

공동주택에서의 효과적인 난방열량 제어 관리방안

공동주택에서 난방용 에너지를 절감하기 위한 난방제어기와 난방계량기의 효과적 활용방법을 중심으로 난방열량 제어 관리방안에 대하여 기술한다.

이 태 원

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구부 (twlee@kict.re.kr)

김 용 기

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구부 (kimyk@kict.re.kr)

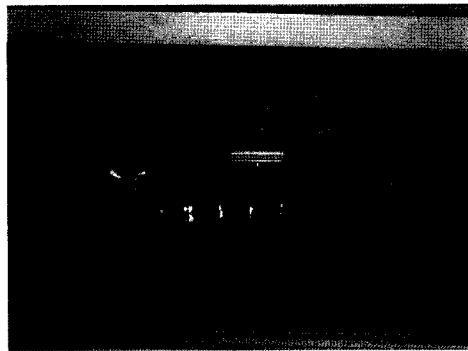
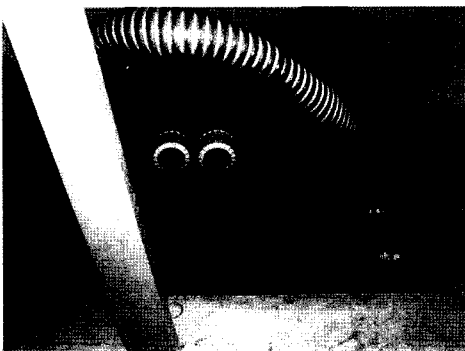
우리나라 공동주택 난방방식에 주로 이용되고 있는 바닥패널 이용 복사난방시스템은 공간의 단열특성, 난방패널의 열적 및 수력학적 특성, 열원공급 및 제어방법에 따라 주거용 건물의 에너지소비에 큰 영향을 미치고 있으나 적절한 설계 및 운영방법이 제대로 마련되어 있지 않아 국가적인 차원에서 많은 양의 난방용 에너지가 낭비되고 있는 실정이다. 특히 공동주택에 설치되는 바닥패널 난방시스템과 관련된 문제점으로는 실내온도 및 난방열량의 제어방법과 난방용 열량의 계량방법 등을 들 수 있다. 그림 1은 공동주택에 설치된 난방제어기와 난방계량기의 모습을 보여주고 있다.

중심으로 변화함으로써 수요자의 다양한 요구에 부응하고, 생활수준의 향상에 따른 쾌적한 주거공간 수요증대에 따라 난방제어기에 대한 수요 및 기술향상의 필요성이 증가하게 되었다. 이에 따라 최근에는 전동모터를 이용한 기온감지식 제어기와 형상기억합금을 이용한 수온감지식 제어기 등 다양한 제품들이 생산, 유통되고 있으나 난방제어기의 제어특성과 난방열량 제어효과 및 에너지절약 성능에 대한 명확한 자료는 부족한 실정이다.

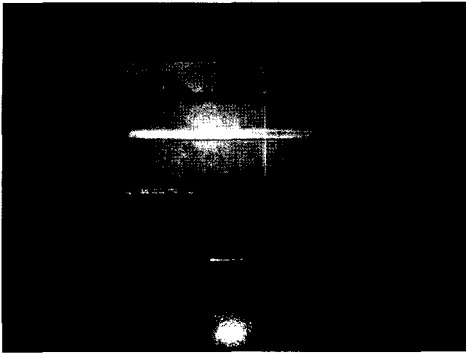
일반적으로 난방제어기는 난방용 에너지를 효과적으로 절감하고 쾌적한 실내온도를 유지하기 위하여 사용되며, 실내온도조절기, 제어기 및 온도조절밸브 등으로 이루어져 있다. 한국산업규격(KS B 6612)에 의하면 자동온도조절밸브(thermostatic valves)란 공급수 온도 120℃이하, 상용압력 0.98MPa(10 kgf/cm²)이하인 온수를 사용하여 난방하는 방식에서 온

난방제어기 개요

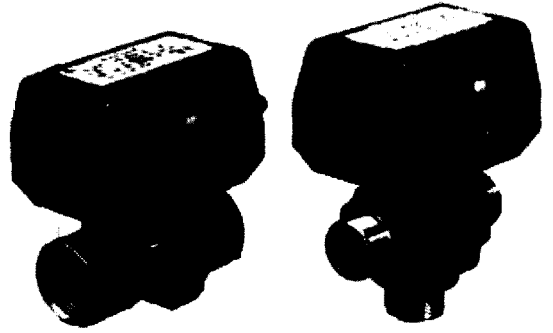
최근 국내 건축물이 공급자 중심으로부터 수요자



[그림 1] 공동주택에 설치된 난방제어기와 난방계량기의 모습



(a) 볼밸브 이용방식



(b) 밸브콘 이용방식

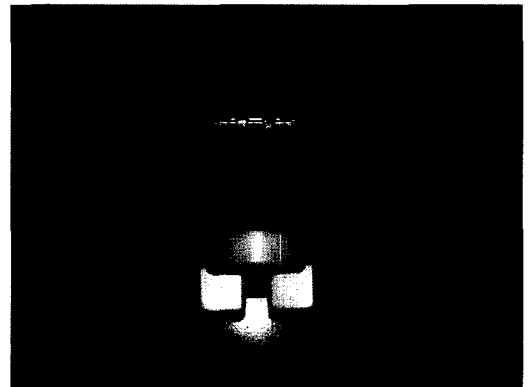
[그림 2] 모터구동방식 난방제어기

수의 양을 자동으로 조절하여 선택한 온도를 유지하는 밸브로 규정하고 있다.

