

99-NE-02-11-A-01

GOVP 12015789

691,00285  
73737  
v.v

## 건물공조시스템의 통합설계 S/W 개발

Development of the Integrated Computer Software for  
Building Air-conditioning System Design

## 건물공조시스템 설계용 S/W 개발

Development of the Computer Software for Building  
Air-conditioning System Design

(주) 한 일 엠 이 씨  
부설 한일기술연구소

과 학 기 술 부

# 제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “건물공조시스템의 통합설계 S/W 개발” 과제(세부과제 “건물공조시스템 설계용 S/W 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2000. 7. 9

주관연구기관명 : 엔지니어링연구조합

주관연구책임자 : 김 두 천

연 구 원 : 전 경 석

여 명 석

김 철 교

이 용 희

하 승 범

최 철 훈

양 정 철

# 요 약 문

## I. 제 목

건물공조시스템 설계용 S/W 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

건물 공조시스템의 성능은 공조시스템의 구성방식, 제어방식 및 시스템을 구성하는 열원기구나 공조기기의 운전효율에 의해 좌우된다. 따라서 공조시스템의 최적설계와 최적운전이 이루어질 때 쾌적한 환경의 유지와 에너지절약의 목적을 달성할 수 있다.

공조시스템의 최적설계 과정을 살펴보면 건물의 외피요소, 기상조건, 건물사용계획, 내부부하의 변동상황, 공조방식, 제어방식, 각종기기의 운전조건 및 성능, 실내온습도의 설정변동 등 여러가지 조건들을 가정하면서 시뮬레이션 계산을 행하고 검증을 거치면서 만족할 만한 결과에 이를 때까지 여러가지 조건들을 계속 수정하여 반복계산을 행하는 시행착오법에 의존하고 있기 때문에 많은 시간과 노력이 소요된다. 따라서 이러한 작업과정을 고급엔지니어의 인력에 의존하는 것은 경제적으로 불가능하기 때문에 선진국에서는 컴퓨터를 이용한 통합설계가 보편화되고 있다. 이러한 공조시스템의 통합설계 S/W는 설계과정에서의 노력과 시간이 절약될 뿐만 아니라 품질과 생산성을 제고시킬 수 있으며 설계의 최적화에 의한 에너지 절약효과도 매우 크다. 또한 설계과정에서 발생할 수 있는 오차와 오류를 감소시켜 기계설비시설물 등의 부실설계의 가능성을 최소화 할 수 있으며, 설계의 단순 반복과정을 전산화함으로써 설계의 경제성 및 안정성을 향상시키는데 기여할 수 있다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구의 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 자료조사 및 분석
  - 국내외 S/W개발 현황 조사
  - 실무분야의 의견조사 및 분석
2. 최대부하 계산 및 장비선정 프로그램 개발
  - 최대부하계산 알고리즘 및 프로그램 개발
  - 장비선정 알고리즘 및 프로그램 개발
3. 연간부하 계산 및 에너지 계산 프로그램 개발
  - 연간부하계산 알고리즘 및 프로그램 개발
  - 에너지계산 알고리즘 및 프로그램 개발
4. 설계 계산용 Toolkit 개발
  - 습공기 계산 알고리즘 및 프로그램 개발
  - 부하계산관련 Toolkit 알고리즘 및 프로그램 개발
5. 설계자 편의를 위한 프로그램 통합화 연구
  - 통합화를 위한 각 프로그램별 입출력 자료 분석
  - 통합화 환경에 따른 프로그램 수정 및 보완

#### IV. 연구개발결과

본 연구개발결과는 다음과 같다.

1. 최대부하 및 장비선정 프로그램 개발
2. 연간부하 및 에너지계산 프로그램 개발
3. 설계계산용 Toolkit 프로그램 개발
4. 설계자 편의성을 고려한 통합설계 환경 구축

#### V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구결과 개발된 S/W는 상품화하여 건축설비설계회사 및 건설회사에서 실무에 이용할 수 있도록 보급할 계획이며, 관련 대학 등에 아카데미 버전으로 배포하여 교육용 모델로서 활용하도록 하여 활용도 및 파급효과를 높일 계획이다.

또한, 연구결과 개발된 S/W는 실무에 보급한 후에도 신소재와 신기술개발에 의한 설계기법에 따른 계산알고리즘 변화와 프로그램 환경의 발전에 맞추어 지속적으로 수정, 보완하여 항상 보다 향상된 기능의 S/W가 될 수 있도록 할 것이다.

# S U M M A R Y

## I. Title

Development of the Computer Software for Building Air-conditioning System Design

## II. Objectives and Necessity of the Research

The performance of the building air-conditioning system is depend on the types of HVAC system, control system and operating efficiency of the system components.

Therefore, the optimum design and operation is necessary for the energy saving and comfort.

The optimum design of HVAC systems is usually being done by iteration procedures which follows, on assumption of the buildings envelope performances, climate conditions, building operations, internal load changes, air-conditioning system types, control types, working conditions and performance of the components, room temperature & humidity settings etc, calculation and examination of the results in every sequence such as room loads, component loads, plant loads, energy consumptions until the designer could be satisfied. As much time and effort is required for the senior level engineers to do this procedure, an effective engineering tool based on Integrated computer software for the optimum building HVAC system design, which is already widely used in developed countries, should be provided urgently for Korean Engineering Industry.

This computer software enables to be economical design, economical operation, fine sight and environmentally compatible buildings.

### III. Contents and Scope of the Research

Main contents of the study are as follows.

1. Review of the technical data.
2. Development of the software for the building air conditioning load estimation and system design.
3. Development of the software for the building air conditioning system simulation.
4. Development of the basic design tool.
5. Development of the integrated program for convenient user interface environment

### IV. Results of the Research

The results of the research is described at each chapter and summarized as follows.

1. Review of the technical data
  - DOE-2, HASP, E-20 II
  - Elite s/w co. (S/W Set)
  - HVAC2 TOOLKIT

2. Development of the software for the building air conditioning load estimation and system design.
3. Development of the software for the building air conditioning system simulation.
4. Development of the basic design tool.
  - Development of the software for the psychometric chart analysis
  - Development of the software for the moist air process analysis
  - Development of the algorithms for the utilities

#### V. Proposals for Utilization of the Results

The program will be supplied to design companies and construction companies.

The software can be profitably used as education models in university.

After supplied to fields, the software developed as the result of this project will be improved as with more advanced functions, if it is revised according to the changes of the algorithms and the improvement of the software-operating environment due to the designing techniques as advanced material and technology emerge.



# C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction . . . . .	1
Section 1. Necessity . . . . .	1
Section 2. Objectives and contents of the research . . . . .	2
Chapter 2. State of the arts . . . . .	5
Section 1. State of the arts . . . . .	5
Section 2. A problem of the domestic situation . . . . .	7
Chapter 3. Contents and results of the research . . . . .	8
Section 1. Development of Integrated program . . . . .	8
Section 2. Development of the software for the building air conditioning load estimation and system design . . . . .	16
Section 3. Development of the software for the building air conditioning system simulation . . . . .	111
Section 4. Development of the basic design tool . . . . .	297
Chapter 4. Accomplishments and contributions of development . . . . .	331
Section 1. Accomplishments . . . . .	331
Section 2. Contributions of the research . . . . .	332
Chapter 5. Proposal for utilization . . . . .	333
Chapter 6. References . . . . .	334

## < 목 차 >

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	1
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용 .....	2
1. 연구개발의 최종목표 .....	2
2. 1차년도 연구개발 목표 및 내용 .....	2
3. 2차년도 연구개발 목표 및 내용 .....	3
4. 3차년도 연구개발 목표 및 내용 .....	3
제 3 절 연구개발 추진체계 .....	4
1. 추진전략 및 방법 .....	4
2. 추진체계 .....	4
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	5
제 1 절 국내외 연구현황 .....	5
1. 외국의 경우 .....	5
2. 국내의 경우 .....	6
제 2 절 국내기술 현황의 취약성 .....	7
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	8
제 1 절 통합설계 프로그램의 구축 .....	8
1. 통합 설계 프로그램의 필요성 .....	8
2. 통합설계 프로그램의 구성 .....	9
3. 통합 설계프로그램의 입력자료 구성 .....	10
제 2 절 최대부하계산 및 장비선정 프로그램 개발 .....	16
1. 최대부하 계산 알고리즘 개발 .....	16

2. 장비선정 알고리즘 개발 .....	27
3. 프로그램의 개발 .....	101
제 3 절  년간부하계산 및 에너지계산 프로그램 개발 .....	111
1. 년간부하계산 알고리즘 개발 .....	111
2. 공조시스템 알고리즘 개발 .....	167
3. 열원장치 및 기타기기 알고리즘 개발 .....	235
4. 비용분석 알고리즘 개발 .....	261
5. 프로그램의 개발 .....	286
제 4 절  설계계산용 Toolkit 프로그램 개발 .....	297
1. 습공기 계산 프로그램 .....	297
2. 벽의 열취득 .....	307
3. 그림자 계산 S/W개발 .....	320
4. 단위환산 .....	328
제 4 장  연구개발목표 달성도 및 대외기여도 .....	331
제 1 절  연구개발 목표 및 달성도 .....	331
제 2 절  연구개발의 대외 기여도 .....	332
제 5 장  연구개발결과의 활용계획 .....	333
제 6 장  참고문헌 .....	334

## 〈 표 목 차 〉

표 2.1.1	외국의 대표적인 설계계산용 프로그램 .....	6
표 3.1.1	각 프로그램별 공유되는 입력항목 .....	10
표 3.2.1	부하의 종류 .....	16
표 3.2.2	공간부하 열취득 계산식 .....	17
표 3.3.1	공조부하의 구성 .....	112
표 3.3.2	실내부하의 요소별 계산법 .....	113
표 3.3.3	특성행열 요소의 값 .....	117
표 3.3.4	$d_i$ 의 계산식 .....	120
표 3.3.5	$b_i$ 의 계산식 .....	120
표 3.3.6	실전달함수 RTF의 적용방법 .....	121
표 3.3.7	$w_1$ 의 계수값 .....	122
표 3.3.8	조명부하용 $v_o$ 계수 .....	123
표 3.3.9	기타부하용 $v_o$ 계산용 다항식의 계수 .....	124
표 3.3.10	전달벡터의 기준값 .....	127
표 3.3.11	블라인드의 개폐에 따른 투과광속의 가정 .....	130
표 3.3.12	실내마감상태와 광 반사율 .....	131
표 3.3.13	주요도시의 위치 및 지중온도 데이터 .....	138
표 3.3.14	유리창의 외표면열전달계수 $h_o$ 의 비교 .....	151
표 3.3.15	복사차폐계수, SCR .....	159
표 3.3.16	샤시의 극간특성 .....	162
표 3.3.17	조명형식별 .....	163

