

지역 난방 시스템(VIII)

District Heating System(VIII)

오 후 규
H. K. Oh
부산수산대학교 냉동공학과

5. 수요가 설비

기호

A : 가열면의 면적
k : 열통과율
kA : 비열교환 출력
 \dot{m}_1 : 1차측 질량 유량
 \dot{m}_2 : 2차측 질량 유량
 \dot{Q} : 열출력
 Δt_A : 온도차

t_D : 증기온도
 Δt_m : 대수평균 온도차
 Δt_{ms} : 산술평균 온도차
 t_{R1} : 고온수의 1차측 환수온도
 t_{R2} : 온수의 2차측 송수온도
 t_{V1} : 고온수의 1차측 송수온도
 t_{V2} : 온수의 2차측 송수온도

5.1 구성과 기능

수요가 설비는 지역 열공급에서 그 배열상 최후의 요소이다. 지역 난방 배관망 및 열발생 장치의 크기는 수요가 설비 용량을 기초로 결정된다. 이것의 크기 결정은 주택 및 업무 시설용 난방 또는 공장 수요가의 열부하 밀도가 높은 지역에서는 수요가 설비의 장래 확장을 고려해야 한다.

수요가 설비란 지역 배관망의 서브스테이션(substation)에서 난방하는 방의 방열기에 도달할 때까지의 전체 설비를 말한다. 수요

가 스테이션, 즉 서브스테이션은 수요가 설비 중 주요 구성 요소이다.^{5) 1) 2)} 수요가 스테이션은 다음과 같이 사용된다.

- i) 수요가의 요구에 맞추어 지역 배관망에서의 열매를 조정한다.(열매교환·감온·감압)
 - ii) 급탕가열을 한다.
 - iii) 기상 조건에 맞추어 열매를 조정한다.
 - iv) 수요가 스테이션 이하의 설비에 있어 운전의 안정성을 높인다.
- 기본적으로 수요가 스테이션은 직접 공급

과 간접 공급의 2종류로 분류된다. 투자액은 직접공급이 간접공급보다 유리하다. 후자는 열교환기에 따라 비용이 높게 되며, 특수한 경우를 제외하고 직접 공급이 선정된다.

직접 공급은 간접 공급과 비교하여 다음과 같은 이점이 있다.

- i) 열교환기가 필요 없으므로 장치 비용이 싸다.
- ii) 송·환수온도를 낮출 수 있으므로 지역 배관망에 있어서 열수송비가 적다.
- iii) 환수온도가 낮으므로 열병합 발전소에 있어 발전에 유리하다.
- iv) 전체 수요가내 설비에서 열병합 발전소에서 나온 물을 처리하여 이용할 수 있으므로 내부 부식 문제가 전혀 없다.
- v) 수요가 설비의 난방회로에 대한 가압장치가 필요 없다.
- vi) 열교환기가 필요없고, 조립(prefab)도가 높기 때문에 건물 접속 스테이션의 소요 바닥 면적이 작다.
- vii) 건물 접속 스테이션에 있어서 펌프 동력이 작다. 약 50%까지의 물순환 동력이 보일러 장치에 가해지고, 나머지 50%의 물순환 동력은 건물 접속 스테이션의 2차측 펌프에 가해진다. 건물 접속 스테이션에 에젝터를 설치할 경우에는 보일러에서 난방설비까지 총 순환압력을 보일러 펌프에 공급해야 한다.

직접 공급의 선정에는 주로 다음 사항을 감안하여야 한다.

5.1.1 지역 배관망의 지형

순환펌프 정지시에는 지역 배관망이 낮은 지점에서는 방열기를 보호해야 할 정도로 상당히 높은 정지 압력이 발생되므로 지역 배관망의 압력 유지 방법의 선정은 이것과 밀접하게 관계가 있다.

5.1.2 호칭내압력

건물내에 사용되는 방열기의 호칭내압력은 지역 난방 배관망의 호칭내압력 이상으

로 해야한다.

5.1.3 지역난방 배관망에 대한 가압 스테이션

이것은 운전개시 및 정지시에 지역 난방 배관망의 압력 분포에 영향을 미치고, 방열기에는 불리한 영향을 일으킨다.