난방제어기의 종류 및 특징

모터구동방식(전동식)

모터구동방식(그림 2) 난방제어기는 외부의 전원을 필요로 하며, 기온이나 수온을 감지하여 난방수의 유량을 제어한다. 난방수의 유량을 제어하기 위하여 단순히 난방수의 통과와 차단을 반복하는 개폐식(on-off)이 주류를 이루어 왔으나, 최근에는 난방수의 온도에 따라 밸브의 개도 및 유량을 제어하는 비례제어식도 채택되고 있다. 모터구동방식 난방제어기는 온도감지 및 설정부(room thermostat)와 구동부(온도조절밸브)로 구성되며 세대 내 각 실이나 일정 난방구획 내의 온도를 감지하여 구동부에 신호를 보내 난방수의 유량을 조절한다. 실내온도가 설정온도보다 높아지면 실내온도조절기의 신호에 의하여 구동부의 AC모터를 작동시키게 되고, 모터의 회전운동을 기어 및 캠의 작용으로 수직운동으로 전환시켜 밸브를 닫아주며, 열릴 때에는 리턴스프링의 작용으로 열린다. 또 DC 모터를 정 또는 역방향으로 구동하여 기어를 회전시키는 방식도 있다. 모터구동방식의 밸브구동형태로는 볼밸브를 이용하는 경우와 밸브콘을 이용하는 경우가 대표적이고, 실내온도조절기와 구동부의 통신방식에는 유선식과 전력선 통신 및 무선식이 있다. 디스크 타입의 경우 밸브시트의 재질 등을 점검해야 하며, 시트부위의 재료가



[그림 3] 솔레노이드 구동방식 난방제어기

고무일 경우에는 열에 의한 변형 및 이물질의 부착으로 인한 누수현상 등이 문제가 될 수 있으므로 주의하여야 한다. 또한 정전이나 고장에 대비하여 수동 개폐기능이 있는 것이 바람직하다.

솔레노이드 구동방식(전동식)

난방공간의 온도가 설정온도보다 높은 경우에는 솔레노이드 밸브(그림 3)에 전원이 공급되지 않아 스프링의 힘에 의해 밸브가 닫혀 있다가, 공간온도가 설정온도보다 낮아지게 되면 전원이 공급되어 전자석에 의해 밸브가 열리는 구조로 되어 있다. 응답속도가 1초 이내로 다른 방식에 비하여 비교적 빠르고 단순한 구조를 가지고 있으며, 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있으나, 유로가 협소해 압력손실이 크고 전자석에 의한 전력소비가 비교적 크다는 단점이 있다.



열팽창 구동방식(전동식)

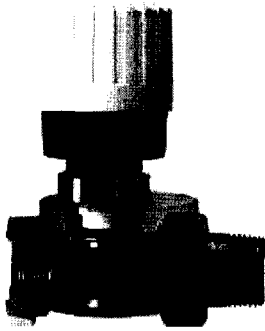
열팽창 구동방식(그림 4)은 전기로 구동부의 봉입 액체를 열팽창시켜 밸브를 개폐하는 구조로 되어 있다. 수동으로 작동하는 것이 불가능하며 응답속도가 5분 정도로 다른 방식에 비하여 매우 늦다. 또 부품 특성의 변화로 내구력이 저하되고, 전력소모가 비교적 크며 고장율이 높다는 단점이 있다. 1998년도 이전에 주로 설치되었으며, 현재는 많이 사용되지 않고 있다.

형상기억합금 이용방식(비전동식)

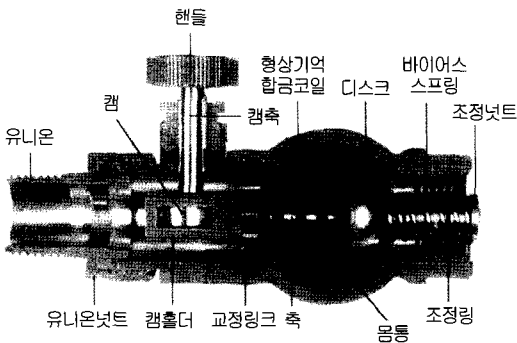
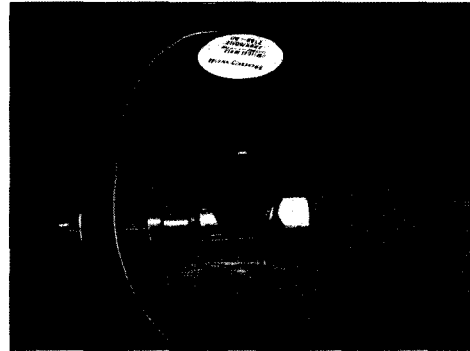
형상기억합금이란 이름 그대로 형상을 기억하는 합금으로서 일단 어떤 형상을 기억하면 여러 가지 형상으로 변형시켜도 적당한 온도로 가열하면 변형 전의 형상으로 되돌아오는 성질이 있다. 형상기억합금은 합금의 조성, 가공 그리고 열처리방법에 따라

형상을 기억하는 방식이 다르며, 최근에 난방제어기에 사용되고 있는 형상기억합금은 일방향성 형상기억합금을 사용한다. 일방향 형상기억합금은 고온에서 기억된 형상을 실온에서 변형한 후 가열하면 원래의 형상으로 돌아가나 고온의 형상만 기억하고 있으므로 냉각하더라도 실온에서 변형될 때의 형상으로 돌아가지 않는다.

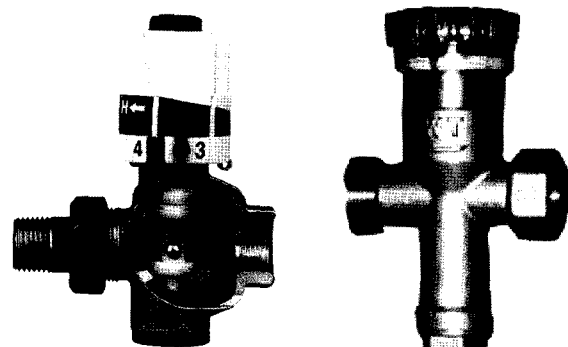
형상기억합금 이용방식 난방제어기(그림 5)는 난방수의 수온을 감지하는 수온감지식, 난방수의 수온에 따라 밸브의 개도를 제어함으로써 유량을 조절하는 비례제어식, 밸브를 구동하기 위하여 외부의 전원을 필요로 하지 않는 비전동식에 해당된다. 즉 형상기억합금 소자에 의해 수온을 감지하여 난방환수 온도가 상승함에 따라 외부의 전원이 없이도 형상기억합금 소자의 힘으로 밸브를 난방수의 온도에 따라 비례적으로 닫아주게 되고, 반대로 환수온도가 하강



[그림 4] 열팽창 구동방식 난방제어기



(a) 스트레이트형



(b) 직각형

[그림 5] 형상기억합금 구동방식 난방제어기

하게 되면 귀환스프링(bias spring)에 의해 밸브를 열리게 하는 방식이다.

