

제 2 편 기계설비시스템

출제경향과 대책

건축설비에서 자동제어 시스템의 목적은 빌딩관리자의 합리적인 에너지 이용과 입주자에 대한 쾌적성, 안전성, 에너지절약 등을 실현하는 것이다. 특히 지구 온난화 방지를 목적으로 한 가장 효과적인 수법으로 에너지 절약 및 CO₂ 삭감이고 이 실효성을 향상시키기 위해 자동제어 설비의 역할은 중요하다. 따라서 이 부분은 제어 대상이나 목적을 포함한 자동제어의 기본개념, 하드(hard)적 방식을 나타내는 제어기구 등을 기준으로 제어동작의 개요를 사례로 공부해야 된다고 생각한다. 출제기준도 “전기식, 전자식 자동제어 등 건물 에너지절약 시스템에 대해 이해하고 실무에 적용할 수 있어야 한다.”이다. 2015년 기출문제도 주로 가장 기본적인 하드적인 분야가 출제되었지만 앞으로는 좀더 세밀한 부분까지 출제될 것으로 생각한다.

1. 자동제어설비

제어(control)란 일반적으로 어떤 대상물이 목적에 적합하도록 대상물에 적당한 조작을 가하는 것을 말하며, 제어하는 방법에는 인간의 판단과 조작 의해서 움직이는 수동제어(manual control)와 제어장치에 의해서 자동적으로 움직이는 자동제어(automatic control)가 있다.

자동제어에는 미리 정해진 순서에 의해 제어의 각 단계가 순차적으로 진행되는 시퀀스제어(sequence control)와 물리계 스스로가 제어의 필요성을 판단하여 수정동작을 하는 되먹임제어(feed back control)의 2종류로 나눌 수 있다.

(1) 공조자동제어의 적용대상

- 1) 공기조화기 : 실내온습도 조절기, 실내외의 차압조절기(클린룸, 오염물질 취급실), CO₂ 농도 조절기(외기량 제어), 엔탈피 조절기(외기 냉방용) 등
- 2) 열원기기 : 열원기기 부속제어기기, 군관리운전(郡管理運轉)을 위한 온도조절기, 압력조절기, 유량조절기, 대수제어장치
- 3) 반송계통 : 공기 변유량제어용의 덕트내 압력조절기, 냉·온수 변유량제어용의 압력조절기, 차압조절기

(2) 조절기

1) 전기식 조절기

신호의 전달이나 조작을 전기적으로 행하는 것

- ① 온도조절기(thermostat) : 검출부와 조절부 일체형
 - 실내용 ~ 바이메탈, 벨로즈
 - 배관, 덕트용 ~ 액체봉입식 감온체

- ② 습도조절기(humidistat) : 검출부와 조절부 일체형
- ③ 압력조절기
- ④ 플로 스위치(flow switch)
- ⑤ 플로트 스위치(float switch)

2) 공기식 조절기

신호의 전달이나 조작용 압축공기로 행하는 것으로 검출부와 조절부가 일체로 된 서모스탯 또는 휴미디스탯 등과 각종 센서(sensor)를 접속하는 공기식 콘트롤 등이 사용되고 조절부에는 노즐 플래퍼(nozzle flapper), 또는 볼 밸브(ball valve) 등이 사용된다.

3) 전자식 조절기

전기식에서 특히 전자회로를 사용하는 것으로 검출기에서 입력신호에 의하여 전자회로로서 연산하고 조작신호를 보내는 것으로 제어동작에는 P, PI, PID, 2위치 등이 있다.