표 3.3.18	열취득 종류별 복사성분비, .....	166
표 3.3.19	운전상태 및 상태변화를 전달하는 지표 .....	173
표 3.3.20	외기도입의 제어 .....	201
표 3.3.21	냉수코일의 과부하 판정을 위한 입력조건 .....	206
표 3.3.22	습코일의 과부하 판정을 위한 입력조건 .....	211
표 3.3.23	가열코일의 과부하 판정을 위한 입력조건 .....	214
표 3.3.24	직팽냉각코일의 과부하 판정을 위한 입력조건 .....	218
표 3.3.25	직팽 가열코일의 과부하 판정을 위한 입력조건 .....	220
표 3.3.26	펌프의 제어방법에 따른 운전대수 및 입력값 .....	256
표 3.3.27	각 비용분석 방법의 비교 .....	263
표 3.3.28	복리 계산식 .....	269
표 3.3.29	년금복리계산 .....	271
표 3.3.30	공기조화설비의 유지수리비 구성 .....	282
표 3.4.1	포화상태에서의 엔탈피 비교(kJ/kg) .....	230
표 3.4.2	포화상태에서의 비체적 비교( $m^3/kg$ ) .....	301
표 3.4.3	PSYALL의 Subroutine .....	303
표 3.4.4	특성행열 요소의 값 .....	314
표 3.4.5	RF의 계산식 .....	315

## 〈 그림 차례 〉

그림 3.1.1	통합설계프로그램의 계산흐름도 .....	9
그림 3.2.1	공조방식의 종류 .....	29
그림 3.3.1	다층벽의 열전달 .....	114
그림 3.3.2	마루의 평면형태 .....	129
그림 3.3.3	창과 작업대의 위치 .....	131
그림 3.3.4	조도분포와 소등가능범위 .....	134
그림 3.3.5	표준 기상데이터의 양식 .....	135
그림 3.3.6	표준 기상데이터의 실례 .....	136
그림 3.3.7	벽과 태양의 위치 및 차양과 날개벽의 치수 .....	139
그림 3.3.8	일조면적 .....	142
그림 3.3.9	태양과 인근건물의 위치관계 .....	145
그림 3.3.10	2차원 전형태계수의 일반형 .....	145
그림 3.3.11	계산에 사용되는 4종의 2차원 형태계수 .....	146
그림 3.3.12	외벽과 상부차양 .....	146
그림 3.3.13	유리창과 상부차양 .....	146
그림 3.3.14	벽과 양날개벽 .....	147
그림 3.3.15	유리창과 양날개벽 .....	147
그림 3.3.16	외면에서 제물체를 보는 방법의 분류와 값 .....	148
그림 3.3.17	서브시스템의 일반형 .....	170
그림 3.3.18	공조시스템 개략 계산 흐름도 .....	171
그림 3.3.19	서브시스템의 계산순서와 정보전달 .....	172

그림 3.3.20 정풍량 단일 덕트방식 .....	181
그림 3.3.21 CAV 방식에서 팬, 덕트 등의 장치 부하를 고려한 습공기 과정 .....	182
그림 3.3.22 정풍량 공조시스템의 계산 흐름도 .....	184
그림 3.3.23 변풍량 단일덕트 시스템의 구성도 .....	186
그림 3.3.24 변풍량 공조시스템의 계산 흐름도 .....	189
그림 3.3.25 이중덕트시스템의 구성도 .....	191
그림 3.3.26 냉온수 코일의 처리 프로세스 .....	203
그림 3.3.27 제습 코일의 모델 .....	206
그림 3.3.28 건코일 및 습코일과 등가단순코일 .....	208
그림 3.3.29 습코일의 모델 .....	212
그림 3.3.30 가열코일의 모델 .....	214
그림 3.3.31 직접팽창 코일의 처리 프로세스 .....	216
그림 3.3.32 과부하시 가습점의 수정 .....	222
그림 3.3.33 환기운전시의 실과 공조기 .....	227
그림 3.3.34 냉온 동시취출의 능력배분 .....	245
그림 3.3.35 한계수온에 의한 출구수온 수정 .....	247
그림 3.3.36 냉각탑의 습전열 모델 .....	248
그림 3.3.37 축열조의 계산 모델 .....	252
그림 3.3.38 LCC 항목의 내역 .....	262
그림 3.3.39 건설비의 비교 .....	265
그림 3.3.40 소비에너지 비용의 비교 .....	265
그림 3.3.41 LCC의 차액과 사용기간 .....	265
그림 3.3.42 사용년수와 평균년가 .....	267

그림 3.3.43	현재가치의 개념도 .....	268
그림 3.3.44	LCC 계산의 흐름도 .....	276
그림 3.3.45	프로그램의 구성 .....	286
그림 3.3.46	사용자 편의 시스템 .....	287
그림 3.3.47	에너지계산(BES 2000)의 계산 흐름도 .....	288
그림 3.3.48	에너지계산(BES 2000)의 메뉴시스템 .....	289
그림 3.3.49	자료입력화면 .....	290
그림 3.3.50	화면출력 예 .....	291
그림 3.3.51	메뉴구조 .....	292
그림 3.4.1	TFrame 구조 .....	302
그림 3.4.2	함수의 흐름도 .....	302
그림 3.4.3	습공기 상태량 계산 예제 화면 .....	304
그림 3.4.4	열관류율 입력화면 .....	308
그림 3.4.5	열관류율의 출력화면 .....	309
그림 3.4.6	벽체의 응답계수 .....	310
그림 3.4.7	응답계수의 중간계산값 .....	317
그림 3.4.8	응답계수의 출력화면 .....	318
그림 3.4.9	전도전달함수의 출력화면 .....	319
그림 3.4.10	입력화면의 예 .....	324
그림 3.4.11	벽과 태양의 위치 및 차양과 날개벽의 치수 .....	325
그림 3.4.12	계산예제의 출력화면 .....	327



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 필요성

에너지 자원의 부족으로 에너지 자원의 해외 의존도가 90%를 초과하고 있는 국내 실정에서, 국가 경제발전과 국제수지 개선을 위하여 에너지 절약은 산업의 모든 분야에서 추진되고 있다. 특히 최근 국제적인 고유가 상황이 지속되고 있어 에너지절약 기술의 개발은 매우 중요한 의미를 갖고 있다.

건축물에서 소비되는 에너지사용량은 전체에너지 사용량의 33%에 이르고 있으며, 건축물은 타 산업분야에 비하여 내구연한이 길고 교체가 어려운 특성이 있다. 또한 건물이 완공된 후에는 에너지절약이 주어진 시설의 효율적 사용 및 관리에 국한되는 특성이 있기 때문에 설계단계에서부터 에너지절약을 위한 최적설계가 이루어져야 최대의 효과를 얻을 수 있다.

건물에서의 에너지 소비는 실내환경을 쾌적하게 유지하기 위한 냉·난방 에너지의 사용이 대부분이다. 이러한 건물 공조시스템의 성능은 시스템의 구성방식, 제어방식 및 시스템을 구성하는 열원기구나 공조기기의 운전효율에 좌우되므로 시스템의 최적설계와 최적인전이 수반되어야만 최종 목적인 쾌적한 환경의 유지와 에너지 절약효과를 달성할 수 있다.

공조시스템의 최적설계 과정은 건물의 외피요소, 기상조건, 건물사용계획, 내부부하의 변동상황, 공조방식, 제어방식, 각종 기기의 운전조건 및 성능, 실내온습도의 설정변동 등 여러가지 조건들을 가정하면서 시뮬레이션 계산을 행하고 검증을 거치면서 만족할 만한 결과에 이를 때까지 여러가지 조건들을 계속 수정하여 반복 계산을 행하는 시행착오법에 의존하고 있기 때문에 엄청난 시간과 노력이 소요된다. 따라서 이러한 작업과정을 고급엔지니어의 인력에 의존하는 것은 경제적으로 불가능하기 때문에 선진국에서는 컴퓨터를 이용한 통합설계가 보편화되고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 이 부문에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있으며, 외국의 프로그램을 도입 이용하고자 하더라도 국내의 실정에 적합하지 않아 이용이 불가능한 상황이다.

공기조화·냉동공학회에서 장비선정프로그램과 에너지계산 프로그램을 개발하였으나 현장의 설계실무자가 사용 가능한 설계계산용 통합 S/W는 없는 실정이다. 이러한 설계 계산용 통합 S/W는 설계과정에서 발생할 수 있는 오차와 오류를 감소시켜 기계설비시설물 등의 부실설계 가능성을 최소화 할 수 있으며, 설계의 단순 반복과정을 전산화함으로써 설계의 경제성 및 안정성을 향상시키고, 나아가 환경친화적 시설물의 확보에 기여할 수 있으므로 설계계산용 통합 S/W의 개발이 시급히 요구되고 있다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 최종목표

건물공조시스템의 통합설계를 위한 국내실정에 부합되는 설계용 S/W의 개발

### 2. 1차년도 연구개발 목표 및 내용

#### 가. 자료조사 및 분석

- 국내외 S/W 개발 현황 조사
- 실무분야의 의견조사 및 분석

#### 나. GUI 환경 설정

- 프로그램의 사용환경 설정
- 메뉴구조 설정

#### 다. Toolkit 프로그램 개발

- 습공기 알고리즘 및 프로그램 개발
- Toolkit 알고리즘 개발

### 3. 2차년도 연구개발 목표 및 내용

#### 가. 알고리즘 개발

- 최대부하 계산 알고리즘 개발
- 장비선정 알고리즘 개발

#### 나. 프로그램 개발

- 최대부하 계산 프로그램 개발
- 장비선정 프로그램 개발

### 4. 3차년도 연구개발 목표 및 내용

#### 가. 알고리즘 개발

- 연간부하 계산 알고리즘 개발
- 연간 에너지 계산 알고리즘 개발

#### 나. 프로그램 개발

- 연간부하 계산 프로그램 개발
- 연간 에너지 계산 프로그램 개발

#### 다. 통합 프로그램의 개발

- 프로그램의 통합화 방안 연구
- 통합 프로그램 개발

### 제 3 절 연구개발 추진체계

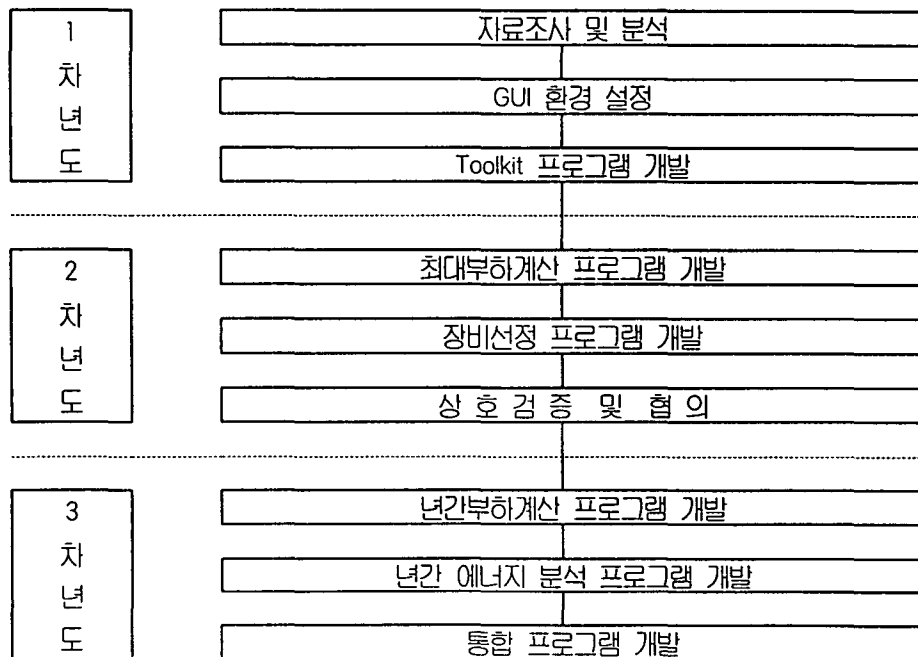
#### 1. 추진전략 및 방법

국내의 설비설계회사의 실무현황과 의견 수렴을 통한 실무용 통합설계 S/W의 기능을 설정하고, 이와 연계 가능한 기본자료를 수집하여 우리 현실에 맞는 설계용 S/W를 구성한다. 국내에 사용중인 공조방식의 종류와 공조기기의 성능에 대해서는 국내 제조업체의 관련자료와 외국의 데이터를 비교, 분석하여 적용한다.