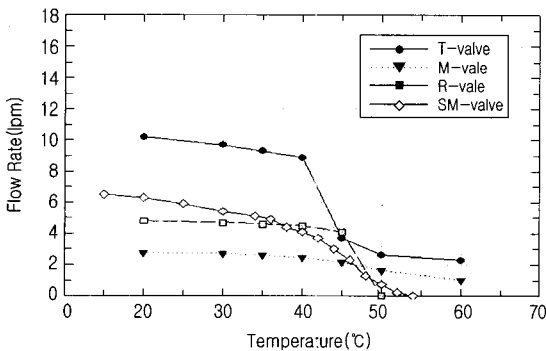
이 방식은 밸브의 구동을 위한 외부의 전원 등이 필요하지 않으며, 열팽창 구동방식보다 응답속도가 빠르다는 장점이 있다. 온도조절밸브만으로 이루어져 있어 구조가 단순하고, 작동소자로서 형상기억합금을 이용하므로 내구성의 측면에서 비교적 우수하다. 그러나 개인의 선호도에 따라 수동으로 유량을 조절하여야 하는 단점이 있다. 특히 설치하고자 하는 난방방식에 따라 적절한 종류 및 규격의 부품(형상기억합금 소자, 귀환스프링 등)을 선정, 장착하여야 한다.

난방제어기 성능특성

작동성능특성

난방제어기의 성능시험방법은 밸브의 구조 및 작동성능에 대한 시험방법을 모두 포함하고 있으나, 여기서는 여러 가지 시험항목 중 각종 난방제어기의 작동성능특성 시험결과의 일부를 소개한다.

그림 6은 각종 비례제어식 난방제어기의 수동 유량조절장치를 전체 조절범위의 중간으로 설정하였을 때 공급수 온도에 따른 밸브 통과유량을 밸브 양단의 압력차가 0.1 kgf/cm²인 경우에 대하여 도시한 것이다. 쉽게 예측할 수 있는 바와 같이 모든 난방제어기의 경우에 공급수의 온도가 증가함에 따라 밸브 통과유량은 전반적으로 감소하는 경향을 보여주고 있으나, 이들 공급수 온도의 증가에 따른 밸브 통과



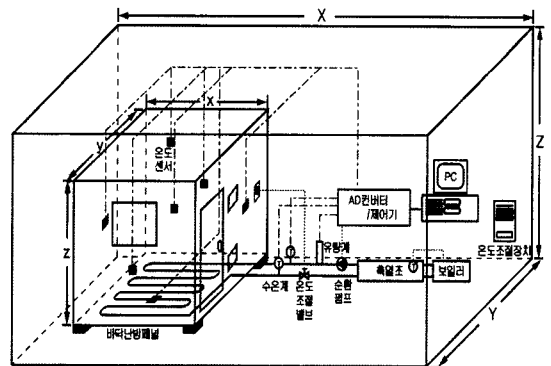
[그림 6] 각종 비례제어식 온도조절기의 공급수 온도에 따른 유량변화(밸브 양단의 압력차가 0.1kgf/cm², 유량조절장치 중간 위치)

유량의 감소율과 각각의 공급수 온도에 대한 통과유량은 온도조절기마다 큰 차이가 있음을 볼 수 있는데, 이는 역시 각 난방제어기의 제원 및 유량제어특성에 기인한다.

난방수행시에 공급수의 귀환온도가 해당지역의 기후나 난방공간의 제원 그리고 난방방식 및 난방시스템의 운전조건 등에 따라 다르기는 하나, 일반적으로 35~45°C의 범위임을 감안하면 M-밸브와 R-밸브는 공급수 온도 대비 유량변화 곡선의 기울기가 매우 작고, T-밸브는 온도에 따른 기울기의 변화가 상당히 크며 S-밸브는 이들의 중간 정도의 선형적인 기울기를 지니고 있는 것으로 보인다. 이와 같은 공급수 온도 대비 유량변화 곡선의 기울기는 절대적으로 어떠한 것이 유리하다고 말할 수는 없으며, 난방공간의 제원이나 난방방식 및 난방시스템의 운전조건 등에 따라 장단점이 있으므로 이를 고려하여 온도조절기를 채택하여야 하겠으나, 일반적으로는 제어 온도 범위 전체에 걸쳐 선형적인 기울기를 가지는 것이 바람직한 난방제어기라 할 수 있다.

에너지절약 성능특성

난방제어기의 에너지절약 성능을 정량적으로 분석하기 위하여 단위 난방구획에 해당하는 면적 및 제원의 실험장치(그림 7)를 설치한 후, 난방수 공급온도 및 공급유량, 밸브개도(비례제어식의 경우), 난방운전시간(특히 가열시간) 및 외기온도를 주요 변수로 설정하고 각 변수의 변화에 따른 난방수의 패널 입출구 온도와 난방패널 구조체 및 실내공간 그리고 외



[그림 7] 난방제어기의 에너지절약 성능평가 시뮬레이터 개략도



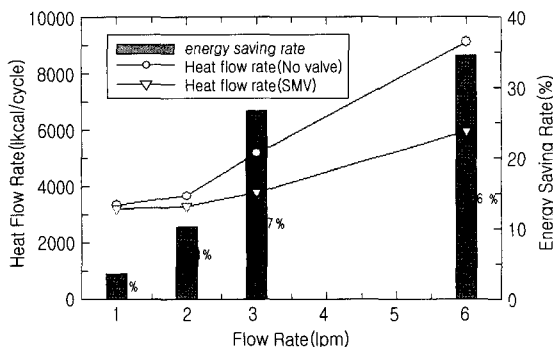
기의 온도와 난방수의 유량변화를 측정하여 난방제어기의 에너지절약 성능을 평가하는 방법이 있다.