2. 공조기의 자동제어

(1) 공기조화기 계통의 자동제어 방식

- ① 쾌적용 공기조화 : 전기식(소규모), 전자식, 공기식 또는 전자공기식(대규모)
- ② 향온, 향습용 공조 : 전자식

(2) 공기조화기의 기본제어동작

1) 온도제어

- ① 정풍량 방식인 경우에는 송풍온도를 제어하고, 변풍량 방식인 경우에는 원칙적으로 송풍온도를 일정하게 제어한다.
- ② 공기조화기의 송풍온도제어는 대표실에 설치한 온도조절기에 의하여 아래 표와 같은 제어를 행한다. 다만 외기처리 전용 공기조화기의 송풍온도제어는 급기덕트 삽입형 온도조절기에 의한다.

	냉온수	증기	전기히터	냉매
일 반 용	비례제어	비례제어	10kW미만 : 2위치제어 (단단 또는 2단)	패키지형 공조기의 경우 : 냉동기의 운전 정지 및 언로터
			10kW이상 : 스텝(다위치)제어, 5단 이상은 사일리스터에 의한 비례제어	
향온 · 향습용	비례제어*	비례제어*	스텝(다위치)제어 또는 사일리스터에 의한 비례제어	위와 같음

[주] *는 조정시간, 옅셋, 초과량 등의 오차를 적게 할 필요가 있을 때에는 미분 · 적분동작을 추가한다.

- 2) 습도제어
- ① 가습제어는 대표실에 설치한 습도조절기에 의하여 2위치 제어한다.
 - ② 가습기는 공기조화기의 송풍기와 인터록을 한다. 따라서 예열시에는 가습을 하지 않도록 공기조화기를 지연 연동운전시킨다.
- (3) 패적공조에서는 공기조화기에 대한 냉각재열, 예열재냉각, 제습재가습, 가습재제습 등은 원칙적으로 하지 않는다.
- (4) 외기처리전용 공기조화기가 없는 경우에 외기가 실내온도에 미치는 영향이 클 때에는 난방시의 최저 토출온도 보상을 고려한다.
- (5) 공기조화기의 운전, 정지, 고장, 전류의 감시는 원칙적으로 현장제어반(field control panel)에서 행한다. 따라서 중앙관제장치가 있을 때에는 원격조작 또는 원격감시를 행한다.
- (6) 패키지형 공기조화기 등에 전기 히터 및 팬형(pan type)가습기를 설치할 경우에는 과열방지를 위한 안전장치로서 송풍기와 인터록을 하고 과열방지용 온도조절기(limit switch)를 설치하여 히터의 전원이 차단되도록 조치한다. 따라서 전기 히터는 운전, 정지 및 사용상태(히터의 단수 등)에 대한 감시를 하고 전기 히터를 정지시킬 때에는 잔열에 의한 국부적인 온도상승 방지를 위하여 송풍기는 지연 정지하도록 제어한다.
- (7) 자동롤형 에어필터, 여제유전형 에어필터 및 전기집진기는 공기조화기의 송풍기와 연동운전으로 하고 감아올리기에 대한 감시제어설비를 갖춘다.
- (8) 화재발생시에는 공기조화기, 송풍기 및 배풍기 등이 화재경보장치의 신호에 의하여 정지할 수 있어야 한다.
- (9) 온도조절기는 발열기기의 근처 또는 직사광선이 비치는 곳은 피하고 기류가 정체하지 않는 곳에 설치한다. 한편, 존 제어(zone control)인 경우에는 해당 존을 대표할 수 있는 방에 설치한다.
- (10) 최상층과 중간층의 방을 동일 존으로 하는 등 부득이 부하특성이 다른 방을 동일계통으로 했을 때에는 양 계통을 대표할 수 있는 방에 제어용 온도조절기를 각각 설치하고 임의로 교체하여 사용할 수 있도록 조치한다. 또한 회의실 등을 사무실과 동일 존으로 묶었을 때에는 임의로 회의실 등에 열공급을 차단할 수 있는 제어기구를 설치해야 한다.
- (11) 외기전용 송풍기 및 외기도입 계통의 전동댐퍼는 예냉, 예열시에 외기가 도입되지 않도록 공기조화기에 대하여 지연 연동운전시킨다. 또한 공기조화기가 정지하면 외기 공급용 송풍기도 정지되고 전동댐퍼가 자동폐쇄하여 건물 내에 자연대류에 의한 외기침입을 방지함으로써 열손실을 방지한다.

