

지역난방용 콤팩트 유닛 및 제어기 개발

이 영 수[†], 백 영 진, 정 대 현, 김 진^{*}, 엄 철 준^{**}

한국에너지기술연구원[†], 나라컨트롤^{*}, 한미설비^{**}

Compact module and control system for district heating system

Young-Soo Lee[†], Young-Jin Baik, Dae-Hun Jung, Jin Kim^{*}, Chul-Jun Um^{**}

[†] Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

^{*} Nara Controls Inc., Seoul 135-107, Korea

^{**} Hanmi C&E Co. Ltd., Seoul 143-847, Korea

ABSTRACT: In order to comply with the global energy crisis and environment problem, it is necessary to research and develop the energy utilization technology with the reduction of the primary energy usage. Although the increasing rate of energy consumption started to attenuate, the entire consumption of energy as well as CO2 emission rate tends to increase steadily along with an economic growth in Korea. The energy demand in Korea increases by annual 3.7% during the period from 2000 to 2006. And it is expected that we should take a charge of the greenhouse gas reduction obligation by the Climatic Change Convention(Kyoto Protocol) during the 2nd pledge period(2013~2017). According to the IEA report in 2005, the emission amount of carbon dioxide is the 10th place in the world, and the increasing rate is 4.7% annually. Considering the economic scale of Korea, the degradation of energy usage is inevitable when the greenhouse gas reduction obligation come into effect. Therefore, effective energy usage is a very important issue to minimize baneful influence on industrial and economic activities.

Key words: Compact module(콤팩트 유닛), District heating(지역난방), Control system(제어기)

1. 머리말

우리나라는 경제성장에 따라 에너지 소비량, CO2 배출량이 꾸준히 증가하는 추세이나 에너지 소비 증가율은 다소 둔화되고 있는 실정이다. 에너지 수요는 2000년부터 2006년 동안 연평균 약 3.7%의 지속적인 증가율을 보이고 있으며, 기후변화협약(교토의정서)에 의거 우리나라는 2차 공약기간중(2013-2017) 온실가스 감축의 무부담이 연평균 4.7%의 증가율을 보이고 있다. 또한 에너지소비량도 세계 10위 수준으로 감축의무를 부담하는 경우 산업, 경제활동에 치명적일것으로 예상되며, 에

너지이용 효율화는 매우 중요한 과제이다.

국내 건물에너지 소비량은 국가 총에너지 소비의 1/4을 차지하며 기후변화 협약 및 국제정세에 대응하기 위해서 건물에너지 절약을 위한 연구개발이 어느때보다강조되어야할 시점에 있으며, 국가에너지 소비의 30%를 차지하는 냉난방 공조분야에서 에너지의 효율적 난방은 매우 필요하다.

국내 집단에너지 보급은 2000년말을 기준으로 지역난방이 약 100만 세대, 산업단지 집단에너지 공급이 13개 공단에 도입되었으며, 정부에서는 집단에너지 공급이 에너지절감 및 CO2 저감에 매우 효과가 크기 때문에 향후 총 주택의 14.9%(180만호)에 지역난방설비를, 총 산업단지의 26.2%(33개 산업단지)의 집단에너지 공급설비를 보급할 계획이다. 따라서 열부하 예측에 의한 공급유량 제어기술과 설비 콤팩트 유닛 모듈화 기술은 그 파급효과가 매우 클것으로 판단된다.

[†] Corresponding author

Tel: +82-24-860-3161 Fax: +82-42-860-3133

E-mail address : yslee@kier.re.kr

2. 지역난방용 설비 콤팩트 유닛

집단에너지 사용자측 설비의 over sizing에 의해 손실되는 에너지가 막대하므로 설비의 콤팩트 유닛 모듈화 기술 개발은 공동주택용 집단에너지 이용 고효율화 기술의 핵심으로 필히 개발되어야 하며, 난방 열교환기, 급탕 열교환기, 난방 순환펌프, 급탕 순환펌프, 자동제어 밸브, 제어기 및 각종 계기류 등을 공장에서 하나의 프레임으로 조립, 제작하여 모듈화 설비로 Fig. 1과 같다.