그림 8은 에너지절약 성능평가 시뮬레이터를 통하여 얻은 실험결과와 하나로서 난방제어를 수행하지 않는 경우와 난방제어를 수행하는 경우의 난방수기당 공급열량 및 난방에너지 소비절감률을 각각의 난방수 공급유량에 대하여 비교 도시한 것이다. 실험에서 검토대상으로 한 난방제어기(S-밸브)를 실험을 위해 설치한 실험장치와 같은 제원을 가지는 난방패널에 적용할 때의 운전조건으로는 난방수 공급 온도 50℃, 난방수 공급유량 3lpm을 선정하는 것이 난방에너지 절약 관점에서 바람직하며, 이 경우 S-밸브의 적용에 따라 26.7%의 난방에너지를 절약할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다.

이와 같은 최적의 운전조건은 본 연구에서 설치한 실험장치가 실제 현장에서 하나의 난방구획에 해당하는 면적과 패널의 제원을 대상으로 하였기 때문에 일반적으로 적용할 수 있다고 볼 수는 있으나, 모든 난방패널에 대하여 적용할 수 있는 것은 아니며 다른 형태의 제원을 가지는 난방패널에 대해서는 그에 적합한 운전조건을 찾아서 적용하여야 할 것이다.

효과적인 난방열량 제어방안

현재 국내에서는 실온을 감지하여 개폐식 온도조절밸브를 구동하는 제어방법이 많이 사용되고 있으나, 이를 열용량이 매우 큰 바닥난방패널을 사용하는 국내의 난방시스템에 적용하는 경우 큰 열용량으로 인해 제어에 따른 응답속도가 느려서 난방부하의



[그림 8] 난방수 공급유량에 따른 공급열량과 난방에너지 소비절감률 변화 비교

변화에 따른 적절한 제어의 수행이 어렵고, 필요 이상의 과잉난방현상이 초래됨으로써 특히 연속난방의 경우에 비해 공급온수의 온도가 높은 간헐난방시스템의 경우에는 세대간 에너지 공급의 불균형과 아울러 에너지의 손실이 수반될 가능성이 높다.

이에 따라 근래에 들어서는 환수온도를 감지하여 온도조절밸브를 구동하는 제어방법을 채택하는 사례가 증가하고 있으나, 이 경우에도 연속난방의 경우에는 그다지 문제가 없는 반면 간헐난방의 경우에는 환수의 설정온도가 적절히 선정되지 않으면 과열현상과 더불어 일부 세대에는 난방열량이 충분히 공급되지 않아 비난방기간의 열적 쾌적성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다는 단점이 있다.

또한 난방제어기의 성능특성은 밸브의 구조와 형태 및 제원에 따라서는 물론, 밸브 양단의 압력차나 공급수의 온도(또는 실내온도)에 따라서도 크게 달라진다. 이와 같이 서로 다른 성능특성을 갖는 난방제어기가 주거공간의 난방제어를 위해 설치되는 경우에는 결과적으로 서로 다른 제어특성을 보이게 될 것이다. 즉 이들 난방제어기가 난방시스템과 함께 실제 건물의 현장에 적용되는 경우 동일한 제어기에 대해서도 기후조건이나 건물의 구조 및 제원은 물론, 난방시스템의 설계 및 운전조건에 따라 적용효과가 상당히 달라지는 것이 일반적이다.

따라서 난방제어기를 다양한 건물 및 난방계통에 설치하는 경우 제어기 자체의 성능은 물론 적용효과도 난방시스템과 난방부하(외기조건 포함) 및 운전조건 등에 따라 변화하므로, 적용하고자 하는 건물과 난방계통에 적합한 제품을 설치하여야 난방공간의 열환경 향상과 난방용 에너지절약을 기할 수 있을 것이며, 이를 위해 난방제어기 제조자와 건물 설계자 및 사용자의 적극적인 의견교환 및 협조노력이 요구된다 하겠다.

난방열량 관리의 필요성

최근 도시화의 진전으로 공동주택을 중심으로 대규모 주거용 건물의 수요가 급격히 증가하였고, 이에 따라 공동주택 분야에서의 에너지 소비도 증가하는 추세에 있다. 현재의 주거용 건물에 주로 공급되고 있는 자원 및 에너지로는 급수, 급탕, 가스, 전력

및 난방용 온수의 5종을 들 수 있으며, 정수나 중수가 제한적으로 공급되고 있기도 하다. 이 중 급수는 지자체나 산하의 투자회사 등에서 공급하고, 가스와 전력은 해당 에너지 공급회사에서 공급하며, 급탕이나 난방용 온수는 열공급사업자가 제공하는 지역난방열이나 도시가스 등의 에너지를 이용하여 생산, 공급하는 것이 일반적이다. 이와 같이 공동주택 등 주거용 건물의 단지까지 공급된 에너지 및 자원은 단지 내의 기계실을 통하여 각각의 세대로 공급되며, 각 세대에서는 사용한 만큼의 비용을 관리사무소나 에너지 공급회사에 납부하는 것이 일반적인 관행으로 되어 있다.

그러나 급수, 급탕, 가스 및 전력은 세대별로 장차 되어 있는 적산유량계 및 적산전력량계를 이용하여 실제 사용한 만큼의 비용만을 부담하고 있는 반면, 난방의 경우에는 이러한 요금부과 체계가 원활히 이루어지지 않음으로써 결국 공동주택 등 주거용 건물에서 사용하는 에너지량의 가장 큰 비중을 차지하는 난방용 에너지를 낭비하게 되는 주요 원인으로 작용하고 있다. 즉, 중앙집중 난방을 수행하는 공동주택 등 주거용 건물에서는 각 세대에 공급되는 열량의 제어는 물론 사용한 난방열량의 계량도 어려워 단지 전체에서 소비한 난방용 에너지의 비용을 세대의 면적에 따라 일괄적으로 부과함으로써 결과적으로 난방열량 사용자들의 에너지절약에 대한 의식을 거의 고취시키지 못하고 있는 실정이다. 또한 난방용 열원의 품질이 세대별로 불균일하여 실제 사용량과 부담하는 비용 사이에 상당한 차이를 보이는 것도 문제점으로 지적되고 있다.