- (12) 외기도입 계통 및 배기계통의 덕트에는 과도한 외기가 도입되지 않도록 수동 또는 자동으로 조절되는 장치(전동댐퍼, VAV, CAV 장치 등)를 설치하고 필요하면 외기도입량 측정장치를 추가한다.
- (13) 산정된 설계 재실인원에 비하여 장시간에 걸쳐서 실인원의 감소가 예상될 때에는 외기도입량의 설정변경을 자동 또는 수동으로 할 수 있도록 한다.

3. 열원기기의 자동제어

(1) 공통사항

- 1) 열원기기의 운전은 기기부속반에서 직접 조사해야 한다. 다만, 중앙감시하는 경우에는 중앙관제 제어반에 원격 긴급정지용 스위치를 설치하여 이상시에는 중앙감시반에서도 열원기기를 정지시킬 수 있어야 한다.
- 2) 열원기기의 제어는 열원기기부속반에 설치되어 있는 자동제어장치로 한다.
- 3) 열원기기실에는 지진감지기를 설치(원칙적으로 건축법이 정하는 바에 따른다.)하여 지진발생과 동시에 열원기기의 버너가 정지하고 연료의 차단 및 송유펌프가 정지되도록 한다.
- 4) 열원기기는 원칙적으로 열원기기실의 환기용 송풍기와 인터록시켜야 한다.
- 5) 보일러실 등에 할로젠화물 소화설비를 설치하였을 때에는 불을 사용하는 열원기기, 환기용 송풍기는 할로젠화물 소화설비의 기동조작과 인터록시켜야 한다.
- 6) 오일 서비스 탱크는 다음과 같이 제어한다.
 - ① 오일 서비스 탱크에는 유면제어장치를 설치하여 송유펌프를 발정시킨다.
 - ② 오일 서비스 탱크에 기름이 가득찼을 때에는 유면제어장치에 의하여 표시, 경보되어야 한다.
 - ③ 오일 서비스 탱크에는 감유표시(減油表示) 및 경보장치를 설치하는 경우가 있으며, 이 때에는 비사용기에 정지시킬 수 있도록 회로 중에 정지 스위치를 설치해야 한다.
 - ④ 오일 서비스 탱크가 지하저유조보다도 낮은 곳에 설치되어 있을 때에는 다음 사항을 추가한다.
 - ㉠ 송유펌프의 발정과 연동하여 사이펀 방지밸브가 개폐되어야 한다.
 - ㉡ 오일 서비스 탱크에 기름이 가득 찼을 때에는 유면제어장치에 의하여 환유펌프의 기동과 동시에 송유펌프의 정지, 열원기기 버너의 정지 및 버너에의 급유차단이 행해져야 한다.
 - ㉢ 지하저유조의 주위 배관에 긴급차단밸브를 설치하여 이상시에는 수동스위치 및 지진 감지기의 신호에 의하여 긴급차단밸브가 닫혀야 한다.

(2) 증기 보일러

- 1) 증기 보일러의 급수는 보일러에 부속되는 수위조절기에 의하여 보일러 급수펌프를 발정시켜서 제어한다. 따라서 응축수조가 보일러 수위보다 높게 설치되어 있을 때에는 자연유하를 방지하기 위하여 긴급 차단할 수 있는 전동 볼밸브를 설치하여 보일러 급수펌프와 연동시킨다.
- 2) 응축수조의 감수시에는 보일러 및 급수펌프가 정지되도록 한다.