통합설계 프로그램은 국내외 각 설계사무소의 현황을 파악, 검증한 후에 기준을 제시한다. 본 연구는 공조시스템의 통합설계 S/W 개발로 세부과제간 긴밀한 상호협 의와 검증을 거쳐 연구를 진행한다.

#### 2. 추진체계

연구개발 추진체계는 다음과 같다.



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내외 연구현황

#### 1. 외국의 경우

동적 열부하 계산법의 대표적인 프로그램으로 일본에서는 응답계수법을 이용한 HASP/ACLD-8001, 미국에서는 응답계수법에 전달함수법을 가미한 에너지성의 DOE-2 등의 전산프로그램 등이 이용되고 있으며, 상용으로 시판되고 있는 전산 프로그램 패키지는 300여개에 이르고 있다. 일본의 HASP/ACLD-8001은 BASIC으로 된 MICRO/HASP/1982로도 개발되었으며, 최근에는 그 일부를 수정 보완하여 열부하계산 프로그램인 HASP/ACLD-8501과 공조시스템의 표준 시뮬레이션 프로그램인 HASP/ACSS-8502를 개발하여 보급하고 있다.

한편 미국에서는 지금까지 사용해 오던 DOE-2.1C(1984)를 수정하여 DOE-2.1E를 보급하고 있으며, DOE-2.1D에 의한 마이콤용의 MICRO-DOE2, ADM-DOE2 등이 보급되어 있다.

또한, 설계 실무용으로는 Elite Software 사의 습공기계산용 PSYCHART 등 22개로 된 PC용 S/W 등이 있으며, ASHRAE의 HVAC2 Toolkit 등이 보급되고 있다.

외국의 대표적인 설계계산용 프로그램은 표 2.1.1과 같다.

표 2.1.1 외국의 대표적인 설계계산용 프로그램

프로그램명	개발자	용도	평가
DOE-2	미국 NBS	연구용(정밀계산용)	대형 컴퓨터용으로 매시간별 동적계산 방법이며, 사용이 매우 복잡하여 주로 연구용으로 이용된 다. 전문가가 필요하다.
TRNSYS	미국 Wisconsin Madison Univ.	연구용(기기, 시스템 시뮬레이션)	
TRACE	미국 TRANE Co.	상업용	
HASP	일본 공기조화· 위생공학회	동적열부하계산	
BESA	(캐나다)CANDAPLAN RESOURCES, INC.	개보수, 진단용	PC용 프로그램이나 우리실정에 맞지 않 고, SOURCE CODE를 알 수 없으며, 신뢰 도를 확인하기가 어 렵다.
BUILDSYM	(스웨덴)FLAKT AB	상업용	
TrakLoad	(미국)MORGAN	상업용(진단용)	

## 2. 국내의 경우

국내의 경우에는 아직 공조분야의 학회나 협회 등에서 정한 열부하 계산법이 없기 때문에 외국에서 개발된 계산기법이나 설계자료를 원용하고 있는 실정이었으나 최근에 장비선정프로그램과 에너지계산프로그램을 개발하였으나 실무에는 사용되지 않고 있다.

몇몇 설비관계 실무회사에서는 개별적으로 프로그램을 개발하여 사용하고 있으나, 기능이 한정적이고 신뢰성이 떨어지는 경우가 대부분이다.

국내 설계사무실에서 가장 많이 사용되는 프로그램으로는 장비선정용으로 장한기술산업(주)의 LOADSYS가 대표적이며, 실무용 Toolkit으로는 디씨에스사의 CO-ME가 있으나, 이것은 도면작성에 국한되어 있다.

국내에 사용되는 설계지원용 프로그램을 구분하여 정리하면 다음 표와 같다.

구 분	S/W 명	개 발 자	컴퓨터 환경	실무 사용여부	비 고
최대부하계산 S/W	LOADSYS	장한기술(주)	DOS용	사용중	'89년 개발
	LOADCALC	공기조화·냉동공학회	WINDOW용	사용안됨	'96년 개발
년간에너지계산 S/W	BES2000	공기조화·냉동공학회	WINDOW용	사용안됨	'99년 개발
도면자동화 S/W	PRIME	배영 TECH	-	일부사용중	
	SPACE MANIA	제로 시스템	-	일부사용중	
	CO-ME CAD	대신 컴퓨터 시스템	WINDOW용	다수사용중	

## 제 2 절 국내기술 현황의 취약성

국내에서도 공기조화·냉동공학회가 최대부하계산 및 장비선정 프로그램과 년간 부하계산 및 에너지계산용 시뮬레이션프로그램을 개발하였으나 실무에서는 사용되지 않고 있다. 또한, 실무현장에서 외국의 S/W를 사용하려고 해도 기상조건, 건물의 사용실태, 건축재료의 열특성, 기기·장비의 효율, 공조설비방식, 운영방식, 에너지 가격체계 등등 여러 가지 상이한 조건 때문에 겪게 되는 많은 애로사항이 있어 사용이 어렵고, 국내에는 아직 설계실무자에게 필요한 설계계산용 통합설계 프로그램은 개발된 것이 없다. 따라서 실무적으로 사용이 가능한 Elite Software 사의 S/W 셸과 ASHRAE HVAC2 Toolkit과 같은 S/W의 개발이 시급히 요구되고 있으며, 설계업무의 체계화 및 표준화를 위한 설계의 계획과 실행과정의 통합화가 필요하다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 통합설계 프로그램의 구축

#### 1. 통합 설계 프로그램의 필요성

설계과정은 건축물을 구성하고 있는 미적요소, 기능적요소, 에너지적요소, 시공성 등 다양한 분야와 관련된 정보에 대한 일련의 의사결정 과정으로 볼 수 있으며, 설계과정에 참여하는 건축가와 각 분야의 전문가들은 그들의 경험과 축적된 자료를 함께 공유하고 협력함으로써 최적의 설계안을 작성할 수 있다.

그러나 실제로 설계과정은 다양한 전문분야가 상호 유기적으로 결합되지 못하고, 오히려 각각 독자적인 업무체계와 설계 단계별로 구분되어 진행되는 업무구조를 이루고 있어 업무의 효율적인 수행이 불가능하며, 각 분야의 전문성이 최대한 활용된 우수한 설계안을 기대하기 어려운 실정이다. 이러한 설계과정의 문제점들을 해결하기 위하여 각 분야간 통합적인 설계방법을 필요로 하게 되었으며, 이를 위해서 설계에 참여하는 각 전문분야별로 사용되는 프로그램간의 원활한 정보교환이 가능하도록 하는 통합설계 프로그램의 구축이 필수적이라 하겠다.

건물에너지 분야에서는 설계 초기단계의 의사결정이 에너지 소비에 상당한 영향을 미치게 됨으로, 설계과정에서 각 분야간의 끊임없는 의사교환을 통해 유기적으로 건물에너지에 대한 고려를 하는 것이 매우 중요하다. 그러나 일반적으로 에너지 해석 프로그램을 운영하기 위해서는 상당한 경험과 지식이 요구되는 등 그 전문적인 업무특성으로 인하여 설계과정에 유기적으로 결합되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 에너지 효율적인 건물을 설계하고 운영하기 위해서는 설계 및 에너지해석 프로세스의 통합이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 도면작도 프로그램과 장비선정 프로그램, 에너지해석 프로그램, 공조기기 데이터베이스를 종합적으로 이용할 수 있는 통합설계프로그램을 구축하고자 한다.



## 2. 통합설계 프로그램의 구성

본 프로그램은 사용자의 편의성을 최대한 고려하여 설계 계산시에 반복적으로 입력되는 요소들을 분석하여 입력자료가 최소가 되도록 하였다. 이러한 반복되는 입력자료는 한번의 입력으로 다음계산에 이용될 수 있도록 하는 공통DB의 개념으로 프로그램을 구성하였다.

주요한 계산 흐름은 다음의 그림과 같이 자동작도 S/W에서 작성한 도면자료를 장비선정 프로그램에서 사용하고 여기서 저장된 파일을 이용하여 에너지 계산을 실행하도록 되어 있다.

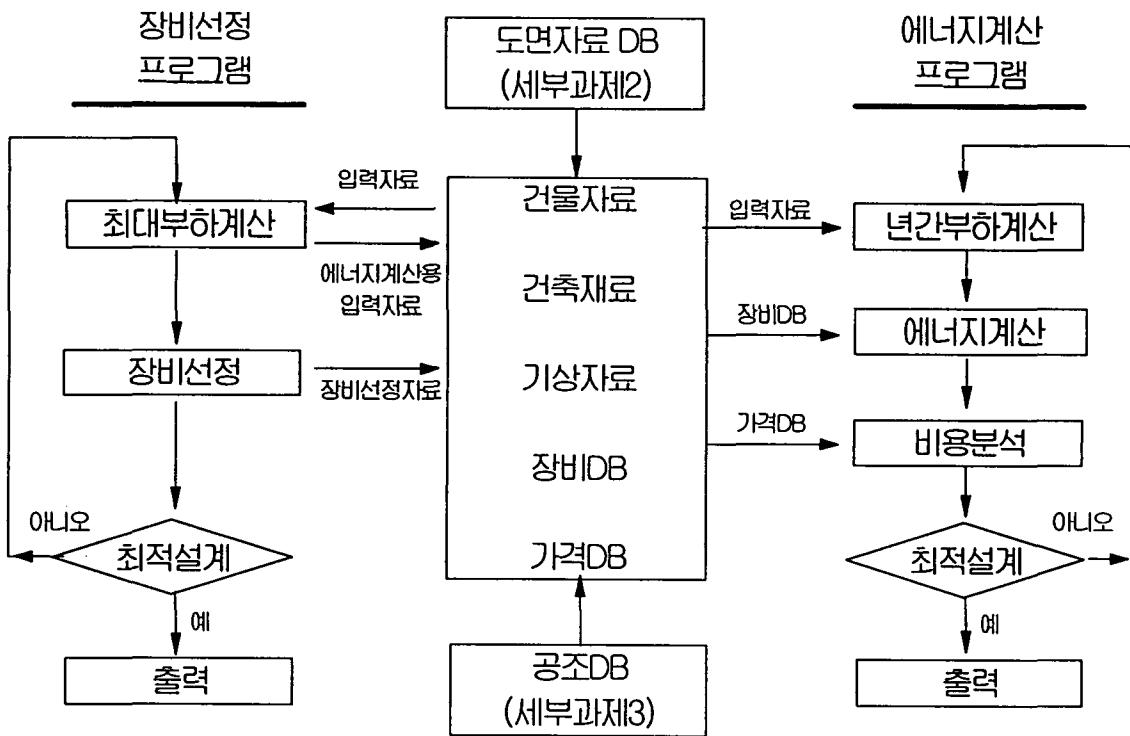


그림 3.1.1 통합설계 프로그램의 계산 흐름도.