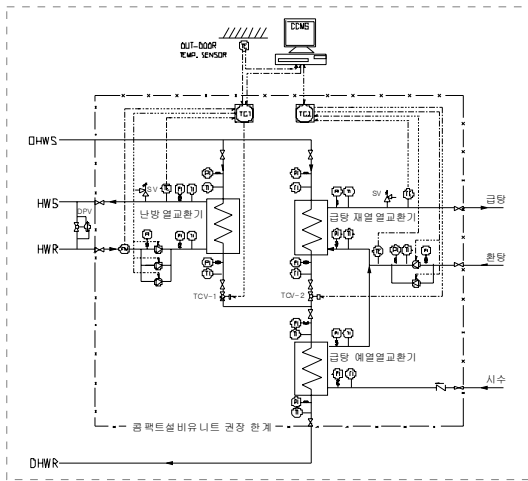


Fig. 1 Compact unit system

2-1. 기존 유닛 모듈 분석

- ① 설치시 작업이 번거롭고, 설치면적이 커지며 에너지 효율이 낮음
- ② 각 기기가 별도로 설치되므로 공기가 지연되고, 장작업의 증가로 공사비 상승과 품질확보가 어려움
- ③ 기기특성에 맞는 유지관리를 고려하지 않으므로 사용기간중 교체 및 보수작업시 비용 증가
- ④ 각 기기에 대한 전문지식이 없는 시공담당자가 기기들의 성능과 제어특성이 고려되지 않아 시스템의 불균형을 초래하기 쉬우며 에너지의 이용효율이 낮음

2-2. 콤팩트 설비 유닛의 장점

- ① 지역난방 사용자설비가 표준화, 모듈화되어 장비가 콤팩트하여지며, 지역난방 사용자는 장비구매 및 설계업무가 단순해지고, 설치공정이 단순화되어 공사기간이 단축됨.

- ② 기존의 열사용시설과 비교하여 설치공간이 약 40% 축소되며, 아울러 기중방식에 비하여 초기 투자비가 약 15% 줄어듬
- ③ 공장에서 모듈화시켜 조립, 제작하므로 최적계통으로 구성이 가능하고, 공장에서 일괄 품질 관리함으로써 품질향상이 가능함
- ④ 콤팩트 설비 유닛 표준화로 운전 및 보수유지가 편리하며, 장비공급자가 일원화되고, 하자보수시 책임소재 규명이 용이하여 운전 및 유지 편의성이 증대됨

2-3. 콤팩트 설비 유닛의 선정기준

- ① 장치크기는 가능한 콤팩트화하여야 한다.
- ② 계통구성이 간단하고, 유지보수가 쉬어야 한다.
- ③ 부하에 대한 추종성이 좋아야 한다.
- ④ 설계조건 및 부분부하에서 원활하게 작동하여야 한다.
- ⑤ 지역난방 회수온도를 가능한 낮추어야 한다.

2-4. 콤팩트 설비 유닛의 검토대상

- ① 브레이징타입 열교환기 사용
- ② 난방 순환펌프 대수 축소
- ③ 급탕 순환펌프 대수 축소
- ④ 온도조절 밸브 바이패스 배관 삭제
- ⑤ 설치공간이 작은 밸브 및 복합밸브 사용
- ⑥ 배관경 산정기준 완화
- ⑦ 현장계기 설치개수 축소 및 지시부 크기 축소

3. 국내외 기술개발 현황

국내 공동주택 열사용자설비는 가스켓식, 용접식 및 원통다관형 등의 열교환기가 설치되어 있으나 그중에서 가스켓식이 대부분을 차지하나, 유럽 등 선진국에서는 경제적이고, 유지보수가 용이한 용접식 판형 열교환기를 지역난방 열사용설비로 사용하고 있다. 또한 사용자측 열부하 예측을 통한 스마트 콘트롤을 통한 PID 제어방식으로 안정적인 집단에너지 공급과 에너지 절약효과를 검증하고 있는 실정이다. Fig. 2는 외국의 콤팩트 유닛 사용자 설비를 나타낸 것이다.