5.1.4 복합운전

열발생 장치를 몇대를 병렬 운전할 경우에는 각각의 운전상태에 따라 지역 배관망의 압력이 변화는 것도 고려해야 한다. 예를 들면 이것은 하나의 지역 열발생소가 보다 큰 부하를 담당할 경우, 그 기동과 정지에 따라 공급 범위가 변화는 경우에 발생한다.

5.1.5 축열장치로서의 지역 배관망

지역 난방 배관망의 송수 및 환수를 야간에 축열장치로서 사용해야 하는 경우에 열발생 장치를 정지하고, 순환 펌프만 운전하는 것을 말하며, 이 경우에는 특수성이 발생된다.

5.1.6 기존 지역 배관망의 구성

획일적으로 명확한 운전 관리를 위해서 수요가 스테이션은 동일 형식으로 통일해야 한다.

5.2 수요가 스테이션의 각 장치

5.2.1 고온수·온수 지역 배관망으로의 접속

1) 압력제어 장치와 압력안전 장치

지역 배관망으로 보내는 압력이 수요가 설비의 허용운전 압력을 초과하거나, 일정한 2차측 압력을 필요로할 경우에는 압력 제어가 필요하다. 이 압력 제어 시스템을 그림 5.1에 나타낸다.^{5,3)} 표 5.1, 5.2는 문헌^{5,4)}에 사용되는 측정·제어·조정에 대한 기호 체계의 개요를 나타내고 있다.

압력제어 및 차압 조정기와 2차측 압력 조정기와의 조합으로 운전하고 있다. 지역 배관망이 압력제어가 되는 경우에는 압력 측정만으로 충분하다.

감압에서 설계 압력을 초과할 경우에는 안전장치 및 열매의 안전한 배수장치가 항

표 5.1 측정·제어·조정기호의 표시

프로세스량(표시는 단독 기준범위내에서 선택된다.)

용 어	기 호	비 고
1. 온도	T	
2. 흐름(flow)	F	체적유량 또는 질량유량
3. 보급상태(level)	L	높이, 용적
4. 압력(pressure)	P	
5. 물질특성(quality)	Q	
6. 속도(speed)	S	선형, 회전
7. 질량, 힘(weight)	W	하중
8. 운동, 변위, 두께	U	
9. 방사능(radiation)	R	
10. 기타 프로세스량	X	
11. 단독측정·제어·조정 부분으로서의 제어(control)	H	"제어"라는 용어는 전체 프로세스량의 제어를 지시함

프로세스량의 보조 표시

(보조문자는 프로세스량의 기호에 추가된다.)

용 어	기 호	예
1. 비(ratio)	r	Fr-2변수간의 흐름비
2. 차(difference)	d	Pd-차압
3. 총합 (summation)	s	Fs-총유량
4. 절대값 (absolute value)	a	Pa-절대압력
5. 양의 이동(quantity transfer)	q	Fq-체적유량과 질량유량, 디지털값
6. 방사선의 종류	α, β, γ, n	Rr-감마선

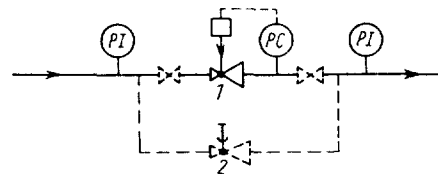
측정·제어·조정부분의 기능(표시는 기준범위 내에서 선택된다. 5.2의 조합)

용 어	기 호	비 고
1. 지시(indication)	I	
2. 기록(record)	R	
3. 계수(count)	S	계수기
4. 제어(자동제어)	C	
5. 한계치 신호경보	A	
6. 비상시 급차단 작동	E	자동

측정·제어·조정부분에 대한 기능과 특수성

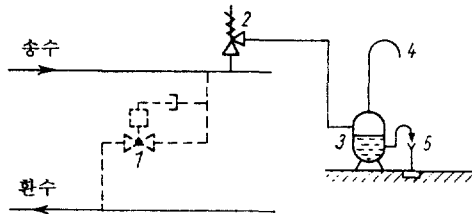
(표시는 단독 보조범위내에서 선정된다.)