- 3) 증기 보일러 3대 이상을 사용할 때에는 증기해더의 증기압력을 검출하여 보일러 병렬운전조절기에 의하여 설정된 운전순서 및 대수제어방법에 따라서 부하량에 알맞은 보일러 대수제어를 행한다.
- 4) 응축수조는 다음과 같이 제어한다.
 - ① 응축수조의 보급수는 전극봉에 의하여 전동 2방 밸브를 2위치 제어하며 공급한다.
 - ② 응축수조는 만수 및 감수경보 표시기능이 있어야 한다.

(3) 온수 보일러

- 1) 온수보일러는 온수 순환펌프와 인터록시켜야 한다.
- 2) 팽창수조의 감수시에는 온수 보일러와 온수 순환펌프가 정지되어야 한다.
- 3) 팽창수조는 다음과 같이 제어한다.
 - ① 팽창수조에의 보급수 제어는 원칙적으로 전극봉에 의하여 전동 2방 밸브를 2위치 제어로 한다. 다만, 팽창수조 용량이 적을 때에는 볼탭에 의하여 급수한다.
 - ② 팽창수조는 만수 및 감수경보 표시기능이 있어야 한다.
- 4) 온수계통의 동결이 염려될 경우에는 관내 온수온도를 검출하여 온수 순환펌프가 자동운전 또는 수동운전되도록 한다.

(4) 냉동기의 자동제어

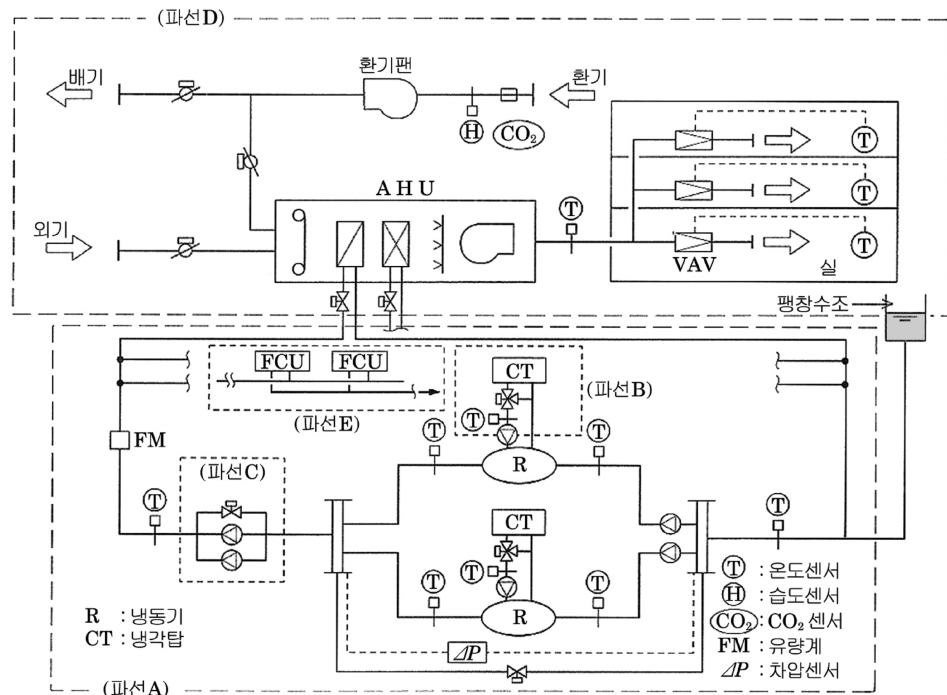
- 1) 열원기기의 발정은 원칙적으로 기기부속 조작반에 의하여 직접 조작할 수 있어야 한다. 다만, 칠링 유닛의 경우에는 동력제어반의 메인 스위치에 의하여 연동 자동운전되도록 제어할 수도 있다.
- 2) 냉동기는 반드시 냉수펌프, 냉각수 펌프, 냉각탑의 팬을 가동시킨 다음 일정시간 경과 후에 시동한다. 또한 정지시에는 냉동기를 정지시키고 일정시간이 지난 다음 냉수펌프, 냉각수펌프, 냉각탑의 팬을 정지시켜야 한다. 다만, 흡수식 냉동기 및 직화식 흡수식 냉온수기에서는 용액 회색운전 정지신호에 의하여 정지시켜야 한다.
- 3) 냉동기, 냉수펌프(냉온수펌프), 냉각수펌프 및 냉각탑의 팬은 원칙적으로 연동운전되어야 한다. 따라서 냉동기는 냉수펌프, 냉각수 펌프, 냉각탑의 팬과 인터록 시킨다.
- 4) 냉동기 2대를 설치할 때에는 냉수환수온도의 설정으로 대수제어를 행하고, 냉동기를 3대 이상 설치했을 때에는 칼로리미터에 의하여 대수제어 한다.
- 5) 냉각탑은 다음과 같이 제어한다.
 - ① 냉각탑을 겨울철에 사용할 때에는 냉각탑 수조 안의 물을 가열하여 동결을 방지한다. 가열방식으로 전기 히터를 사용할 때에는 냉각탑 수조에 수위검지기를 설치하고 전기히터와 인터록시킨다.
 - ② 중간기 및 겨울철에 냉각탑을 사용할 때에는 냉각수 온도를 검지하여 냉각탑 팬의 운전, 정지제어 및 냉각수의 온도를 제어하고 냉각수의 과냉각을 방지한다.
 - ③ 대기오염이 심한 장소, 이끼가 끼기 쉬운 환경에 설치하는 냉각탑은 냉각수의 수질보전을 위하여 전기전도도 감지기, pH검지기, 타이머에 의한 강제 블로장치 또는 약액 주입장치 등을 설치한다. 또한 필요하면 여과장치를 설치하여 냉각수에 혼입되어 있는 분진 또는 슬라임 등을 제거한다.