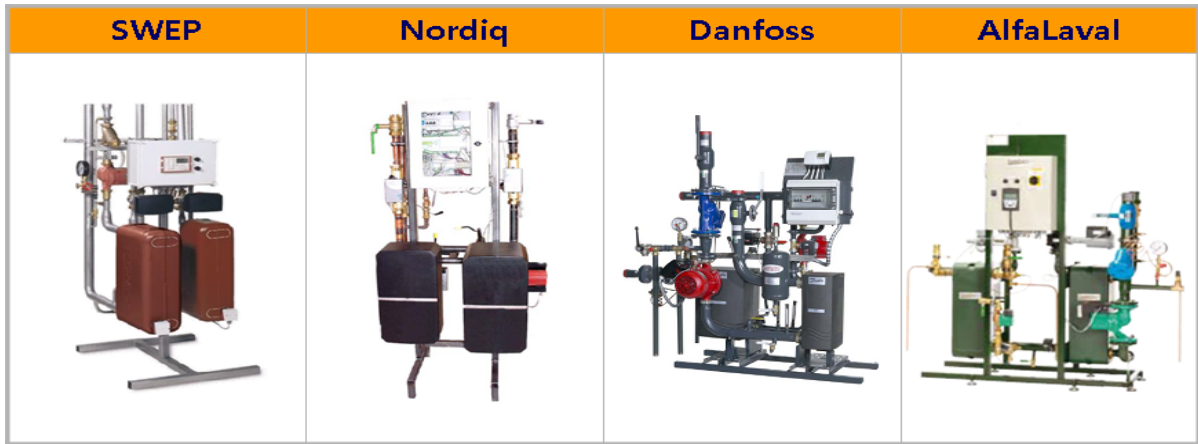


Fig. 2 Compact unit module

4. 지역난방 회수온도 저감 방안

- ① 열교환기 장치용량 설계조건 강화
 - 가능한 한 2차측 설계온도를 낮게 설계하도록 유도하며 1차측 출구온도와 1차측 입구온도와의 차를 작게하고 2차측 설비용량을 크게 하도록 유도함.
- ② 지역난방 회수비열 이용방안 강구
 - 급탕 2단 열교환 방식 채택을 유도함.
- ③ 열교환기 제어장치 및 운전조건 개선
 - 난방 열교환기는 외기온도 보상제어를 실시하며 2차측 순환량을 적정하게 설계하고, 대수제어 또는 변유량제어를 하고 제어기 및 제어밸브의 성능을 개선한다.

5. 콤팩트설비 유닛 제어기 개발

5.1 콤팩트설비 유닛 제어 방식

콤팩트설비 유닛의 일반적인 구조는 Fig. 3와 같으며 기존 동작 방식은 다음과 같다. 난방동작의 경우 지역난방에서 공급되는 중온수(DHWS)가 난방제어밸브의 제어에 따라 난방 열교환기를 거치면서 열교환이 이루어져 건물로 온수 (HWS)를 공급하게 되며 건물에서 난방부하를 처리한 환수(HWR)가 계속 순환하게 된다.

급탕예열동작은 난방열교환기를 지난후 회수되는 중온수 환수 (DHWR)를 급탕예열 교환기를 지나도록 하여 시수의 예열을 수행하도록 한다. 급탕 동작은 예열 열교환기를 거쳐 예열된 시수를 급탕 재열 열교환기에 통

과시켜 설정된 온도에 도달하도록 제어되며 공급된 후 남은 온수는 환탕용 배관에서 부족한 수량은 시수를 채워 재열 열교환기로 가열되어 온수로 공급된다.

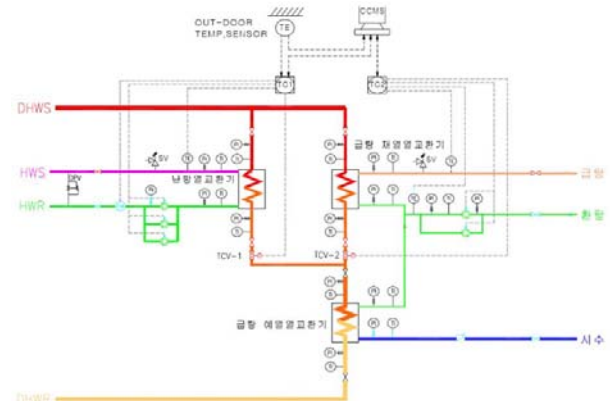


Fig. 3 Organization of compact equipment unit

난방에서의 제어 동작은 난방 공급온도에 따른 1차측 중온수 유량조절, 난방 공급 온도 설정, 급탕 우선 제어, 난방 순환 펌프 교번 운전, 외기 온도 보상, 난방 순환 펌프 가변 제어, 일정제어 (하절기), 에너지 절약 운전 등을 수행하며 급탕에서의 제어 동작은 급탕 공급 온도에 따른 중온수 유량 조절 기능, 급탕 공급 온도 설정, 급탕 우선 제어 기능 등이 있다.