### 3. 통합 설계프로그램의 입력자료 구성

본 연구에서는 각 프로그램간의 입력항목을 최소화하기 위하여 공통되는 입력항목을 공유하여 사용할 수 있도록 하였다. 다음 표 3.1.1 은 각 프로그램 별로 공유되는 입력 항목을 표시한 것이다.

표 3.1.1 각 프로그램별 공유되는 입력항목

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	비 고
프로젝트 정보		PROJ. 번호		
		Rev. 번호		
	건물명	건물명	건물공통자료/작업명	
	건물위치	건물위치		
		건물개요		
		설계자		
	도시명	도시명	/도시코드	
		지면반사율	/지면반사율	
		건물자료		
		부하계산 안전율 (냉방 현열, 잠열, 난방)		
기상자료		건물높이	/건물높이	
		도시명	건물공통자료/지명	Library
		위도	/위도	Library
		경도	/경도	Library
		표준시경도	/표준경도	Library
		표고		Library
		냉방계산월		Library
		냉방설계외기건구온도		Library
		난방설계외기건구온도		Library
		냉방설계외기절대습도		Library
		난방설계외기절대습도		Library
			/불역층온도	Library
			/지표면온도년교차	Library
			/한계직달일사열취득	
			/기준건구온도	
		/기준상대습도		
		/예비계산개시		
		/본계산개시, 종료		

(계속)

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	비 고
건축재료		건축재료번호	재료선택인도우/	Library
		건축재료명	/재료명	Library
		열전도율	/열전도율	Library
		비열	/비열	Library
		밀도	/밀도	Library
건물자료/ 지붕		지붕명칭	외벽재료/코드명	
		외기측 재료의 단파흡수율 (0.4 ~ 0.8)		
		재료명	/재번	
		두께	/두께	
외벽자료		외벽명칭	외벽재료/코드명	
		외기측 재료의 단파흡수율		
		재료명	/재번	
		두께	/두께	
창문자료		창문명칭	유리창재료/유리종류	
		내부차폐종류	/차폐종류	
		여름열관류율	/열관류율	
		겨울열관류율		
		차폐계수	/차폐계수	
		유리데이터(참고용)		
바닥자료		바닥명칭	지중벽, 바닥/코드명	
		재료명	/재번	
		두께	/두께	
간막이자료		간막이명칭	내벽재료/코드명	
		재료명	/재번	
		두께	/두께	
지중벽		지중벽명칭	지중벽바닥/코드명	
		재료명	/재번	
		두께	/두께	
외부차폐		외부차폐번호		
		외부차폐 TYPE		
		OverHang의 치수		
		SideFin의 치수		
스케줄자료		스케줄명	일간스케줄	
		부하율		
			주간스케줄	
			특별휴일	

(계속)

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	
방위등록	방위명	방위명	외면방위형태/ 코드명	Library
	방위각	방위각	방위각	Library
	경사각	경사각	경사각	Library
			차양길이	
			인접건물거리/높이	
			창하/창고/창폭	
			좌벽/창폭/우벽	
			날개벽왼쪽/오른쪽	
출력제어			출력제어/출력형식, 기간	
실내조건		실내조건종류		Library
		사용조건/ 사용시간 실내공기순환율코드		Library
		침입외기/ 여름, 겨울		Library
		실내온습도조건/ 냉방, 난방		Library
		조명발열/ 일반조명, Ballast, 작업조명, Ballast		Library
		인체발열/ 인원수, 현열, 잠열		Library
		기기, 기타발열/ 기기발열, 복사성분 기타현열, 복사성분 기타잠열		Library
		스케줄종류/ 인체, 일반조명, 작업조명 기기, 기타		Library

(계속)

(계속)

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	비 고
실별부하/ 일반조건	실명	실명	실별자료/실명칭	
	동일실의갯수	동일실의갯수	실별자료/동일실수	
		소속터미널번호		
		소속공조기번호		
		실내조건종류		
	실면적	실면적/ 가로, 세로, 천정고 지상고	실별자료/ 면적, 층고, 천장고, 지상고, 마루중량	
		사용조건/사용시간, 실내공기순환율코드	실별자료/ 공기순환율코드	
		실내온습도조건/ 냉방, 난방		
		플레넘부하/ 지붕, 외벽, 조명 RA %		
		실내배기량		
		최소급기풍량		
			실별자료/주간스케줄명	
			실별자료/주광이용실내마감코드	
			실별자료/소등범위	
			실별자료/조명실전달합수코드	
실별부하/ 외벽자료	방위	방위	외벽, 지붕/외면방위형태코드	
		외벽종류	재료코드명	
	가로/세로	가로/세로	면적	
			일사흡수율	
			장파방사율	
실별부하/ 지붕			외벽, 지붕/외면방위형태코드	
		지붕종류		
	가로/세로	가로/세로	면적	
			일사흡수율	
			장파방사율	
		동일갯수		

(계속)

(계속)

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	비 고
실별부하/ 창문	방위	방위	유리창/외면방위형태코드명	
		창문종류	/입력양식, 재번	
	갯수	갯수		동일갯수
		외부차폐종류	/차폐종류, 차폐계수	
	가로/세로	가로/세로	/면적	
			/주광이용시 벽면길이	
			/주광이용시 창대고	
실별부하/ 간막이		간막이종류	내벽천장마루/재료코드명	
	가로/세로	가로/세로	/면적	
		냉방온도차, 난방온도차		
			/인접실조건	
실별부하/ 바닥		바닥종류	지중벽, 바닥/재료코드명	
	가로/세로	가로/세로	/면적	
		냉방온도차, 난방온도차		
실별부하/ 지중벽		지중벽종류	지중벽, 바닥/재료코드명	
	가로/세로	가로/세로	/면적	
		냉방온도차, 난방온도차		
실별부하/ 인체		인구밀도/인원수	인체/인구밀도, 인원수	
		현열	/현열	
		잠열	/잠열	
		스케줄종류	/일간스케줄코드명	
실별부하/ 조명		m <sup>2</sup> 당발열/발열량	조명/전기용량	
		Ballast 계수		
		스케줄종류	/일간스케줄코드명	
			/환기부하제거비	
		실내조도	/실내조도	
실별부하/ 작업조명		m <sup>2</sup> 당발열/발열량	작업조명/전기용량	
		Ballast 계수		
		스케줄종류	/일간스케줄코드명	
		조명형식	/조명형식	

(계속)

(계속)

분류	자동작도	최대부하 및 장비선정	년간부하 및 에너지계산	비 고
실별부하/ 기기		㎡당발열/발열량	기기/전기용량	
		복사성분		
		스케줄종류	/일간스케줄코드명	
			/현열비	
실별부하/ 기타		㎡당현열/현열량	기타기기/발열량	
		복사성분		
		스케줄종류	/일간스케줄코드명	
		㎡당잠열/잠열량		
		스케줄종류		
			/현열비	
			/열원방식	
실별부하/ 침입외기 (냉난방)		냉방/ 환기횟수/면적당풍량	침입외기/계산양식(1) /환기횟수	
		난방/ 환기횟수/면적당풍량		
			/샤시특성지수	
			/크랙길이	
가구			가구/현열용량	
			/잠열용량	

(끝)

## 제 2 절 최대부하계산 및 장비선정 프로그램 개발

### 1. 최대부하 계산 알고리즘 개발

#### 가. 개 요

공기조화 부하란 실내에서 목적하는 온도 및 습도를 유지하기 위하여, 공기의 상태에 따라 냉각, 가열, 감습, 가습 등을 하는데 필요한 열량을 총칭하는 것으로, 이 중에서 가열하여야 할 부하를 난방부하(heating load), 냉각하여야 할 부하를 냉방부하(cooling load)라고 한다.

부하계산의 목적으로는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

- ① 장비의 선정 및 HVAC 시스템 디자인을 위한 자료를 제공한다.
- ② 부하를 감소시키기 위한 최적의 가능성을 평가할 수 있는 자료를 제공한다.
- ③ 시스템 설계, 운전 및 제어에 필요한 부분부하의 분석을 제공한다.

공기조화 부하의 종류는 표 3.2.1과 같이 실부하(室負荷)와 장치부하(裝置負荷)로 구분할 수 있으며, 실부하는 다시 외피부하와 내부부하로 구분된다. 난방부하의 경우에는 부하를 감소시키는 요소들은 일반적으로 고려하지 않는다. 공기조화 부하 계산 절차의 흐름은 그림 3.2.1과 같다.

표 3.2.1 부하의 종류

부하의 종류		내 용	냉 방 부 하		난 방 부 하	
			현 열	잠 열	현 열	잠 열
실부하	외피부하	외피 전열 부하	○		○	
		일사 부하	○			
		침기 부하	○	○	○	○
	내부부하	조명 발열 부하	○			
		인체 발열 부하	○	○		
		기기 발열 부하	○	○		
장치부하	환기 부하	○	○	○	○	
	송풍기 부하	○		○		
	덕트의 열손실	○		○		
	재열 부하	○		○		



나. 최대부하계산 알고리즘

공간의 상세한 냉방부하계산은 복잡한 과정으로 여러가지 형태의 열취득(예를들면, 태양열, 외피를 통한 열전도, 인체, 조명, 기기의 발열)과 그 때 일어나는 복사 및 대류현상, 그리고 축열체의 축열 및 방열을 포함하게 된다. ASHRAE는 전달함수법(Transfer Function Method : TFM)을 기본 부하계산법으로 사용하고 있다.

TFM에 의한 부하계산은 두 가지의 중요한 개념인 전도전달함수(Conduction Transfer Functions : CTF)와 실전달함수(Room Transfer Function : RTF)에 근거하고 있다. 그러나, 본 연구에서는 벽체의 전도열취득 알고리즘으로 ASHRAE의 CTF 대신에 계산이 간편한 응답계수법을 이용하였다. 표 3.2.2는 공간의 열획득 계산 방법을 요약한 것이다. 부하계산은 공간의 열획득 계산, 열획득에 대한 공간부하 계산, 실온 및 실질부하의 계산으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

표 3.2.2 공간부하 열취득 계산식

냉방부하의 분류	부하요소 및 내용	계산식
외피부하	지붕, 벽체를 통한 열획득	$q_{e, \theta} = A \left[ \sum_{n=0} Y_n \cdot (t_{e, \theta-n\delta}) \right]$
	창문을 통한 열획득	전도 $q = K \times A \times (t_o - t_i)$ 일사 $q = A \times (SC) \times (SHGF)$
	칸막이, 천정, 바닥을 통한 열획득	$q = K \times A \times (t_b - t_i)$
내부부하	재실인원 열획득	현열 $q_{sensible} = N_o \times (Sens. H. G.)$ 잠열 $q_{latent} = N_o \times (Lat. H. G.)$
	조명 열획득	$q_{el} = W \times F_{ul} \times F_{sa}$
	기기 열획득	현열 $q_{sensible} = q_{is} \times F_{ua} \times F_{ra}$ 잠열 $q_{latent} = q_{il} \times F_{ua}$
	동력사용 열획득	$q_p = P \times E_f$
환기부하	환기 및 침기에 의한 열획득	현열 $q_{sensible} = 1.23 \times V \times (t_o - t_i)$ 잠열 $q_{latent} = 3010 \times V \times (W_o - W_i)$ 합 $q_{total} = 1.20 \times V \times (H_o - H_i)$

(가) 공간의 열획득 계산

공간의 열획득은 공간내로 들어온 열과 공간내부에서 발생한 열량의 합이다. 열획득은 공간내로 들어오는 방식과 현열 또는 잠열획득에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

① 외벽 또는 지붕을 통한 열획득

외벽 및 지붕을 통한 열획득량은 다음 식과 같이 CTF 계수를 사용하여 계산한다.

$$q_{e,\theta} = A \cdot \sum_{n=0}^7 Y_n \cdot t_{e,\theta-n\delta} \quad (3.2.1)$$

여기서,  $q_{e,\theta}$  : 벽 또는 지붕을 통한 실의 열획득량(W)

$A$  : 벽, 지붕의 실내표면적 ( $m^2$ )

$\theta$  : 시각 (hour)

$\delta$  : 시간 간격 (hour)

$n$  : 합산을 위한 지수

$t_{e,\theta-n\delta}$  : 시간  $\theta - n\delta$  일 때의 상당외기온도차 ( $^{\circ}C$ )

$Y_n$  : 관류응답계수 ( $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$ )

② 간벽, 천장, 바닥을 통한 열획득

간벽을 통한 열전달은 다음 두가지로 고려하여 계산할 수 있다.