1. 수동조절	H	
2. 기준입력으로서의 시간표	TIME	
3. 데이터 처리 입력	Di	
출력	Do	



1. 압력 조정기
2. 수동 조절밸브

그림 5.1 고온수·증기용 표준사양 압력 조정장치



1. 도출밸브(상한값에 도달시 개방)
2. 안전밸브
3. 도출탱크
4. 통기관
5. 배수장치

그림 5.2 고온수 열매에 대한 압력 안전장치 : 도출장치 접속

상 필요하다(그림 5.2). 안전 장치의 작동에 의한 물손실을 방지하기 위해(특히 큰 접속관의 경우) 그림의 점선과 같이 송수관과 환수관 사이에 도피밸브를 설치하는 경우도 있다.

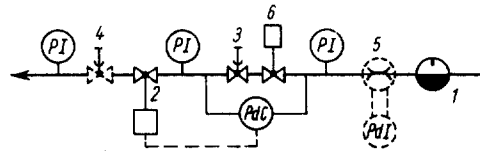
표 5.2 측정·제어·조정기술에 있어서 표시 조합

표시		프로세스량														측정·제어·조정부분의 프로세스량과 기능													
		비조 ·비	비조 ·차	비조 ·표시 ·차	비조 ·표시 ·통합 ·차	비조 ·표시 ·적합 ·차	비조 ·표시 ·적합 ·적분 ·차	비조 ·표시 ·방사능	지시	기 ·록	지시 ·및 ·기록	계 ·수	지시 ·및 ·계수	기록 ·및 ·계수	제 ·어	지시 ·및 ·제어	기록 ·및 ·제어	자시·기 ·록·제어 ·및 ·정보	비상시금 ·차단 ·(자동)	비상시금 ·차단 ·(자동)	지시·경보·및 ·비상시금차단 ·작동(자동)	지시·경보·및 ·비상시금차단 ·작동(자동)	지시·제어·경보 ·및 ·비상시금차단 ·작동(자동)						
		r	d	s	a	q	α, β, γ, n	I	R	IR	S	IS	RS	C	IC	RC	ISC	A	IA	RA	IRCA	E	IAE	RAE	RCAE				
온도	T	-	Td	-	-	-	-	TI	TR	TIR	-	-	-	TC	TIC	TRC	-	-	TIA	TRA	TIRCA	-	-	TRAE	TRCAE				
흐름(체적 또는 질량)	F	Fi	-	Fs	-	Fq	-	FI	FR	FIR	FS	FRS	FC	FC	FIC	FRC	FTSC	FA	FIA	FRA	FIRCA	-	-	FRAE	FRCAE				
보급상태(높이, 용적)	L	-	-	-	-	-	-	LI	LR	LIR	-	-	-	LC	LIC	LRC	-	LA	LIA	LRA	LIRCA	-	-	LRAE	LRCAE				
압력	P	-	Pd	-	Pa	-	-	PI	PR	PIR	-	-	-	PC	PIC	PRC	-	PA	PIA	PRA	PIRCA	-	-	PRAE	PRCAE				
품질특성(점성, 분식, 농도, 수분, 밀도, pH 값, 전도율)	Q	-	-	-	-	-	-	QI	QR	QIR	-	-	-	QC	QIC	QRC	-	-	QIA	QRA	QIRCA	-	-	QRAE	QRCAE				
속도(선형 또는 회전)	S	-	-	-	-	-	-	SI	SR	SIR	-	-	-	SC	SIC	SRC	-	-	SIA	SRA	SIRCA	-	-	SRAE	SRCAE				
질량·형(허중)	W	-	-	-	-	-	-	WI	WR	WIR	-	-	-	-	WIC	WRC	-	-	WIA	WRA	-	-	-	-	-				
운동, 변위, 두께	U	-	-	-	-	-	-	UI	UR	UIR	-	-	-	-	-	-	-	-	UIA	URA	UIRCA	-	-	URAE	URCAE				
행사능	R	-	-	-	-	-	R	RI	RR	RIR	RS	RRS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
기타 프로세스량	X	-	-	-	-	-	-	XI	XR	XIR	-	-	-	XC	XIC	XRC	-	-	XIA	XRA	XIRCA	-	-	XRAE	XRCAE				
단독측정·제어·조정 부분으로서의 제어	H	-	-	-	-	-	-	HI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