5.2 컴팩트설비 유니트 제어기 개요

컴팩트설비 유니트 제어기는 각 계절 및 시간대에 따라 외기온도 다기능 보상 설정같이 열부하 변동에 따라 자동온도 조절밸브 및 펌프를 댓수 제어 및 교번 제어 등을 통해 최적으로 제어하여 원활한 난방, 급탕 및 에너지 절감을 실현하여 자동제어는 물론 안정된 온도제어, 원활한 시스템 관리 및 에너지 절약을 달성하도록 한다.

5.3 컴팩트설비 유니트 제어기 난방 제어 기능

컴팩트설비 유니트 제어기는 난방 제어를 통해 1차측 중온수의 유량을 제어하여 난방공급온도를 조절하고, 난방온도를 임의로 설정 가능하도록 하며, 외기온도보상 또한 가능하게 하며 순환펌프 제어방식을 적용한다.

5.4 컴팩트설비 유니트 제어기 급탕 제어 기능

컴팩트설비 유니트 제어기는 급탕 제어를 통해 1차측 중온수의 유량을 제어하여 급탕공급온도를 조절하고, 난방온도를 임의로 설정 가능하도록 한다.

5.5 컴팩트설비 유니트 제어기 제어 관제점

컴팩트설비 유니트 제어기의 제어 관제점은 다음 Table 1과 같다. 이때 펌프는 난방순환펌프와 급탕순환펌프를 의미하고, 밸브는 난방제어밸브와 급탕제어밸브를 의미한다.

Table 1 Control point of compact equipment unit

종 류	Signal	최소 Point
펌프	Digital Input (또는 Analog Point)	2
온도(배관, 외기)	Analog Input	5

5.6 컴팩트설비 유니트 제어기 계측 관제점

컴팩트설비 유니트 제어기의 계측 관제점은 다음 Table 2와 같다. 이때 펌프는 난방순환펌프와 급탕순환펌프를 의미하고, 온도는 난방공급, 난방

환수, 급탕공급, 급탕환수온도와 외기 온도를 의미한다.

Table 2 Monitoring point of compact equipment unit

종 류	Signal	최소 Point
펌프	Digital Input (또는 Analog Input)	2
온도(배관, 외기)	Analog Input	5

5.7 컴팩트설비 유니트 제어기 사양 설계 (CPU, Main Processor Module)

컴팩트설비 유니트 제어기의 CPU, 즉 Main Processor Module은 16bit Micro Processor를 채택하여, 주변환경의 변화 및 열부하 변동에 따른 보상설정에 대한 데이터를 저장하기위한 충분한 메모리를 확보할 수 있도록 하고, 주변기기와의 데이터교환 및 통신방법 확보, 제어기 확장방법 등에 대하여 설계한다.

5.8 컴팩트설비 유니트 제어기 I/O 모듈 설계

컴팩트설비 유니트 제어기의 Input과 Output의 모듈은 다음과 같다.

Digital Input은 1, 2차간 절연이 되어 있으며, 다채널 입력이 가능하고, 입력 채널 Display가 보호기능이 있어야 한다. Digital Output은 1, 2차간 절연이 되어 있으며, 다채널 출력이 가능하고, Relay 접점 출력과 출력 채널 Display가 가능하여야 한다.

Analog Input은 전류와 전압으로 측정이 가능하고, 다채널 입력 및 입력 채널 Display, 보호기능 등이 가능하여야 한다. Analog Output은 전류와 전압 출력으로 측정이 가능하고, 다채널 출력, 출력 채널 Display가 가능하여야 한다.

I/O Analog Input의 차동증폭회로의 구성은 다음 Fig. 4와 같다. 이때의 입력값이 0~20mA인 경우, J8 Short, Gain=2.5, Range 0~5V가 되며, 입력값이 0~10V인 경우, J8 Open, Gain=0.5, Range 0~5V가 된다.