㉞ 해당 존이 온도변화가 있는 다른 존과 인접하였을 경우에는 간벽, 천장, 바닥의 축열효과를 고려하여 식(3.2.1)에 따라 계산한다.

㉟ 인접존 온도가 일정하거나 인접존과 해당존의 온도차이에 비해 인접존의 온도변화가 작은 경우에는 다음과 같이 단순 정상상태로 가정하여 계산한다.

$$q_{b,o} = K \cdot A \cdot (t_b - t_{rc}) \quad (3.2.2)$$

여기서,  $K$  : 인접존과 해당존 사이의 열관류율 ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A$  : 면적 ( $m^2$ )

$t_b$  : 인접한 존의 실온 ( $\text{°C}$ )

$t_{rc}$  : 일정하다고 가정한 실내온도 ( $\text{°C}$ )

### ③ 창문을 통한 열획득

창문을 통한 열획득은 전도에 의한 열획득과 투과 및 흡수를 통한 일사열 획득으로 나누어 계산한다.

$$\text{창을 통한 열획득} = \text{전도열획득} + \text{일사열획득} \quad (3.2.3)$$

### ㉞ 전도열획득( $q_{cond}$ )

$$q_{cond} = K_w \cdot A_w \cdot (t_o - t_i) \quad (3.2.4)$$

여기서,  $K_w$  : 창문의 열관류율 ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A_w$  : 창문의 면적 ( $m^2$ )

$t_o$  : 외기온 ( $\text{°C}$ )

$t_i$  : 해당존의 실온 ( $\text{°C}$ )

### ㉟ 일사열획득

일사열 획득의 계산은 차폐계수(Shading Coefficient, 이하 SC)를 이용하여 창문을 통한 일사획득량( $q_{sol}$ )을 산정한다.

$$q_{sol} = A_w \cdot (SHGF) \cdot SC \quad (3.2.5)$$

여기서,  $SHGF$  : Solar Heat Gain Factor

$SC$  : 차폐계수

#### ④ 내부 발생열획득

존에서의 열원으로는 인체, 조명, 기기에 의한 발열 등을 들 수 있다.

㉠ 인체에 의한 열획득은 현열( $q_{sp}$ )과 잠열( $q_{lp}$ )로 구분되며, 잠열 획득은 순간적인 열획득으로 간주한다.

$$q_{sp} = NofPeople \cdot (SHG)_{sp} \quad (3.2.6)$$

$$q_{lp} = NofPeople \cdot (LHG)_{lp}$$

여기서,  $NofPeople$  : 존의 사람수 (명)

$(SHG)_{sp}$  : 1인당 현열획득량 (W/person)

$(LHG)_{lp}$  : 1인당 잠열획득량 (W/person)

㉡ 조명에 의한 열획득( $q_{el}$ )은 현열 대류성분과 현열 복사성분으로 구분되며 잠열성분은 없다.

$$q_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \quad (3.2.7)$$

여기서,  $W$  : 조명투입 에너지 (W)

$F_{ul}$  : 조명사용계수 (use factor)

$F_{sa}$  : 기타 고려계수

㉔ 부하계산시 기구, 전기, 가스, 스팀으로부터의 열획득을 고려해야 하며 다양한 기구사용, 이용자 스케줄 등으로 인해 부하계산시 주관적인 요소가 많이 작용할 수 있다. 기구에 의한 열획득은 현열 대류성분, 현열 복사성분, 잠열 성분으로 구분된다.

⑤ 침기에 의한 현열획득과 잠열획득

㉕ 침기 및 환기에 의한 현열획득 ( $q_s$ )

$$q_s = 1.23 \cdot Q_s \cdot \Delta t \quad (3.2.8)$$

여기서,  $Q_s$  : 풍량 (CMH)

$\Delta t$  : 실내외 온도차 (°C)

㉖ 침기 및 환기에 의한 잠열획득 ( $q_l$ )

$$q_l = 3010 \cdot Q_s \cdot \Delta W \quad (3.2.9)$$

여기서,  $Q_s$  : 풍량 (CMH)

$\Delta W$  : 실내외 절대습도차 ( $kg_{water}/kg_{dry}$ )

(나) 열획득에 대한 공간부하 계산

공간의 부하는 일정한 온도를 유지하기 위해 공간으로부터 제거되어야 하는 열량이다. 주어진 시간에 모든 공간의 동시 열획득량 합이 반드시 그 시간의 부하와 일치하는 것은 아니다. 해당존에서의 열획득량은 해당존에서 획득된 열의 성질과 해당존을 둘러 싸는 벽체 바닥과 실내부의 가구를 포함한 축열특성을 고려하는 RTF 계수에 의해 부하량으로 산정된다.

각 시간에서의 부하  $Q_\theta$ 는 복사열획득 요소에 대해 열획득량  $q_\theta$ 가 동일 시간간격으로 주어진다면, 현재시간의 열획득량  $q_\theta$ 와 이전 시간의 부하량과 열획득량에 의해 계산된다.

$$\text{현열 } Q_\theta = Q_{if} + Q_{sc} \quad (3.2.10)$$

$$Q_{if} = \sum_{i=1} (v_0 q_{\theta,i} + v_1 q_{\theta,i-\delta} + v_2 q_{\theta,i-2\delta} + \dots) - (w_1 Q_{\theta-\delta} + w_2 Q_{\theta-2\delta} + \dots) \quad (3.2.11)$$

$$Q_{sc} = \sum_{j=1} (q_{c,j}) \quad (3.2.12)$$

- 여기서,  $Q_\theta$  : 시간  $\theta$ 에서 성분  $i$ 의 부하량  
 $Q_{if}$  : 대류와 복사 성분을 가진 열획득 요소들로부터의 현열냉방 부하  
 $i$  : 열획득 요소의 수  
 $\delta$  : 시간 간격 (time interval)  
 $v_0, v_1, v_2, \dots, w_1, w_2, \dots$  : RTF계수  
 $q_\theta$  : 대류와 복사 성분을 가진 각각의 열획득 요소  
 $Q_{sc}$  : 복사 성분만을 가진 열획득 요소들로부터의 현열냉방부하  
 $q_c$  : 복사 성분만을 가진 각각의 열획득 요소

$$\text{잠열 } Q_l = \sum_{n=1}^n (q_{l,n}) \quad (3.2.13)$$

여기서,  $q_l$  : 각각의 잠열획득 요소

적절한 실용담계수를 얻기 위해서는,

① 존을 둘러싼 단위 바닥면적당 중량값(kg/m<sup>2</sup>)과 존 내에서의 공기순환율 (room air circulation rate)에 따라  $w_1$  값을 선정한다.

② 획득열의 요소와 외피 구조체 중량에 따라  $v_0, v_1$  값을 선정한다.

#### (다) 실질부하 및 실온의 계산

TFM에 의한 부하는 실온을 일정하다고 가정한 조건에서 RTF 계수를 이용하여 계산된 값이다. 실제의 운전에 있어서는 시스템의 운전 상태에 따라 실온의 값이 변동하게 되며 이에 따라 실온은 설정온도와 다른 값으로 변화하게 된다. 이의 대표적인 예는 시스템이 꺼진 상태에서의 실온 변동을 들 수 있다. 따라서 시스템의 부하 산정을 위해서는 냉·난방 부하 계산에서 계산된 기준 부하 조건을 바탕으로 실제의 실온도와 이를 바탕으로 한 실질부하를 계산해야만 한다. 실질부하는 열제거율(heat extraction rate)이라고도 표현되며, 열제거율과 실온은 실공기 전달함수에 의해 영향을 받게 된다.

해당실의 실공기 전달함수를 구하기 위해서는 우선  $p_0, p_1, g_0^*, g_1^*, g_2^*$ 의 값들을 표로부터 선정한다. 이 계수들을 기초로 해당실의 바닥면적, 평균 열관류율, 도입외기량, 침기량을 고려하여 다음과 같이  $g_0, g_1$  및  $g_2$  계수를 구한다.

$$g_{0,\theta} = g^*_{0}A_f + p_0[ \sum KA_w + 1.23(V_{\theta} + VI_{\theta}) ] \quad (3.2.14)$$

$$g_{1,\theta} = g^*_{1}A_f + p_1[ \sum KA_w + 1.23(V_{\theta-\delta} + VI_{\theta-\delta}) ]$$

$$g_{2,\theta} = g_{2,A_f}$$

여기서,  $A_f$  : 실의 바닥면적 ( $m^2$ )  
 $A_w$  : 벽체의 면적 ( $m^2$ )  
 $V$  : 실에 직접 도입된 외기량 (liter/s)  
 $V_I$  : 침기량 (liter/s)  
 $\theta$  : 현재 시간  
 $\theta - \delta$  : 이전 시간

$g$ 계수와  $p$ 계수를 이용한 실의 실질부하(열제거율,  $ER_\theta$ )는 다음과 같이 구한다.

$$ER_\theta = (W_\theta g_0 + I_\theta S) / (S + g_0) \quad (3.2.15)$$

$$\text{여기서, } I_\theta = t_{rc} \sum_{i=0}^2 g_{i,\theta} - \sum_{i=1}^2 g_{i,\theta}(t_{r,\theta-i\delta}) + \sum_{i=0}^1 p_i(Q_{\theta-i\delta}) - \sum_{i=1}^1 p_i(ER_{\theta-i\delta})$$

$t_{r,\theta-i\delta}$  : 대상실의  $i$ 시간 전의 실제온도

$Q_{\theta-i\delta}$  : 대상실의  $i$ 시간 전의 냉방부하

$ER_{\theta-i\delta}$  : 대상실의  $i$ 시간 전의 열제거율

$$S = \frac{ER_{\max} - ER_{\min}}{\Delta t_{tr}} \quad (3.2.16)$$

여기서,  $ER_{\max}$  : 최대 열제거율로서 조절 범위의 상한값

$ER_{\min}$  : 최소 열제거율로서 조절 범위의 하한값

$\Delta t_{tr}$  : 실온 조절범위 ( $^{\circ}C$ )



$$W_{\theta} = (ER_{\max} + ER_{\min})/2 - (St_{r\theta}^*) \quad (3.2.17)$$

여기서,  $t_{r\theta}^*$ 는 시간  $\theta$ 일 때, 온도조절기의 설정 온도이다. 온도조절기의 설정 온도는 조절범위의 중앙으로 잡는다.