따라서 에너지의 소비절약은 물론 지구환경시대의 환경관련 각종 국제규범 및 점차 강화되고 있는 기준에 대비하기 위해서라도 난방용 열량의 제어 및 계량관련 기술개발을 통한 난방열량의 관리가 필수적이라 하겠다.

난방열량 관리 현황

공동주택관리령 제15조에서 규정한 바와 같이 중앙집중 난방방식의 공동주택관리자는 난방계량기를 활용하여 난방비를 부과하여야 하나 실제의 현장에서는 난방계량기의 활용률이 6% 정도에 지나지 않

는다. 이와 같이 공동주택에서 중앙집중 난방의 수행에 따른 난방비를 부과하는데 있어 난방계량기의 활용을 저해하는 원인은 크게 다음과 같이 5가지로 분류할 수 있다.

난방계량기 자체의 결함

난방열량계란 열부하장치에 의해 냉방 또는 난방을 수행할 때 액체상태인 열공급매체에 의해 전달된 열량을 측정하는데 사용하는 것으로, 공급되는 열공급매체의 부피 또는 유량 및 열부하장치의 공급측과 귀환측에서 열매체의 온도 또는 온도차를 검출하여 열량을 측정하는 기기를 말한다. 이러한 난방열량계는 열매체인 액체가 순수할 경우에는 고장이 적어 비교적 높은 신뢰성을 확보할 수 있는 반면, 난방용으로 사용되는 난방열량계의 경우에는 난방용 온수의 지속적인 순환이용과 그에 따른 수질의 악화로 인하여 시간이 경과함에 따라 고장률이 증가하여 신뢰성이 감소하고 있다. 즉 장기간 순환이용에 따라 오염된 난방용 온수가 특히 기계적인 구동부가 있는 유량센서의 원활한 작동을 방해하게 되며, 이는 결국 난방계량기의 고장률을 높이고 신뢰도를 감소시키는 결과를 초래하고 있다.

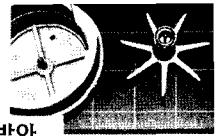
특히, 임펠러식 유량계는 축의 지지용으로 사용되는 베어링의 마모가 문제가 되며, 일반적으로 이용되고 있는 자력에 의한 임펠러 회전의 전달방법은 보통 난방 순환수에 포함되어 있는 철분이 자석에 부착되어 성능이 저하된다. 표 1은 지역난방지역의 연도별 난방열량계 고장발생 현황을 보여주고 있으며, 그림 9는 복합식 접선류 임펠러식 난방열량계의 임펠러 모습을 보여주고 있다. 따라서 난방용 순환수의 수질을 개선하기 위한 노력과 아울러 열악한 수질환경에서도 원활하게 작동되는 신뢰성 있는 유량부의 개발 및 도입이 필요하다.

<표 1> 지역난방지역의 연도별 난방열량계 고장발생 현황

(단위 : 개)

구분	1995년	1996년	1997년	1998년	계
조사수량	119,970	197,784	57,935	222,994	598,683
고장수량	11,523	23,288	10,753	28,819	74,383
고장률(%)	9.6	11.8	18.6	12.9	12.4

주) 자료 : 산업자원부 에너지관리심의관실, 1999.



시공상의 하자

난방계량기는 난방유량을 측정하는 유량감지부와 공급측 및 환수측의 온도를 검출하는 온도감지부, 측정된 유량과 온도차에 의해 소비열량을 산출하는 연산부 및 검침결과를 보여주는 지시부로 구성되며, 실제로 현장시공시에는 1개의 유량부와, 2개의 감온부 그리고 1개의 연산 지시부로 나뉘어 설치되며, 이들은 각각 신호선과 각종 케이블 등에 의해 연결된다.

따라서 구성요소가 많을수록 시스템의 구조는 물론 시공절차도 복잡해지고 그만큼 고장이 발생할 가능성도 증가할 뿐 만 아니라, 계량기의 시공단계에서 전문성이 부족한 배관공에 의해 시공이 이루어지거나 센서나 전자부품 및 각종 케이블 등 예민한 이들 구성요소들이 열악한 건설환경에 노출됨으로써 시공단계에서 고장이 발생할 가능성이 높아진다. 이와 같은 시공상의 문제점을 해결하기 위해서는 이들 여러 가지 구성요소들을 일체화함으로써 단순화시킨 난방열량계의 개발이 요구된다.

유지·관리의 애로

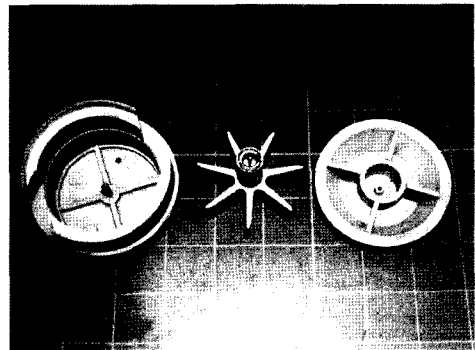
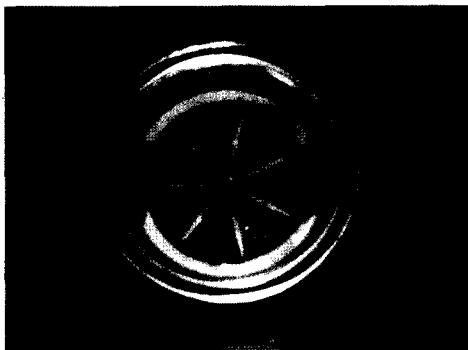
앞에서도 기술한 바와 같이 난방열량계의 복잡한 구성요소가 거주 공간 내에 그대로 노출되어 있어 사용단계에서도 거주자의 실수로 인해 센서나 케이블의 단선 등 고장이 발생할 가능성이 높다. 또 난방열량계를 구동해주는 건전지의 방전이나 짧은 수명도 유지 관리를 어렵게 하는 원인이 되고 있다. 이상과 같은 각 단계에서의 하자발생 가능성으로 인하여 일단 난방열량계의 고장이 발생하더라도 명확한 하자원인의 불분명으로 인하여 시공업체와 제작업체

사이에 서로 책임을 회피하는 경향도 있다.