- 6) 펌창수조의 감수시에는 열원 시스템이 정지되도록 제어한다.
- 7) 축열조의 수위감시는 만수 및 감수경보표시에 의하고 이상시에는 원칙적으로 열원 시스템이 자동정지되도록 제어한다.

(5) 환기용 송풍기의 자동제어

- 1) 각종 가스기구가 설치되어 있는 탕비실의 환기설비는 다음과 같이 제어한다.
 - ① 배풍기의 발정은 각 탕비실에서 수동 위치 또는 기기에 설치된 다이어프램 스위치 및 수압 스위치에 의한다.
 - ② 각 탕비실에는 수동 스위치 조작표시등 및 운전표시등을 설치한다.
 - ③ 각 탕비실의 전동 스위치 또는 배풍기의 기동에 의하여 가스 배관에 설치되어 있는 전자밸브가 개방되도록 한다.
- 2) 지하 주차장에서는 배기가스농도 제어장치에 의하여 환기량을 제어한다.
- 3) 엘리베이터 기계실 및 전기실에 있어서 환기용 송풍기의 운전은 온도조절기에 의하여 자동발정되어야 한다.

4. 아래 계통도는 열원으로부터 공조기까지 나타낸 기본적인 공조시스템의 자동제어 계통도이다. 이 계통도를 기본으로 제어의 목적, 대상, 방법 및 유의점의 개요를 설명한다.



공기조화 시스템의 자동제어 계통도(열원 공조 반송)

1) 열원 시스템

열원기기의 제어는 적절한 COP(Coefficient of Performance)를 확보하면서 적정한 온도의 냉수 또는 온수를 필요량 생산하는 것을 목적으로 한다. 일반적으로 건물의 공조부하는 계절이나 시간, 더욱 사용 방법에 의하여 크게 변동하고 이 변동에 적절히 대응하는 제어가 필요하게 된다. 구체적으로는 위의 계통도에서 파선A로 표시한 부분이 열원시스템에 관한 부분이다. 2차측 소요 열량을 근거로 하여 열원의 대수제어, 냉동기출구(냉수 송수) 온도제어 등을 한다. 또한 냉각탑의 출구온도를 제어하기 위해 팬의 발정제어나 설정온도로 냉각수를 냉동기로 보내기 위해 3방 밸브 바이패스제어 등을 하는 냉각탑제어(파선B)을 한다.