기준범위 내에서의 선택

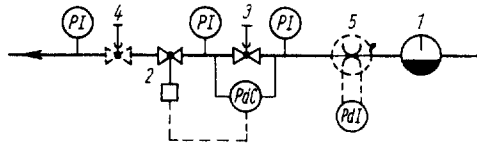
2) 유량 제한 장치

유량 제한 장치는 단지 온도 조정밸브가 열려 있을 때에 필요 이상의 유량이 흐르거나 지역 배관망의 과부하 방지를 위해 사용된다. 유량 제한 장치는, 예를 들면 난방 개시 운전시 건물설비의 난방 접속 출력 이상의 유량이 흐르는 것을 방지하는데 사용되고 있다. 유량 제한 장치는 차압 조정기와 유량조절 부분을 갖추고 있다. 차압 발생기로서 유량조절 밸브(그림 5.3)는 벤츨리관이나 오리피스(그림 5.4)를 설치할 수 있다.



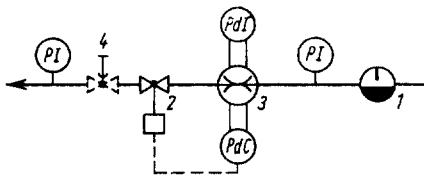
1. 여과기(strainer)
2. 차압 조정기
3. 수동 유량조절 밸브
4. 유량 조절 밸브(비상용 개폐 밸브)
5. 차압조정기 부착 벤츨리관 또는 오리피스
6. 조정밸브

그림 5.5 (고온수 열매)차압조정용에 설정되는 유량 제한 장치



1. 여과기(strainer)
2. 차압 조정기
3. 수동 유량조절 밸브
4. 유량 조절 밸브(비상용 개폐 밸브)
5. 차압 지시기가 붙은 오리피스

그림 5.3 (고온수·온수·응축수 열매)에 대한 신호 발생기로서 유량조절 밸브를 갖춘 유량 제한 장치



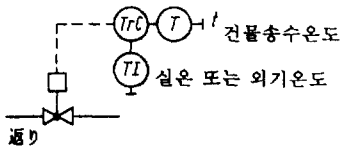
1. 여과기(strainer)
2. 차압 조정기
3. 차압지시기 및 차압조정기에 대해 접속부 벤츨리관 또는 오리피스
4. 유량조절 밸브(비상용 개폐 밸브)

그림 5.4 (열매)신호 발생기로서 벤츨리관이나 오리피스를 갖춘 유량 제한 장치

유량조절용 밸브는 밀폐할 수 있어야 하고, 차압 제어 신호는 유량조절 부분의 상류와 하류에서 얻어진다. 이 부분에는 압력 조정밸브나 온도 조정밸브와 같은 제어 장치도 유량 제한 장치의 작동 능력을 저해하지 않으면 설치할 수 있다(그림 5.5 참조). 예를 들면 건물 난방설비의 1차측 배관망에 필요한 고온수량이 매우 작은 경우에는 온도 조정밸브도 같이 이 유량조절 부분에 설치하는 것이 효과적이다. 이 경우 유량 제한 장치는 개방되므로 온도 조정기는 건물설비의 송수압력과 환수압력과의 전체 차압으로 조작해야 한다. 그러나 큰 차압이 발생하는 경우에는 이 온도조정 방법은 유효성이 감소한다. 순간 유량이나 차압 측정을 위해서는 지시기가 붙은 신호 발생기를 조합시키거나 보조 측정장치를 사용하는 경우도 가능하다.

3) 온도 조정장치

온도 조정은 수요가 설비에 있어 정유량 제어나, 그 외 조합된 요소에 의해 제어되는 지역 배관망 접속에는 항상 필요하다. 그러나 지역 배관망 및 설비의 제어가 동일 요소로 이루어지는 경우에는 온도 조정은 필요하지 않다. 온도 조정은 외기온·실온 또는 건물 송수온도로서 글로브 밸브를 개폐하여, 지역 배관망으로부터의 고온수 공급을 조정하므로써 가장 유효하다(그림 5.6).



TrC는 실온 또는 외기온 보상에 의한 송수 유량 차단기

그림 5.6 온도 조정장치

급격한 온도상승이나 건물 난방 설비의 최대 허용 송수온도를 초월하지 않게 하기 위해 온도 조절기에 제한 신호를 설정해 둔다. 온도 조정밸브는 일반적으로 수요가 스테이션의 환수 부분에 설치된다.