또한 각 세대에서는 난방열량계의 고장여부에 대한 인식이 현실적으로 불가능하므로 공동주택 관리자가 정기적으로 점검과 유지 관리를 행하는 것이 바람직하나, 구성요소가 복잡하고 열량계의 핵심부가 세대 내에 위치하고 있어 각종 센서의 점검이나 청소 및 기기의 고장발생시 수리에도 많은 어려움이 있다. 결과적으로 난방열량계의 소유권 여부와 교체 및 수리에 따른 비용부담 방안, 제품의 품질보증, 기기의 관리주체와 관리방법 등 효과적인 유지 관리체계의 구축 등 제도적 사항에 대한 검토와 아울러, 운영단계에서의 고장발생 가능성을 최소화하는 난방열량계의 개발과 열량계의 설치장소 및 배관계통의 변경 등 유지 관리가 용이한 구조의 단순화된 시스템화 기술의 개발이 요구된다 하겠다.

효과적인 난방제어의 곤란

난방열량계의 검침결과에 따라 난방비를 부과함으로써 계량기의 설치효과를 극대화하기 위해서는 난방제어기를 통한 난방열량의 효과적인 제어가 선행되어야 한다는 것은 말할 나위가 없다. 현재 국내에서는 주거용 건물의 난방열량 제어를 위해 실온을 감지하여 개폐식 온도조절밸브를 구동하는 제어방법을 많이 사용하고 있으나, 이를 열용량이 매우 큰 바닥난방패널을 사용하는 국내의 난방시스템에 적용하는 경우 큰 열용량으로 인해 제어에 따른 응답속도가 매우 느려서 난방부하의 변화에 따른 적절한 제어의 수행이 매우 어렵고 필요이상의 과잉난방 현상이 초래됨으로써 특히 연속난방에 비해 공급온수



[그림 9] 복잡식 접선류 임펠러식 난방열량계의 임펠러 모습

의 온도가 높은 간헐난방시스템의 경우에는 세대간 에너지 공급의 불균형과 아울러 에너지의 손실이 수반될 가능성이 높다.

이에 따라 근래에 들어서는 환수온도를 감지하여 온도조절밸브를 구동하는 제어방법을 채택하는 사례가 증가하고 있으나, 환수의 설정온도가 적절히 선정되지 않으면 과열현상과 더불어 일부 세대에는 난방열량이 충분히 공급되지 않아 비난방기간의 열적 쾌적성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다는 단점이 있다. 따라서 난방열량계의 효과적인 이용을 위해서는 공동주택 난방시스템의 효율적인 열량제어를 위한 제어기법 및 기기의 검토 및 개발이 필요하다.

난방열량 계량결과의 왜곡

앞에서도 기술한 바와 같이 현재 사용되고 있는 난방열량계는 각각의 구성요소가 분리되어 설치되기 때문에 고장발생의 가능성이 높을 뿐 만 아니라, 난방열량 사용자의 의지에 따라서는 계량결과의 왜곡도 얼마든지 가능하다는 문제점이 내재되어 있다. 즉 난방비의 부과액을 줄이기 위해 세대 내에 설치되는 각 구성요소의 기능을 의도적으로 변화시킬 수도 있으며, 공동주택 관리자가 이를 확인하는 것도 실질적으로 불가능하기 때문에 이를 원천적으로 차단하지 않으면 안 된다.

또한 일반적으로 시간이 경과함에 따라 난방열량

계의 측정결과가 실제 사용량보다 적어지는 결과가 발생하나, 난방열량의 사용자가 기기의 점검을 의도적으로 회피할 경우 공동주택 관리자가 점검, 보수 및 교체에 큰 어려움을 겪는 것도 문제점으로 들 수 있다. 결과적으로 기기 자체의 기능적 신뢰성을 확보하는 것도 중요하지만 계량결과의 왜곡에 대해서도 충분히 대비함으로써 공동으로 사용하는 열량의 분배와 관련된 상호간의 불신을 불식시키고 보다 확고한 난방열량계의 보급 환경이 구축될 수 있을 것으로 판단된다.

난방계량기의 적용효과

유럽의 경우 난방열량계의 활용을 통해 약 15~25%의 난방용 에너지의 절감이 가능한 것으로 알려져 있고, 국내에서도 2001년 에너지관리공단에서 수행한 연구결과를 보면 난방열량계를 시범설치한 아파트 단지에서 제한적인 조건이었음에도 불구하고 10% 내외의 에너지절약이 가능함을 보인 바 있다 (표 2 참조). 이는 기존의 열량계를 단지 효과적으로 관리, 운용한 결과이며, 신뢰성 있는 난방열량계를 체계적으로 보급하게 된다면 약 20% 정도의 에너지절약이 가능할 것으로 예상된다. 이 경우 국내 공동주택에서 연간 절약할 수 있는 난방용 에너지량은 대략적으로 표 3과 같이 산출될 수 있다.

공동주택 등 주거용 건물에서 소비되는 연간 에너

<표 2> 난방열량계의 활용에 따른 주거용 건물에서의 난방용 에너지 절감률 (대구 ○○맨션의 경우)

연월	전년(2000년) 대비			전년(2000년) 대비(Nm ³)			절감량(Nm ³)	절감률(%)
	전체	급탕	난방	전체	급탕	난방		
12월	116,488	19,540	96,948	106,665	19,370	87,295	9,653	10
1월	124,187	20,246	103,941	113,208	19,377	93,651	10,290	9.9
2월	93,730	19,570	74,160	83,993	17,893	66,100	8,060	10.8
계	240,675	59,356	275,049	219,693	56,640	247,046	28,003	10.2

<표 3> 난방열량계의 활용에 따른 주거용 건물에서의 난방용 에너지 절감률

중앙집중 난방방식을 채택하고 있는 공동주택 수	1,429,569 세대	1998년 현재 주택통계편람, 2000, 대한주택공사
중앙집중 난방방식 채택 공동주택의 에너지소비율	10,267 Mcal/세대·년	에너지총조사보고서, 1999
난방계량기의 효과적 활용에 따른 에너지절약률	20 %	
지역난방 지역을 제외한 중앙난방 지역만을 대상으로 추정된 결과임		지역난방 지역을 제외한 중앙난방 지역만을 대상으로 추정된 결과임



지량 중 난방용 에너지가 차지하는 비중을 고려할 때 이는 실로 막대한 양이며, 에너지 소비율의 예측에 따른 설비용량 및 운전의 최적화에 의한 시스템 효율 향상 및 난방열량계 등 관련 설비의 교체나 유지 보수 과정에서 추가되는 이득을 고려하면 난방계량기의 적용효과는 실로 막대할 것으로 예상된다.