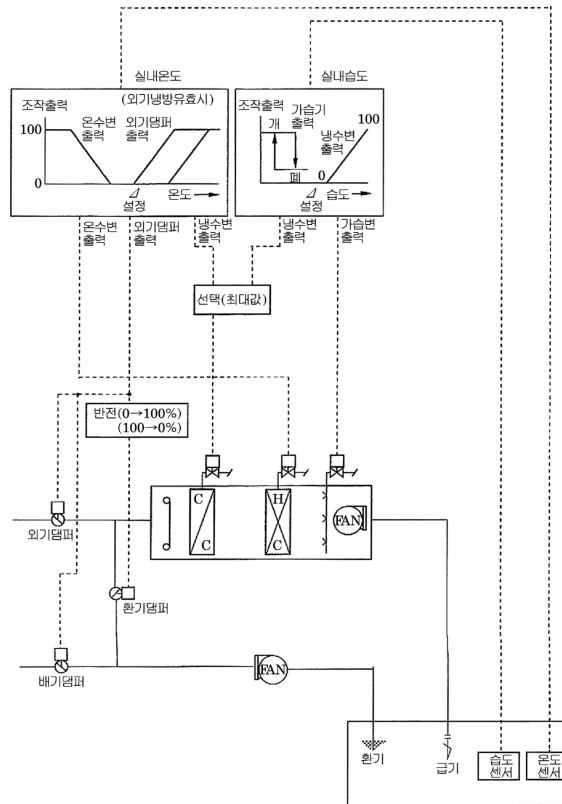
2) 공조시스템

건물 이용자의 요구에 따라서 적정한 온습도나 공기질을 확보하여 효율적인 운전을 하는 것이 공조제어의 주목적이다. 계통도의 파선D의 예와 같이 각 실에 설치된 온도센서를 근거로 VAV장치로 요구공기량을 공급하여 실온을 확보한다. 각 실의 VAV장치로부터의 신호를 바탕으로 소요 풍량을 결정하는 공조기 전체의 풍량제어(팬 회전수 제어) 등의 제어를 행한다. 또한 습도를 확보하기 위해 환기덕트에 설치된 습도센서에 의해 가습기제어 등을 한다. 또한 공조기 제어에는 댐퍼 제어에 의해 적정 외기량을 도입하는 CO₂농도제어나 환기와 혼합한 공기에 대해 냉수밸브 혹은 온수밸브를 제어하여 적정한 온도의 냉풍이나 온풍을 확보하는 급기온도 제어 등이 있다. 기타 최적기동제어, 예열·예냉시 외기도입정지 및 외기냉방 등의 에너지 절약 제어가 행해진다. 한편 FCU제어의 예는 파선E와 같이 설정된 실내온도로 하기위해 2방 밸브 비례제어를 한다. 또한 풍량 설정도 요구에 따라서 자동 혹은 이용자가 행하고, 또한 FCU 정지 시에는 2방밸브 전폐 인터록 제어도 행한다.

3) 수 반송시스템

수 반송시스템의 목적은 부하변동에 따라서 필요한 냉수·온수유량을 공조기나 FCU 등에 효율적으로 공급하는 것이다. 그림에서 파선C의 예와 같이 이차 측 필요유량을 근거로 펌프의 대수제어를 한다. 여기서 이차 측 유량과 함께 배관저항을 사전에 고려한 펌프의 대수제어, 회전수제어 및 과잉압력 방지를 위한 바이패스 밸브 제어를 행한다. 또한 계 전체의 유량조절을 위해 공급헤더와 환수헤더 사이의 차압에 의한 바이패스제어를 행한다.