위 식에 의해 계산된  $ER_{\theta}$ 의 값이  $ER_{\max}$ 의 값보다 크다면,  $ER_{\theta}$ 는  $ER_{\max}$ 와 같도록 맞춰지고, 계산된  $ER_{\theta}$ 의 값이  $ER_{\min}$ 보다 작다면,  $ER_{\theta}$ 는  $ER_{\min}$ 과 같도록 맞춰진다. 그때의 실온  $t_{r\theta}$ 는 아래 식에 의해 계산된다.

$$t_{r\theta} = (I_{\theta} - ER_{\theta})/g_{0,\theta} \quad (3.2.18)$$

라. 부하 계산용 함수 프로그램

- (1) dayofyear( ) : 일년중 몇번째 날인가를 계산하는 함수
- (2) monthday( ) : 일년중 몇번째 날인가로부터 월, 일을 계산하는 함수
- (3) solarDeclination( ) : 적위를 계산하는 함수
- (4) equationTime( ) : 균시차를 계산하는 함수
- (5) 기상데이터를 읽는 함수
  - (가) Convert\_Weather( ) : text file의 기상데이터를 binary file의 기상데이터로 바꾸는 함수
  - (나) Get\_Weather1( ) : binary file의 기상데이터를 읽는 함수
  - (다) Get\_Weather2( ) : text file의 기상데이터를 읽는 함수
  - (라) Get\_Weather3( ) : binary file의 기상데이터에서 원하는 월, 일, 시간의 7가지 기상요소를 읽는 함수
  - (마) Get\_Weather4( ) : binary file의 기상데이터에서 원하는 월, 일, 시간의 원하는 기상요소를 읽는 함수
  - (바) Get\_Weather5( ) : 월, 일을 이용하여 binary file의 기상데이터

를 읽는 함수

(사) Get\_Weather6( ) : 월, 일을 이용하여 text file의 기상데이터를 읽는 함수

(아) Get\_Weather7( ) : 월, 일을 이용하여 binary file의 기상데이터에서 7가지 기상요소를 읽는 함수

(자) Get\_Weather8( ) : 월, 일을 이용하여 binary file의 기상데이터에서 원하는 기상요소를 읽는 함수

(6) Ground\_Temp( ) : 지중온도 계산하는 함수

(7) solarTime( ) : 태양시 계산하는 함수

(8) 태양의 위치를 계산하는 함수

(가) solarAzimuth() 태양방위각을 구하는 함수

(나) solarAltitude() 태양고도각을 구하는 함수

(9) solarInciAngle( ) : 태양입사각을 계산하는 함수

(10) 총합 외표면 열전달계수를 구하는 함수

(가) Surface\_Coeff1( ) : 일본 HASP/ACLD 방법에 의한 벽체의 실외측 총합 외표면 열전달계수를 구하는 함수

(나) Surface\_Coeff2( ) : 미국 DOE-2 방법에 의한 벽체의 실외측 총합 외표면 열전달계수를 구하는 함수

(다) Surface\_Coeff3( ) : 간이방법으로서 벽체의 실외측 총합 외표면 열전달계수를 구하는 함수

(11) Solair\_Temp( ) : 상당외기온도를 계산하는 함수

(12) 일사량을 계산하는 함수

(가) directIrradiance( ) : 표면에 대한 직달일사량을 구하는 함수

(나) diffuseIrradiance( ) : 표면에 대한 확산일사량을 구하는 함수

(13) Wall\_K\_Calc( ) : 벽체의 열관류율을 계산하는 함수

(14) 실응답계수를 계산하는 함수

(가) RTF\_Conduction( ) : 전도열획득에 대한 실응답계수를 구하는 함수

(나) RTF\_Solar\_Rad( ) : 창문을 통한 일사열획득과 기기, 인체로부터의 복사열획득에 대한 실응답계수를 구하는 함수

(다) RTF\_Conv\_Infil( ) : 기기, 인체로부터의 대류열획득과 환기, 침기로부터의 대류열획득에 대한 실응답계수를 구하는 함수

(라) RTF\_Light( ) : 조명발열에 대한 실응답계수를 구하는 함수

## 2. 장비선정 알고리즘 개발

### 가. 공조방식의 개요

#### (1) 공조방식의 분류

##### (가) 단일구역 공조방식(Single Zone A/C System)

한개의 방 또는 여러개의 방이라도 부하변동 특성이 비슷해서 통합하여 취급할 수 있는 공조공간을 대상으로 하는 공조기 및 공조방식을 단일 구역 공조시스템이라 한다. 공조공간의 냉난방 부하는 시간에 따라 그 크기와 현열·잠열구성 비율이 달라 지는데 이에 맞추어 냉각, 가열용량을 조절해 주어야 한다. 단일구역 공조방식에서는 각각의 방이 동일한 부하변동 특성을 가지므로 단순히 그 시각에 필요로 하는 냉각 또는 가열량을 공조기에서 처리해 주기만 하면 된다. 즉, 냉방과 난방이 동시에 필요한 경우는 없으며 각각의 방이 거의 일정한 비율로 냉난방 부하가 증가 또는 감소한다고 가정하는 것이다. 따라서 혼합, 재열에 따른 에너지 손실도 전혀 없으며 제어도 아주 단순하다.

##### (나) 복합구역 공조방식(Multi-Zone A/C System)

거의 대부분의 건물에 있어서는 사용조건(인원밀도, 조명부하, 사용시간대)등이 다르고 방위와 개구율(창문면적)이 틀린 여러개의 방이 있으며 이들의 부하변동 특성도 다양하다. 그러므로 단일구역 공조방식으로는 이러한 여러 개의 방들을 통합

하여 쾌적한 온습도 조건으로 유지하는 것이 불가능하며 또 각각의 방에 대해 하나 하나 단일구역 공조방식을 적용하여 수 많은 공조기를 설치하는 것도 비현실적이다. 이러한 이유로 여러가지 복잡한 공조방식이 개발되어 있는데 예를 들면 단말 재열방식(Terminal Reheat), 이중덕트 방식(Double Duct), 변풍량 방식(Variable Air Volume), 물-공기 병용 방식(Air-Water System) 등등이 있다. 이렇게 부하특성이 다른 여러 공조공간을 동시에 처리하기 위한 복잡한 공조방식을 복합구역 공조 방식(Multi-Zone A/C System)이라고 한다.

## (2) 공조방식의 선택

위에서 말한 여러가지 공조방식은 각각의 특징과 장단점, 사용상의 한계를 가지고 있으므로 공조방식을 최적 선정하기 위해서는 다음의 여러 사항들을 충분히 고려하여야 한다.

### \* 최적 시스템의 선택을 위한 고려사항

- 냉, 난방 열원의 종류
- 기계실, 천정속 덕트 공간의 크기
- 실내공간의 활용성
- 온습도 제어 성능
- IAQ (실내 공기 청정도)
- 초기 설치비
- 운전비 (Energy Cost)
- 유지관리의 용이성
- 소음, 누수 위험

본 연구에서는 그림 3.2.1에 나타난 바와 같이 국내외에서 보편적으로 사용하고 있는 16개의 공조방식에 대한 계산 절차를 분석, 정리하였다.

