이송을 하며, 이송하는 과정에서 냉매가스의 특성과 압축기를 이용하여 고온고압, 저온저압을 생성시켜 물 또는 공기와 열교환을 통해서 냉수, 온수를 생산하는 방식이다.
- ② 히트펌프의 장점
에너지 이용 효율이 높고, 1대의 열원기로 냉난방을 할 수 있으며, 운전, 유지관리의 편리성과 함께 에너지 절감효과 우수하고, 친환경적인 시스템이다.

2) 주요부품

① 압축기

저온저압의 가스를 고온고압으로 압축시키는 역할을 하는 기기로 스크롤 압축기와 스크류 압축기가 있다.

- 스크롤 압축기로 에너지 절약

고성능 압축기로서 고정스크롤 주위를 선회스크롤이 자전하지 않고 공전하기 때문에 양 스크롤로 형성되는 좌우의 공간 용적을 공전에 의해 감소시켜 증발기로부터 증발 된 냉매 가스를 액화하기 쉬운 고온·고압의 냉매가스를 압축하여 고정 스크롤 중심의 토출 포트에서 배출하는 용적형 압축기이다. 왕복동식이나 로타리식에 비해 토크 변동이 작고, 인접하는 압축 공간의 차압이 작으므로 누설과 기계 손실이 적을 뿐만 아니라 부품수가 적은 등 원리적으로 우수한 장점이 많기 때문에 고효율, 저소음, 저진동, 고신뢰성을 갖고 있어 에너지 절약에 유리하다.

- 스크류 압축기

실린더 내에 오목한 측면과 볼록한 측면을 가진 2개의 로터가 한 쌍이 되어 맞물림으로 회전하면서 축방향으로 흡입된 공기를 반대 방향으로 냉매 가스를 밀어내면서 압축한다. 2중 케이싱 구조로 소음과 진동이 작고, 압축 공기가 연속적으로 송출되기 때문에 압력의 맥동 현상이 작은 장점이 있다.

② 응축기

압축기에서 토출 된 고온·고압의 냉매가스와 물을 열교환시켜 온수를 만드는 기기

③ 증발기

냉동장치의 팽창밸브에서 압력과 온도가 떨어진 저온·저압의 액체냉매가 증발잠열을 흡수하여 열교환하는 기기

3) 인버터시스템

하나의 제품으로 단일 사이클 및 이중 사이클 시스템에 적용이 가능하다. 단일 사이클의 경우 하나의 온도 센서 혹은 하나의

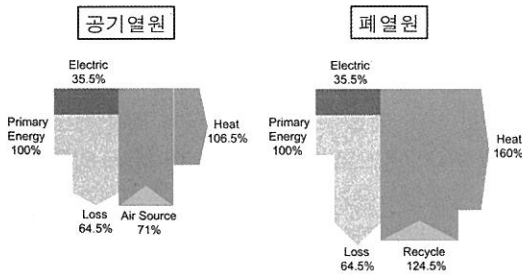
압력트랜스미터가 적용되며 이중 사이클의 경우 두개의 온도 센서 또는 두개의 압력 트랜스미터가 적용된다. 이때, 두개의 입력장치 중 보다 높은 모터 속도를 요구하는 입력장치에 맞춰 해당 모터 속도를 지원한다. 그러므로 해당 입력 장치로부터의 다양한 입력 값에 의해 신속하게 반응하여 인버터에 해당 입력 값에 적합한 전원을 공급함으로써 생산하는 출수온도를 제어하는 시스템이다.

다. 에너지 절약측면에서의 히트펌프

1) 히트펌프의 성능

에너지절약 관점에서 히트펌프의 우수성을 살펴보면, 발전소에서는 발전연료인 원자력, 석유, 가스, 석탄 등의 에너지를 사용하여 전력을 생산하는데, 발전소의 효율이 35.5%정도가 되므로 64.5%의 에너지가 손실된다. 이 전력으로 히트펌프를 사용하여 다시 열을 발생시키면, 공기열원인 경우 외부에서 71%의 에너지가 회수되므로 총 106.5%의 에너지가 발생된다. 따라서 석유나 가스를 직접 연소시켜 열을 발생 시키는 경우 보다 히트펌프는 6.5%의 에너지를 더 발생시킨다.