I/O Analog Output의 차동증폭회로 및 전류증폭회

로의 구성은 다음 Fig. 5와 같다. 이 때, 출력값이 0~20mA의 값을 가진다면 전류출력값은 $2 \times V_{in}(mA)$ 가 된다.

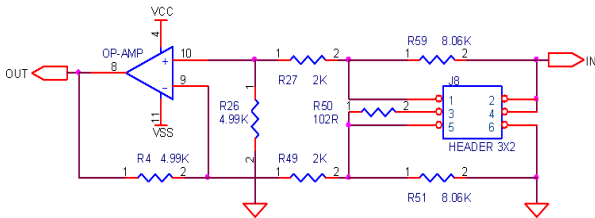


Fig. 4 Differential amplification circuit configuration

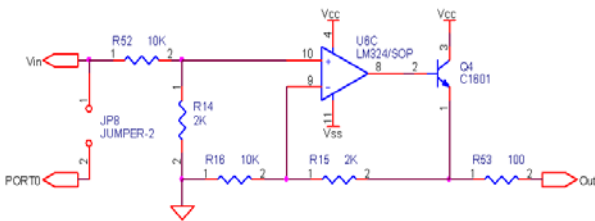


Fig. 5 Differential amplification circuit and current amplification circuit configuration

5.9 컴팩트설비 유니트 제어기 통신 모듈 설계 (Communication Module)

컴팩트설비 유니트 제어기의 통신 모듈 설계는 제어기와 주변기기와의 네트워크를 형성할 수 계 하고, 통신 방법(직렬통신, 이더넷통신등) 및 프로토콜 등을 정하고 설계한다.

5.10 MMI Module

MMI 모듈은 컴팩트 설비유니트의 운전상태를 설정하거나 계측하기위해, 또는 각 부분의 상태를 확인하기 위해 설계한다. 설정수단으로는 멤브레인 조작키를 설계하고, 확인 수단으로는 LED, LCD등을 이용한다. LCD는 Character LCD, Graphic LCD 그리고 TFT LCD 중 필요한 사양에 의해 선택한다.

6. 맺음말

컴팩트 유니트를 사용함으로써 각 구성기간의 제어특성을 고려하여 설계가 가능하므로 기기별 밸런스가 유지되도록 최적설계가 가능하며, 공장에서 제작, 조립, 검

사 및 시험과정을 거치므로 품질과 외관이 우수하다. 또한 현장에서의 배관 및 용접을 최소화하므로 공기를 대폭 단축할 수 있는 이점이 있고, 열교환 설비를 최적화하여 설계, 제작이 가능하므로 유지보수에 필요한 공간을 최소화할 수 있어 기존방식에 비하여 설치면적을 30% 정도 감소할 수 있다. 전반적으로 품질이 우수하고, 제어특성이 탁월하여 에너지 이용효율이 높아 열부하 예측에 의한 공급유량 제어기술과 설비 콤팩트 유니트 모듈화 기술은 그 파급효과가 매우 클것으로 판단된다. 또한 기존에 사용되어 왔던 컴팩트 설비 유니트의 제어기의 경우 지역난방 설비의 특성을 고려하지 못한 범용화된 제어기들의 조합으로 활용되어 왔다. 하지만 이 경우 제어 시스템의 구조가 복잡해지고 단가가 상승하며 복잡한 제어 알고리즘의 구현이 어려운 단점을 가지고 있다. 하지만 본 연구에서 진행하고 하는 컴팩트 설비 유니트의 제어기의 경우 지역난방 설비의 필요한 기능만을 반영한 전용 제어기로서 열교환기와 일체화되어 제어 시스템의 구조 단순화, 단가 절감, 고급화된 제어 기법의 적용이 가능할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 에너지·자원기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

1. 지역난방 사용자 콤팩트설비 유닛 기술개발, 2001, 한국지역난방공사 보고서
2. 나정서 외, 2008, 공동주택 설비설계 가이드북, 한국엔지니어링진흥협회
3. Jung, J. W, 2008, Automatic Control of Compact Handling Unit, Proceedings of the SAREK, Conference of Automatic Control Part
4. Catalog of Temperature Controller. RWD 32, SIEMENS Building Technologies.
5. Catalog of Heating Temperature Controller. RVL 480, SIEMENS Building Technologies.
6. Compact Unit Manual, Taibong Industries Inc.