열매가 온수인 경우 글로우밸브 대신에 삼방밸브를 사용하는 특수한 설비는 일반적으로 제어비용을 증가시키므로 삼방밸브의 채용은 최소한 필요한 곳에 사용해야 한다. 삼방밸브의 설치 장소는 수요가 스테이션의 압력 균형에 따라 결정된다. 따라서 삼방밸브의 형식(분류밸브나 혼합밸브)이 결정되는데, 그 설계방법은 글로우밸브 보다 복잡하다. 환수 혼합회로가 단혀져 있는 경우 삼방밸브의 저항을 '엄밀히' 고려하면, 수요가 스테이션의 고온수량이 증가할 때에는 유량 제한 장치에서 차단할 필요가 있다. 이 유량 제한 장치가 단혀짐에 따라 환수 혼합회로가 단혀 주배관 계통에 새로운 나쁜 영향이 미치고, 경우에 따라서는 역 순환이 생기는 것도 고려해야 한다.

일반적으로, 1차측 배관망에서 압력차가 필요하기 때문에 건물난방에 대한(예를 들면 급탕·환기 또는 공조설비와 같은) 주 배관 계통의 접속에서는 글로우밸브 대신 삼방밸브를 사용하지 말아야 한다. 이 경우 삼방밸브의 저항이 고려되지 않을 때에는(지역 배관망 송수계의 폐쇄에서 환수혼합 회로의 폐쇄까지) 여러 작동 범위에서 배관계 특성이 상당히 변하므로 주 배관계통의 압력손실은 거의 동일한 삼방밸브 지관측 압력강하를 2차측 펌프에 주어야 한다. 이것에

의해 펌프의 특성 곡선상 운전점이 변화한다.

5.2.2 증기지역 배관망으로의 접속

1) 압력 제어장치와 압력 안전장치

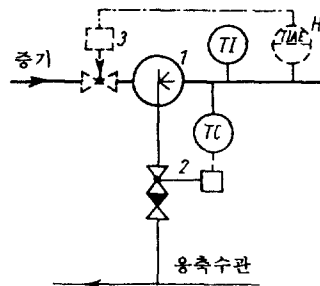
증기 압력제어에는 고온수 또는 온수 접속용 장치(그림 5.1)가 그대로 사용되고 있다. 지역 배관망의 압력이 제어되는 경우에는 압력 측정만으로 충분하다. 압력 안전 장치는 팽창탱크 없이 안전밸브와 배기관으로 이루어지고, 이 경우 배기관은 밸브 부착 없이 대기로 개방되어야 한다. 안전밸브는 유량 측정기보다 하류의 증기배관에 부착된다. 압력 $p=0.05\text{MPa}$ 이하에서는 안전 입상관*으로 충분하다.^{5.3)}

2) 유량 제한 장치

유량 제한은 증기 흐름과 동일하고, 응축수 흐름으로도 이루어진다. 배열은 그림 5.3 및 5.4로 충분하다.

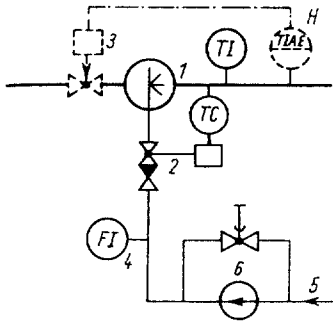
3) 증기 감온 장치

공급되는 증기가 수요가 설비에 대한 허용온도 보다 높은 경우나, 공업 프로세스가 낮은 온도를 필요로 하는 경우 증기 감온 장치가 필요하며, 여기에는 수요가 설비에서 발생된 응축수가 사용된다. 그림 5.7 및 5.8에 나타낸 예에서와 같이 주 수배관의 분지부에서 필요한 응축수량이 전체 부하조건에 확실히 이용될 수 있어야 한다.