효과적인 난방열량 관리방안

난방순환수의 수질관리

난방계량기의 활용을 저해하는 요인 중의 하나는 난방순환수의 수질이다. 오염된 난방순환수는 배관을 흐르면서 전열효율을 저하시키는 물론 배관계통에 있는 밸브류 등 각종 요소, 특히 난방온도조절기 및 난방계량기의 작동에 악영향을 끼치고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 난방순환수의 오염은 사용하는 원수의 수질과 배관계통의 각종 요소에서 발생하는 부식에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 난방열량을 효과적으로 관리하기 위해서는 난방수질을 지속적으로 관리하여야 한다. 설계 및 시공, 유지·관리단계에서의 수질관리방안을 다음과 같이 정리하였다.

(1) 설계단계

내식성 자재를 사용하고 가능한 서로 다른 금속재료의 자재를 혼합하여 사용하는 것을 피한다. 관내 유속이 한계유속(동관의 경우: 1.5 %)의 범위를 벗어나지 않도록 난방배관계통을 설계한다. 온수 공급 온도를 필요 이상으로 높게 난방계통을 구성하지 않는다. 난방배관계통의 구매, 자동공기밸브, (기계식) 탈기장치 및 에어벤트(air vent)를 설치함으로써 난방배관계통 내 난방순환수의 용존산소를 수월하게 제거할 수 있도록 한다.

(2) 시공단계

배관 내에 이물질이 퇴적되면 공식의 원인이 되므로 시공 전 판단부를 완전히 밀봉하고 시공 후에는 배관내부를 깨끗이 세척하여 공식발생의 원인을 제거한다. 동관의 용접방법을 브레이징(brazing)에서 솔더링(soldering)으로 변경하여 용접부의 용력부식 균열을 방지한다. 스테인레스관의 용력부식균열은

주로 배관시공의 부주의로 발생되므로 굽힘가공 및 배관 용접시 특히 주의한다(400~800℃의 온도범위는 피하고, 용접분위기에 주의한다). 시공 후 수행하는 난방배관계통의 누설시험 등 시험운전과 본격적인 운전을 위한 난방순환수 원수의 수질을 조사하여 적절한 수질의 원수를 채택하고, 난방순환수로서 적합하지 않은 경우에는 수질기준에 적합하도록 적절한 처리를 한다. 원수의 취수시 유입되는 급수본관에 여과망을 설치하여 수질을 개선한다. 강관제 저장조의 경우에는 음극방식(cathodic protection)에 의한 방법, 글라스 라이닝(glass lining)에 의한 방법, 에폭시수지 도장에 의한 방법 등을 통해 부식의 발생을 억제한다.

(3) 유지·관리단계

난방순환수의 수소이온농도를 배관계통의 구성 재료에 따라 적절한 값(pH 8 이상 또는 pH 10.5~11.8의 범위)으로 유지한다. 이를 위해 수소이온농도를 감지하여 약품을 자동으로 투입하는 약품투입장치(chemical feeder)를 자동화한다. 자동공기밸브, (기계식)탈기장치 및 에어벤트를 사용하여 난방배관계통 내 공기를 적극적으로 제거함으로써 난방순환수의 용존산소량을 요구치(ml/l) 이내로 감소시킨다. 필요 이상의 높은 온도의 난방용 온수공급은 피한다. 난방순환수의 수질 상태를 정기적(월 1회 이상)으로 측정하고, 필요시 적절한 수질관리조치를 취한다. 적절한 수처리 방법을 선택하여 지속적으로 수질을 관리한다. 방청제를 주입한다. 방청제는 다중금속의 부식방지기능과 방식피막의 안정성 그리고 갈바니부식(전이부식), 틈새부식, 공식 등에 저항력이 있고, 기존의 부식이나 스케일제거 기능이 없는 것을 선택한다. 난방을 시작하기 전에 난방순환수의 수질을 점검하고 필요시 물을 순환시켜 난방수의 일부 또는 전체를 교체한다. 이 때 세대 내의 모든 밸브를 열어 물을 순환시킨다. 난방순환수의 교체시 사용되는 원수는 그 수질을 조사하여 적절한 수준의 것을 채택하고, 난방순환수로서 적합하지 않은 경우에는 수질기준에 적합하도록 적절한 처리를 한다. 난방배관계통 중 동관으로 시공된 부분이 있는 곳은 Cu 성분분석을 하여 이종금속에 의한 전이(갈바니)부식을 확인한다. 1차측의 보일러 관수에 축적되어

있는 용융 고형물을 배출(blow down)하는 기술의 자동화로 에너지 절약과 부식방지를 기한다. 또 저탕조의 경우 부식을 방지하기 위하여 음극방식법을 채택한다.