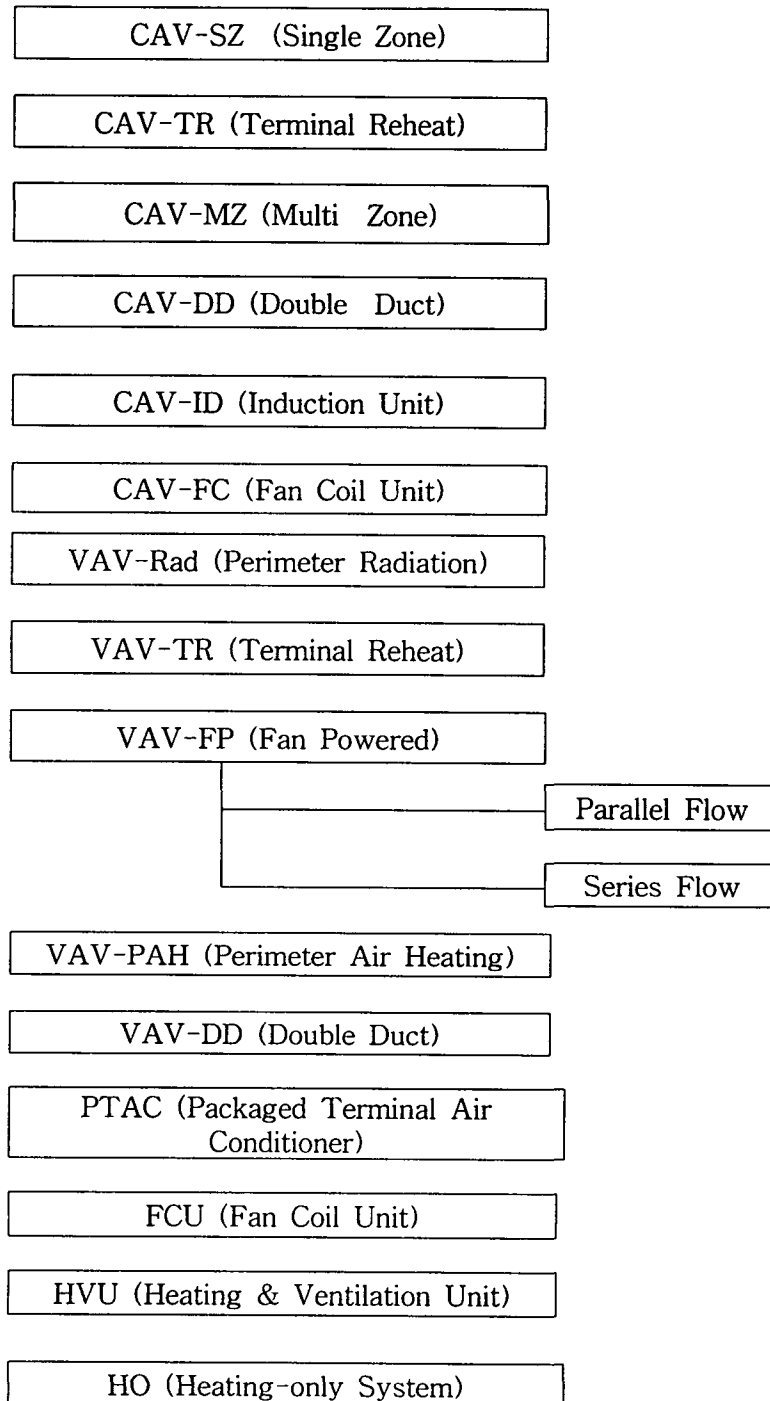


그림 3.2.1 공조방식의 종류

나. Room 및 Zone의 계산으로부터 참조되는 함수

(1) ROOM의 부하계산 결과로부터 참조되는 함수

함수명	설명	단위
RmName	실명	(문자)
RmNum	실의 입력 번호 (Rec. Number)	(정수)
ZnNum	소속터미널 번호	(정수)
SysNum	소속 공조기 번호	(정수)
RmArea(RmNum)	실의 면적 (가로 x 세로)	(㎡)
RmVolm(RmNum)	실의 체적 (가로 x 세로 x 높이)	(㎥)
RmNoFPpl(RmNum)	실내인원수	(인)
RmMtpl(RmNum)	동일 space의 갯수	(정수)
RmHCiD(RmNum) = "a/c/h"	실내공조범위 " a " = 냉난방(all) " c " = 냉방(cooling) " h " = 난방(heating)	(-)
RmSAmin(RmNum)	실의 최소급기풍량 = ( RmSAminXng(RmNum) × RmVolm(RmNum) ) / 3.6 or = RmSAminArea(RmNum) × RmArea(RmNum)	(ℓ/s)
RmExst(RmNum)	실내배기량 = RmExstLPS (배기량지정) or = ( RmExstXng(RmNum) × RmVolm(RmNum) ) / 3.6	(ℓ/s)
RmSAovrEA(RmNum) = "y/n"	" y " = 급기풍량은 실내배기량 이상으로 한다 " n " = 급기풍량은 실내배기량과 무관	(-)
RmSens(RmNum, Mo, Hr)	각 Mo(월)/Hr(시각)에 있어서의 실내냉방현열부하	(W)
RmLatn(RmNum, Mo, Hr)	각 Mo(월)/Hr(시각)에 있어서의 실내냉방잠열부하	(W)
RmTotl(RmNum, Mo, Hr)	각 Mo(월)/Hr(시각)에 있어서의 실내총부하 = RmSens(Mo, Hr) + RmLatn(Mo, Hr)	(W)
RmPInm(RmNum, Mo, Hr)	각 Mo(월)/Hr(시각)에 있어서의 실내냉방 PInm부하	(W)
RmHtLd(RmNum)	실내난방부하	(W)
RmLhumi(RmNum)	실내 가습부하 (kg/s)	(kg/s)
RmPkMo(RmNum)	RmSens(RmNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Month(월)	(월)
RmPkHr(RmNum)	RmSens(RmNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Hour(시각)	(시)
RmPkSens(RmNum)	Room Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내냉방현열부하	(W)
RmPkLatn(RmNum)	Room Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내냉방잠열부하	(W)
RmPkTotl(RmNum)	= RmPkSens(RmNum) + RmPkLatn(RmNum)	(W)
RmPkPInm(RmNum)	Room Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내냉방 PInm부하	(W)
RmPkSHF(RmNum)	Room Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내현열비 = RmPkSens(RmNum) / RmPkTotl(RmNum) (실수 0~1사이)	(-)

(2) Zone(터미널유닛)에 관련된 함수

함수 명	설 명	단위
ZnNum	존의 번호	(정수)
ZnMtpl(ZnNum)	동일 Zone의 개수 (정수)	(정수)
ZnNofPpl(ZnNum)	존의 인원수 = $\sum ( RmNofPpl(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(인)
ZnSens(ZnNum, Mo, Hr)	존의 현열부하 합계 = $\sum_{RmNum} ( RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnLatn(ZnNum, Mo, Hr)	존의 잠열부하 합계 = $\sum ( RmLatn(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnTotl(ZnNum, Mo, Hr)	존의 총부하 = ZnSens(ZnNum, Mo, Hr) + ZnLatn(ZnNum, Mo, Hr)	(W)
ZnPInm(ZnNum, Mo, Hr)	존의 플레넘부하 합계 = $\sum ( RmPInm(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnHtLd(ZnNum)	존의 난방부하 = $\sum ( RmHtLd(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnLhumi(ZnNum)	존의 가습부하 = $\sum ( RmLhumi(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnArea(ZnNum)	존의 면적 = $\sum ( RmArea(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(㎡)
ZnVolm(ZnNum)	존의 체적 = $\sum ( RmVolm(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(㎡)
ZnSAmin(ZnNum)	Zone(터미널)의 최소급기풍량(ℓ/s) = $( ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) ) / 3.6$ or = $ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$	(ℓ/s)
ZnExst(ZnNum)	존의 배기량 = $\sum ( RmExst(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(ℓ/s)
ZnPkJMo(ZnNum)	ZnSens(ZnNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Month(월)	(월)
ZnPkJHr(ZnNum)	ZnSens(ZnNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Hour(시각)	(시)
ZnPkJSens(ZnNum)	Zone Peak Mo/Hr 에 있어서의 Zone의 냉방현열부하 = $[ ZnSens(ZnNum, Mo, Hr) ] \max$	(W)
ZnPkJLatn(ZnNum)	Zone Peak Mo/Hr 에 있어서의 Zone의 냉방잠열부하 = $ZnLatn(ZnNum, ZnPkJMo, ZnPkJHr)$	(W)
ZnPkJTotl(ZnNum)	존의 총부하 = $ZnPkJSens(ZnNum) + ZnPkJLatn(ZnNum)$	(W)
ZnPkJPInm(ZnNum)	Zone Peak Mo/Hr 에 있어서의 Zone의 냉방PInm부하 = $ZnPInm(ZnNum, ZnPkJMo, ZnPkJHr)$	(W)
ZnPkJSHF(ZnNum)	= $ZnPkJSens(ZnNum) / ZnPkJTotl(ZnNum)$ (Zone Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내현열비)	(-)

(3) AIR SYSTEM(공조기)에 관련된 함수

함수명	설명	단위
SysNum	시스템의 번호	(정수)
SysMtpl(SysNum)	동일 공조기의 수	(개)
SysArea(SysNum)	시스템의 면적 = $\sum ( RmArea(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(㎡)
SysVolm(SysNum)	시스템의 체적 = $\sum ( RmVolm(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(㎡)
SysNofPpl(SysNum)	시스템의 인원수 = $\sum ( RmNofPpl(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(인)
SysSens (SysNum, Mo, Hr)	시스템의 현열부하 = $\sum_{RmNum} ( RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysLatn (SysNum, Mo, Hr)	시스템의 잠열부하 = $\sum ( RmLatn(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysTotl (SysNum, Mo, Hr)	시스템의 총부하 = SysSens(SysNum, Mo, Hr) + SysLatn(SysNum, Mo, Hr)	(W)
SysPlnm (SysNum, Mo, Hr)	시스템의 플레넘부하 = $\sum ( RmPlnm(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysHtLd(SysNum)	시스템의 난방부하 = $\sum ( RmHtLd(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysLhumi(SysNum)	시스템의 가습부하 = $\sum ( RmLhumi(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(kg/s)
SysExst(SysNum)	시스템의 배기량 = $\sum ( RmExst(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(ℓ/s)
SysPkMo(SysNum)	SysSens(SysNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Month(월)	(월)
SysPkHr(SysNum)	SysSens(SysNum, Mo, Hr)가 최대값으로 되는 Hour(시각)	(시)
SysPkSens(SysNum)	System Peak Mo/Hr 에 있어서의 System의 냉방현열부하 = [SysSens(SysNum, Mo, Hr)] max	(W)
SysPkLatn(SysNum)	System Peak Mo/Hr 에 있어서의 System의 냉방잠열부하 = SysLatn(SysNum, SysPkMo, SysPkHr)	(W)
SysPkTotl(SysNum)	시스템의 최대 냉방부하 = SysPkSens(SysNum) + SysPkLatn(SysNum)	(W)
SysPkPlnm(SysNum)	System Peak Mo/Hr 에 있어서의 System의 냉방Plnm부하	(W)
SysPkSHF(SysNum)	= SysPkSens(SysNum) / SysPkTotl(SysNum) (System Peak Mo/Hr 에 있어서의 실내현열비)	(-)



(4) 정풍량(CAV) 방식에서의 공조기 관련 함수

(가) Zone(Terminal) 계산에 필요한 Block Load

함수명	설명	단위
ZnBlkSens(ZnNum)	존의 최대현열부하 합계 = $\sum ( RmPkSens(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnBlkLatn(ZnNum)	존의 최대잠열부하 합계 = $\sum ( RmPkLatn(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnBlkPlnm(ZnNum)	존의 최대프레넘부하 합계 = $\sum ( RmPkPlnm(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnBlkTotl(ZnNum)	존의 최대총부하 = ZnBlkSens(ZnNum) + ZnBlkLatn(ZnNum)	(W)
ZnBlkSHF(ZnNum)	존의 현열비 = ZnBlkSens(ZnNum) / ZnBlkTotl(ZnNum)	(-)

(나) AIR SYSTEM(AHU, 공조기) 계산에 필요한 Block Load

함수명	설명	단위
SysBlkSens(SysNum)	시스템의 현열부하 = $\sum ( RmPkSens(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysBlkLatn(SysNum)	시스템의 잠열부하 = $\sum ( RmPkLatn(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysBlkPlnm(SysNum)	시스템의 프레넘부하 = $\sum ( RmPkPlnm(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) )$	(W)
SysBlkTotl(SysNum)	시스템의 총부하 = SysBlkSens(SysNum) + SysBlkLatn(SysNum)	(W)
SysBlkSHF(SysNum)	시스템의 현열비 = SysBlkSens(SysNum) / SysBlkTotl(SysNum)	(-)

(5) 변풍량(VAV) 방식에서의 공조기 관련 함수

(가) Zone(Terminal) 계산에 필요한 Block Load

변 수 명	설 명	단위
ZnBlkSens(ZnNum)	존의 현열부하 $= [\sum (RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) ) ] \max$ <ul style="list-style-type: none"> <li>* Room &amp; Mo/Hr 에 대해 최대값을 찾는다</li> <li>* 최대값일 때의 Mo, Hr를 ZnBlkMo, ZnBlkHr 로 한다.</li> </ul>	(W)
ZnBlkLatn(ZnNum)	존의 잠열부하 $= \sum (RmLatn(RmNum, ZnBlkMo, ZnBlkHr) \times RmMtpl(RmNum))$	(W)
ZnBlkPlnm(ZnNum)	존의 플레넘부하 $= \sum (RmPlnm(RmNum, ZnBlkMo, ZnBlkHr) \times RmMtpl(RmNum) )$	(W)
ZnBlkTotl(ZnNum)	존의 총부하 $= ZnBlkSens(ZnNum) + ZnBlkLatn(ZnNum)$	(W)
ZnBlkSHF(ZnNum)	존의 현열비 $= ZnBlkSens(ZnNum) / ZnBlkTotl(ZnNum)$	(-)

(나) AIR SYSTEM(AHU, 공조기) 계산에 필요한 Block Load

변 수 명	설 명	단위
SysBlkSens(SysNum)	Peak시각에 대한 시스템 현열부하 $= [ \sum ( RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum) ) ] \max$ <ul style="list-style-type: none"> <li>* Room &amp; Mo/Hr 에 대해 최대값을 찾는다</li> <li>* 최대값일 때의 Mo, Hr를 SysBlkMo, SysBlkHr 로 한다.</li> </ul>	(W)
SysBlkLatn(SysNum)	Peak시각에 대한 시스템 잠열부하 $= \sum (RmLatn(RmNum, SysBlkMo, SysBlkHr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$	(W)
SysBlkPlnm(SysNum)	Peak시각에 대한 시스템 플레넘부하 $= \sum (RmPlnm(RmNum, SysBlkMo, SysBlkHr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$	(W)
SysBlkTotl(SysNum)	시스템의 총부하 $= SysBlkSens(SysNum) + SysBlkLatn(SysNum)$	(W)
SysBlkSHF(SysNum)	시스템의 현열비 $= SysBlkSens(SysNum) / SysBlkTotl(SysNum)$	(-)