주위의 폐열을 이용하면 히트펌프의 성능이 올라가므로 초기의 연소에너지보다 무려 60%의 에너지를 더 발생시킬 수 있다. 이와 같이 히트펌프는 에너지활용과 절약 측면에서 보면 상당히 효율적인 기기라 할 수 있다.



【그림 8】 히트펌프의 에너지활용 개념도

2) 히트펌프 운전 특성

히트펌프는 적용 분야에 따라 그 조건이 크게 달라진다. 사용 조건이 비슷한 응용 분야 이외에는 특히 산업공정에 적용하는 경우에는 매우 다양한 사양이 필요로 하게 되는데, 열원과 히트 싱크의 조건에 따라 주문 설계 제작이 필요하다.

① 히트펌프는 압축기를 비롯하여 2개의 열교환기와 팽창 장치의 주요 4개의 요소로 구성된다. 히트펌프 압축기는

히트펌프전용으로 개발된 압축기도 있지만, 일반적으로는 히트펌프 압축기용으로 별도로 개발되어 사용되지 않고, 공조용 압축기가 사용된다.

- 압축기는 저온저압의 가스를 고온고압으로 압축시키는 역할을 하고, 스크롤 압축기와 스크류 압축기가 있으며, 냉매 증기의 압력을 증가시키고, 냉매회로 내에서 순환시키는 원동력을 제공하는 역할을 한다.
- ② 히트펌프용 압축기는 시스템의 특성상 낮은 증발압력과 높은 응축압력 사이에서 운전되므로 압축비가 일반 냉동시스템용 압축기에 비해 크다. 따라서 일반 냉동기에서와 같이 일정 온도부하 조건에서 운전되지 않고, 계절별 운전특성이 상이하다. 즉 계절에 따라 냉방용 및 온수용으로 압축기가 운전됨으로서 수열원 및 방열원의 부하특성이 달라져서 부분부하 운전효율이 높고, 증발기의 저온과, 응축기의 고온특성을 추종할 수 있는 압축기가 사용된다.
- ③ 온수제조에 따른 고온에서의 냉매응축을 효율적으로 수행하기 위하여 직렬로 연결된 여러 기의 응축기를 갖추거나 별도의 과냉각 시스템을 부가하는 경우도 있다. 이와 같이 높은 압축비를 요구하는 히트펌프의 특성상 히트펌프에 사용되는 압축기는 주로 왕복동이나 스크롤 압축기와 같은 용적식 압축기가 주로 사용된다.
- ④ 이상과 같이 히트펌프는 수열원과 방열원이라는 두 매질간의 열수수가 상시 이루어지는 기기로서 열수지 및 물질수지가 불균형을 경우 초기의 설치목적을 달성하지 못하게 된다.
- ⑤ 예를 들어 보일러의 경우 열수요처 부하에 충족하여 부하운전을 하면 되지만 히트펌프는 열수요처의 열수용량과 수열원의 흡수열량이 항상 충족되어야 하며 이들 간에 불균형이 발생할 경우 냉매의 응축불능(고압정지), 액백(liquid back, 압축기로 가스 상태의 흡입이 아닌 미량의 액상태로 흡입되는 현상), 냉매순환량 감소 등 다양한 원인의 성능저하 요인이 상존하고 있다.

따라서 기기의 진단과 선정 시에는 열량과 온도라는 두 가지 변수가 시스템에 어떻게 영향을 미치고 있는지에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 한다.

3) 히트펌프의 열원

도심지에서는 이용 가능한 배열(빌딩배열, 컴퓨터실 배열, 수영장 배수열, 변압기 배열, 송전케이블배열, 목욕탕 배열 등)이 많이 발생하며, 산업프로세스에서는 직접이용이 불가능한 저온폐열, 하수, 해수, 지열 등 저온열이 풍부한 대부분의 열원이 히트펌프의 열원으로 활용될 수 있다.