5. 정풍량 공조방식의 자동제어



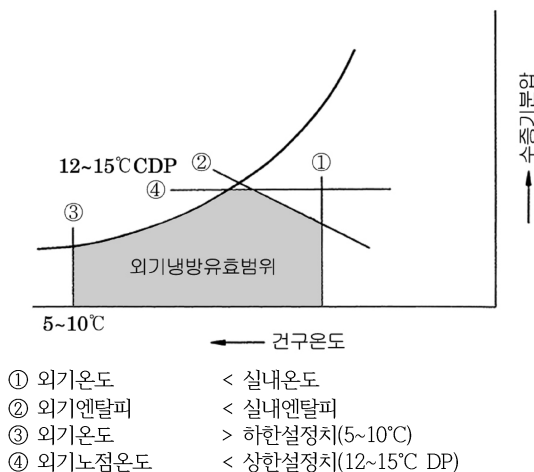
단일덕트 정풍량 방식의 자동제어 계통도

(1) 실내온도제어

실내 또는 환기덕트에 설치된 온도검출기의 출력에 의해 냉수변, 온수변, 외기/환기/배기담퍼를 제어 한다. 냉방부하일 경우에는 실온이 상승하면 외기담퍼, 냉수밸브를 개방하는 방향으로 조작하고 난방부하일 경우에는 실온이 하강하면 온수밸브를 개방하는 방향으로 조작한다. 단, 외기담퍼는 외기냉방이 유효한 경우만 조작하고 무효한 경우에는 환기용 외기량을 도입하기 위하여 최소설정개도로 한다. 또한 배기담퍼는 외기담퍼와 같은 동작을 환기담퍼는 역동작을 한다.

(2) 외기냉방제어

외기가 소정의 조건(그림 참조)의 경우 외기도입량을 증가시켜 냉방을 행한다. 외기의 냉방능력이 부족할 경우에는 냉수밸브 제어를 행한다.



외기냉방 제어의 외기냉방 유효범위

(3) 실내습도제어

실내 또는 환기덕트에 설치된 습도검출기의 출력에 의해 가습부하 시에는 습도저하와 함께 가습 밸브를 개방하고, 제습부하 시에는 냉수밸브를 개방하는 방향으로 제어한다. 또한 제습부하 시에는 냉수밸브는 습도에 의해 우선적으로 제어되기 때문에 실내는 과냉각상태로 된다. 따라서 실내 습도를 일정하게 유지하기 위해 자동적으로 온수변이 개방하는 방향으로 재열을 행한다.

(4) Warming Up제어

실내를 예열·예냉 운전을 행할 때에는 원칙적으로 외기도입을 정지하고 외기부하의 경감과 예열·예냉 운전시간의 단축에 의한 송풍기 동력의 경감을 도모한다. 외기냉방이 유효한 경우에는 통상시와 동일한 제어를 하는 경우도 있다. 또한 덕트내의 결로 방지를 위하여 가습을 금지한다.

(5) 기타의 제어항목

① Inter Lock

급기팬 정지시에는 냉수밸브, 온수밸브, 외기/배기댐퍼, 가습밸브를 전폐하고 환기댐퍼를 전개한다.

② 급기온도 Limit제어

온도전달 지연에 따른 냉방시에는 급기온도가 실내의 노점온도보다 저하하여 취출구에 결로가 발생하고, 또한 난방시에 특히 증기코일을 채용하였을 경우 증기가 과(過)가열 된다. 이것을 방지하기 위해 리밋제어를 채용한다. 급기온도가 설정된 상하한 값에 도달했을 때에 상·하한 값을 초과하지 않도록 하는 제어출력을 실내부하에 의한 제어출력보다 우선하는 제어방식이다.

③ CO₂농도 제어

테파트와 같이 재실인원의 변동이 심한 경우 필요 외기량이 변동할 때 이에 따라서 도입외기량을 증감하는 것으로 CO₂센서로 환기의 CO₂농도를 검출하여 외기량을 제어한다.