1. 주 수냉각기
2. 온도 조정밸브
3. 제어밸브(비상시 급차단 작동용)

그림 5.7 연속 반송식 응축수 배관이 있는 경우의 증기 감온 장치



1. 주물냉각기
2. 온도 조정밸브
3. 제어밸브
4. 유량측정
5. 응축수 탱크에서
6. 주물 물펌프

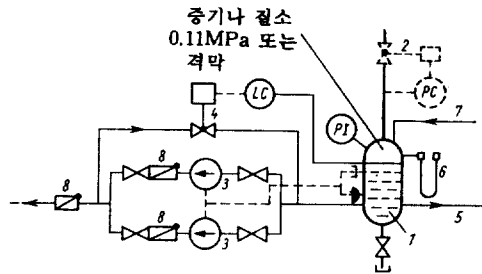
그림 5.8 주물펌프를 설치하여 연속 및 간헐적 반송식 응축수 배관이 있는 경우의 증기 감온 장치

(역주) (그림 5.8)

응축수 배관내의 압력이 증기압력보다 작은 경우, 건물로의 송수 증기온도가 높게 되면 주물펌프 ⑥이 작동하고, 온도 조정밸브 ②를 개방하여 주수냉각기 ①에서 응축수가 분사되어 공급 증기온도를 낮춘다. 송수 증기온도가 낮으면 ②의 밸브가 닫히고, ⑥의 펌프가 정지한다.

* (역주) 독일의 저압 보일러 안전밸브 대신에 사용되는 장치로서 수봉(水封)이 있는 U자관을 사용함

응축수 배관내의 압력이 증기압력 보다도 큰 경우에는 그림 5.7에 표시한 증기 감온 장치가 사용되고, 역으로 응축수 배관내의 압력이 증기압력보다도 작은 경우에는 주물펌프와 같은 적당한 자동절환수단을 갖춘 증기 감온장치(그림 5.8)나, 또는 응축수 펌프로서 주 수압력을 유지하는 응축수 탱크를 갖춘 증기 감온장치(그림 5.9)가 사용된다. 냉각 부족이 발생하는 경우에는 신호 전달장치를 통해 지시할 필요가 있고, 경우에 따라서 비상시 급차단 작동장치(제어밸브)를 증기 공급계에 설치한다.



1. 응축수 탱크
2. 압력 조정장치
3. 응축수 펌프
4. 응축수 탱크 유지장치
5. 주수용 분지관
6. 팽창탱크에 부착한 안전 입상관
7. 응축수 공급측
8. 역지밸브

그림 5.9 (연속 반송용)응축수 반송 장치

(역주) (그림 5.9)

응축수 배관내의 압력이 공급 증기압력보다 작고, 보일러 플랜트에 응축수를 되돌리는데 있어 증기압력이 충분치 못한 경우에 사용된다.

건물 난방설비에서 발생하는 응축수는 응축수 탱크 ①에 유입되고, 여기서 응축수는 증기나 질소에 의해 가압된다. 또한 공기와 차단하기 위해 격막을 설치한다. 응축수의 일부는 주수분지관 ⑤을 통해 그림 5.7에서와 같이 증기감온장치에 도입된다. 나머지 응축수는 응축수 펌프 ③에 의해 보일러 플랜트로 되돌려진다. 이때 응축수 탱크 수위는 응축수 탱크 유지장치 ④에 의해 유지된다.

4) 응축수 반송장치

열발생 장치에서 응축수를 환수하고자 하는 경우에는 증기압력이 충분치 못한 경우 응축수 반송장치가 사용된다(그림 5.9). 여기에는 각 구성 유니트에 적어도 두대 이상의 응축수 펌프를 설치할 필요가 있다.^{5.8)} 펌프는 한 시간당 최대 응축수량으로 선정해야 하며, 펌프 제어는 병렬이나 두대 이상의 대수 제어 펌프로 한다. 응축수 탱크의 보급 상태에 따라 바이패스 제어로 정확한 연속 수송이 이루어진다.

응축수 탱크 ①은 정압 및 부압용 팽창탱

크에 설치된 안전 입상관 ⑥에 따라 조정압력과 비교해서 적어도 $\pm 0.02\text{MPa}$ 의 허용값까지 보호된다.

직접 접촉의 저압 증기난방 설비나 부하 변동이 심한 경우에는 응축수 탱크를 설치

하는 대신 1차측 응축수를 환수하기 전에 가스를 방출할 필요가 있다. 이 경우에는 응축수 온도를 적어도 80°C 이하로 낮추기 위해 가스 방출기 하류에 응축수 냉각기가 보조적으로 설치된다.