비접촉식 난방열량계의 활용

난방열량계 자체의 기능상 고장의 대부분은 유량 검지부에서 발생하며, 지금까지 구체적으로 확인된 연구결과는 없지만 경험으로 미루어 생각할 때 난방수질의 오염과 난방시스템의 장기간 운전 및 휴지의 반복 그리고 기계적 구동부를 가진 유량계의 채택 등이 복합적으로 유량계 고장의 원인으로 작용하는 것으로 판단된다. 따라서 난방열량을 효과적으로 계량하기 위해서는 오염된 수질과 시스템의 장기간 운전 정지의 반복에도 기능을 다할 수 있는 저가의 비

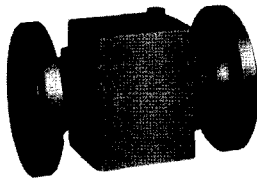
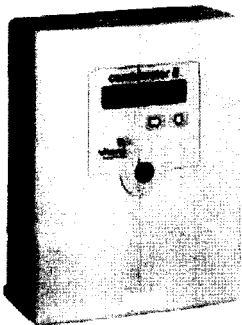
접촉식 유량계를 개발 및 도입하여 난방열량계의 유량검지부에 채택하는 것이 바람직하다. 비접촉식 유량계는 크게 전자기식과 초음파식으로 대별될 수 있으며, 난방계량기 유량부 형식에 따른 분류 및 특징을 표 4에 나타내었다. 그림 10은 비접촉식 난방열량계의 모습을 보여주고 있다.

난방계량기의 효과적인 유지 관리

난방계량기를 효율적으로 유지 및 관리하기 위하여 공동주택관리자는 매년 비난방기에 난방열교환기의 1차측 및 2차측 전열판과 각종 배관에 설치된 여과기와 밸브류 등에 대한 점검을 하여 오염이 되었을 경우 세척 또는 교체하는 등의 적절한 조치를 취하여야 하며, 입상관 드레인 은 수시로 제거하는 것이 바람직하다. 또한 매년 1회 이상 입상관 내부의 난방

<표 4> 난방계량기 유량부 형식에 따른 분류 및 특징

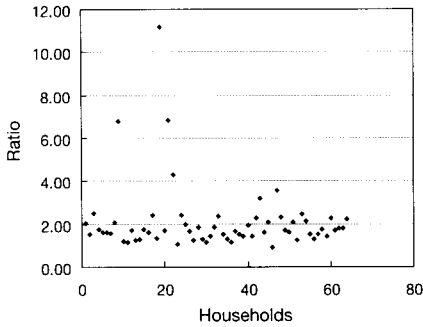
		원형관식	외부식	전자식	초음파식
기술성	수질조건	가능한 줄아야 함	대체로 무관	적정 전도도 필요	대체로 무관
	측정범위	보통	큼	큼	보통
	유체온도영향	많음	없음	없음	적음
	압력손실	다소 있음	없음	없음	없음
	정밀성	보통	보통	정밀	정밀
경제성	구입가격	저가	보통	고가	고가
	보수비용	보통	보통	보통	보통
적용성	해외	다수 적용	약간적용	적용(다소 증가 추세)	적용(다소증가 추세)
	국내	적용	없음	없음	없음



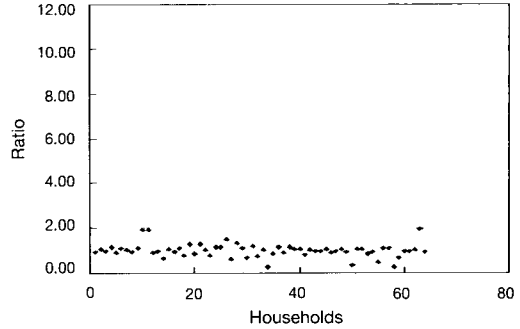
(a) 전자기식 난방열량계

(b) 초음파식 난방열량계

[그림 10] 비접촉식 난방열량계의 종류(Viterra energy services, 독일)



(2001. 12. 사용량 / 2001. 11. 사용량)



(2002. 1. 사용량 / 2001. 12. 사용량)

[그림 11] 공동주택 단지의 세대별 사용 난방열량의 월별 변화율 비교

수 오염여부를 점검하고 필요한 경우 난방수를 순환시켜 일부 또는 전체를 교체하여야 하며, 난방수의 수소이온농도가 8.0 이상이 유지되도록 적절한 양의 수처리제를 주입하는 등의 조치를 하여야 한다.

각 세대에 설치되는 여과기는 수질개선을 위해 여과기의 메시보다 큰 이물질을 제거하기 위한 것으로 난방계량기 및 난방온도조절기의 성능확보를 위해서는 주기적으로 분해하여 청소를 하여야 한다. 여과기의 분해 및 청소는 격년으로 실시하는 것이 바람직하나, 현실적으로 어려운 점을 감안하여 설치 활용 후 5년이 경과하는 시점인 교체시나 수리시 등 필요시에 분해하여 청소를 하여야 한다.

난방계량기의 점검결과가 타 세대 및 전년도 동월의 점검결과와 비교하여 현격한 차이가 있다고 판단되는 경우에는 사용자의 협조를 얻어 그 원인을 찾고 필요한 조치를 취하여야 한다. 난방열량의 세대별, 월별 사용량 분석 자료는 난방계량기의 고장여부를 진단하기 위해서 효과적으로 사용될 수 있다.

즉 전월 대비 현재 달의 사용열량의 비율이 크게 변화되는 세대의 경우 당해 세대에서의 열량제어가 원인일 수도 있겠으나 난방계량기의 고장이 원인일 수도 있으므로, 이와 같은 세대만을 고장진단 세대로 선정하는 경우 전체 세대에 대한 고장을 진단하여야 하는 것에 비해 난방계량기의 관리업무량을 크게 줄일 수 있다. 또한 난방열량의 사용량 측정결과를 도표로 작성함으로써 관리자가 눈으로 확인하는 것보다 정확성을 훨씬 높일 수 있고 작업능률도 향상시키면서 고장진단업무의 정량화도 가능하다. 그림 11은 하나의 예를 보인 것으로, 공동주택 단지의 세대별 사용 난방열량의 월별 변화율 비교를 위하여 현재의 달에 사용한 난방열량을 전월의 값으로 나누는 값을 도시한 것이다. 이와 같은 결과를 통하여 미리 설정하는 사용열량 이상의 값을 보인 세대나 타 세대의 월별 변화율에 비해 상대적으로 큰 차이를 보인 세대의 경우에는 난방계량기 및 난방온도조절기를 점검하여야 한다. *