다. 공조방식의 알고리즘에 사용된 변수

변수명	설명	단위
ACF	공기밀도 수정계수	-
AHUSAVOL	공조기 급기풍량	ℓ / s
CLGTD	냉방취출 온도차	℃
EAFanVOL	배기팬 풍량	ℓ / s
EAVOL	배기 풍량	ℓ / s
HTGTD	난방취출온도차	℃
HumiTr	가습에 의한 온도상승	℃
HumiTw	물/전기/통풍기화식 수온	℃
LvCoilDB	냉각코일 출구온도	℃
LvCoilEnpy	냉각코일출구 공기의 습구온도	℃
LvCoilRH	냉각코일출구 공기의 상대습도	℃
LvCoilRHmax	냉각코일출구 공기의 최대 상대습도	%
LvCoilWB	냉각코일출구 공기의 습구온도	℃
LvCoilX	냉각코일출구 공기의 절대습도	g/kg
MA'DBh	수정혼합공기 건구온도	℃
MA'Enpy	수정혼합공기 엔탈피	kJ/kg
MA'RH	수정혼합공기 상태습도	%
MA'WB	수정혼합공기 습구온도	℃
MA'X	수정혼합공기 절대습도	g/kg
OA'DB	수정외기 건구온도	℃
OA'Enpy	수정전열교환기 통과후의 엔탈피	kJ/kg
OA'RH	수정전열교환기 통과후의 상태습도	%
OA'WB	수정전열교환기 통과후의 습구온도	℃
OA'X	수정외기절대습도	g/kg
OAarea	면적당 외기도입량	( ℓ / s) / m <sup>2</sup>
OAarea	면적당 외기도입량	( ℓ / s) / m <sup>2</sup>
OADB	외기 건구온도	℃

(계속)

(계속)

변수명	설 명	단위
OAppl	일인당 외기도입량	ℓ / s
OAsavol	급기풍량의 비율에 의한 방법	%
OAVOL	외기 도입량	ℓ / s
OAXh	외기 절대습도	g/kg
OAXng	환기횟수에 의한 방법	x/Hr
P	표고 Z(m)에 따라 계산된 대기압	kPa
Po	표준대기압	kPa
PreheatT	예열코일출구온도	℃
PreheatKGS	예열코일 증기용량	(kg/s)
PreheatKW	예열코일 전기용량	W
QPreheat	예열열량	W
QSAFan	급기 팬에 의한 부하	W
RADB	환기건구온도	℃
RADuctTR	RA(환기)덕트 온도상승	℃
RAFanEff	FAN 효율	%
RAFanMtrEff	MOTOR 효율	%
RAFanSP	FAN 정압	kPa
RAFanTR	팬에 의한 급기온도 상승	℃
RAFanVOL	환기팬 풍량	ℓ / s
RAPInmTR	플레넘부하에 의한 RA의 온도상승	℃
RAVOL	환기풍량	ℓ / s
RAX	환기절대습도	g/kg
RmCLGTD(RmNum)	취출온도차	℃
RmDBc(RmNum)	실별부하에서 입력한 실내온도	℃
RmExst(RmNum)	실내배기량	ℓ / s
RmNum	실의 입력 번호 (Rec. Number)	(정수)
RmPkSens(RmNum)	실내 최대 현열부하	W
RmSAmin(RmNum)	실내 최소 급기량	ℓ / s
RmSAovrEA(RmNum)	y or n	ℓ / s

(계속)

(계속)

변수명	설명	단위
RmSAVOL(RmNum)	실내 급기풍량	ℓ / s
RmtoRAVOL	실내에서 환기되는 풍량	ℓ / s
SADB	급기 건구온도	℃
SADuctTR	급기 덕트의 온도상승	℃
SADx	실내부하에 의한 절대습도 상승	g/kg
SAFanEff	FAN 효율	%
SAFanMtrEff	MOTOR효율	%
SAFanSP	급기 FAN 정압	kPa
SAFanTR	급기 팬에 의한 온도상승	℃
SAVOL	급기풍량	ℓ / s
SteamHeat	증기잠열	(kJ/kg)
SteamP	증기분사 압력	kPa
SysArea	시스템의 면적	m <sup>2</sup>
SysBlkLatn	시스템 잠열	W
SysBlkSens	시스템 현열	W
SysExst	시스템의 배기량	ℓ / s
SysHtLd	시스템난방부하	W
SysLhumi	가습량	g/s
SysNofPpl	시스템의 총인원수	인
SysNum	소속 공조기 번호	(정수)
SysPlnm	시스템의 플레넘 부하	W
SysRmDB	공조기에서 입력한 실내대표온도	℃
SysRmXc	시스템 대표실내 냉방 절대습도	g/kg
SysVolm	시스템의 풍량	ℓ / s
ThWhLatn	잠열교환효율	%
ThWhSens	현열교환효율	%
ZnNum	존의 번호	(정수)

(끝)

라. 공조방식의 계산에 필요한 함수

(1) Draw-Thru Fan에 의한 온도 상승 계산(F\_SAFanTR)

(가) 계산 알고리즘

① 급기(SA) Fan의 위치 선택 (SAFanType = 0, 1)

\* DRAW - THRU (선택)

\* BLOW - THRU

② 급기(SA) Fan의 온도상승 고려사항 선택(SAFanTuse = 0, 1)

1. 온도상승고려안함 일때

$$SAFanTR = 0$$

2. 온도상승고려 일때

- 입력사항

변수명	명칭	단위
SAFanSP	FAN 정압	kPa
SAFanEff	FAN 효율	%

3. 모터의 위치 선택(MotorLoca = 0, 1)

\* 공기의 흐름내(Inside AirStream)에 위치할 때

- 입력사항

변수명	명칭	단위
SAFanMtrEff	MOTOR효율	%

$$SAFanTR = 0.81 \times SAFanSP \times \frac{100}{SAFanEff} \times \frac{100}{SAFanMtrEff}$$

\* 공기의 흐름밖(Out of AirSteam)에 위치할 때

$$SAFanTR = 0.81 \times SAFanSP \times \frac{100}{SAFanEff}$$

(나) 반환값

① 팬에 의한 급기온도 상승 : SAFanTR

② 급기 FAN에 의한 부하

$$QSAFan = 1.23 \times ACF \times AHUSAVOLc \times SAFanTR$$

(다) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
SAFanSP	FAN 정압	kPa	2	0.1	1.2	
SAFanEff	FAN 효율	%	100	10	75	
SAFanMtrEff	MOTOR 효율	%	100	10	80	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
SAFanTR	팬에 의한 급기온도 상승	℃	
QSAFan	급기 FAN에 의한 부하	W	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
ACF	공기밀도 수정계수	-	
AHUSAVOLc	공조기 급기풍량	ℓ/s	

(2) Blow-Thru Fan에 의한 온도상승 계산(F\_SAFanTR)

(가) 계산 알고리즘

① 급기(SA) Fan의 위치 선택(SAFanType = 0, 1)

\* DRAW - THRU

\* BLOW - THRU (선택)

② 급기(SA) Fan의 온도상승 고려사항 선택(SAFanTuse = 0, 1)

1. 온도상승고려안함 일때

$$SAFanTR = 0$$

2. 온도상승고려 일때

- 입력사항

변수명	명칭	단위
SAFanSP	FAN 정압	kPa
SAFanEff	FAN 효율	%

3. 모터의 위치 선택(MotorLoca = 0, 1)

가. 공기의 흐름내(Inside AirStream)에 위치할 때

- 입력사항

변수명	명칭	단위
SAFanMtrEff	MOTOR효율	%

$$SAFanTR = 0.81 \times SAFanSP \times \frac{100}{SAFanEff} \times \frac{100}{SAFanMtrEff}$$

나. 공기의 흐름밖(Out of AirSteam)에 위치할 때

$$SAFanTR = 0.81 \times SAFanSP \times \frac{100}{SAFanEff}$$

(나) 반환값

① 팬에 의한 급기온도 상승 : SAFanTR

② 급기 FAN에 의한 부하

$$QSAFan = 1.23 \times ACF \times AHUSAVOLc \times SAFanTR$$

(다) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비 고
SAFanSP	FAN 정압	kPa	2	0.1	1.2	
SAFanEff	FAN 효율	%	100	10	75	
SAFanMtrEff	MOTOR 효율	%	100	10	80	

② 출력변수



변수명	명칭	단위	비고
SAFanTR	팬에 의한 급기온도 상승	℃	
QSAFan	급기 팬에 의한 부하	W	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
ACF	공기밀도 수정계수	-	
AHUSAVOLc	공조기 급기풍량	ℓ / s	

(3) 환기(RA) Fan에 의한 온도상승(F\_RAFanTR)

(가) 계산 알고리즘

① Fan의 상태 선택(RAFanType = 0, 1, 2)

\* 없음 -> RAFanTR = 0

\* 환기팬

\* 배기팬 -> RAFanTR = 0

② 환기팬 선택시(RAFanTRType = 0, 1)

1. 온도상승고려안함 일때

$$RAFanTR = 0$$

2. 온도상승고려 일때

- 입력사항

명칭	변수명	단위
FAN 정압	RAFanSP	kPa
FAN 효율	RAFanEff	%

3. 모터의 위치 선택(MotorLoca = 0, 1)

가. Inside AirStream 일때

- 입력사항

명칭	변수명	단위
MOTOR 효율	RAFanMtrEff	%

$$RAFanTR = 0.81 \times RAFanSP \times \frac{100}{RAFanEff} \times \frac{100}{RAFanMtrEff}$$

나. Out of AirSteam 일때

$$RAFanTR = 0.81 \times RAFanSP \times \frac{100}{RAFanEff}$$

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
RAFanSP	FAN 정압	kPa	2	0.1	1.2	
RAFanEff	FAN 효율	%	100	10	75	
RAFanMtrEff	MOTOR 효율	%	100	10	80	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
RAFanTR	팬에 의한 급기온도 상승	℃	
QRAFan	급기 FAN에 의한 부하	W	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
ACF	공기밀도 수정계수	-	
AHUSAVOLc	공조기 급기풍량	ℓ / s	

(4) 급기 및 환기의 덕트에 의한 온도상승 계산(F\_SADuctTR, F\_RADuctTR)

(가) 계산 알고리즘

① 입력 사항

변수명	명칭	단위
SADuctTR	SA(급기)덕트 온도상승	℃
RADuctTR	RA(환기)덕트 온도상승	℃

② 출력값

1. 급기 덕트에 의한 부하

$$QSADuct = 1.23 \times ACF \times AHUSAVOLc \times SADuctTR \quad (W)$$

2. 환기 덕트에 의한 부하

$$QRADuct = 1.23 \times ACF \times AHURAVOLc \times RADuctTR \quad (W)$$

(5) 냉방풍량(SAVOLc)결정. (냉방취출온도차, CLGTD 기준)(F\_SAVOLc)

(가) 계산 알고리즘

① 입력사항

변수명	명칭	단위
CLGTD	냉방취출온도차	℃
LvCoilRHmax	냉각코일출구 공기의 상대습도	%

② 냉방풍량 계산

$$SAVOLc = \frac{SysBlkSens}{1.23 \times ACF \times CLGTD}$$

③ 냉방급기온도 계산

$$SADBc = SysRmDBc - CLGTD$$

④ 냉각코일출구온도 계산

$$LvCoilDB = SADBc - (SAFanTR + SADuctTR)$$

⑤ 실내부하에 의한 절대습도 상승 계산

$$SAdXc = \frac{SysBlkLatn}{3.01 \times ACF \times SAVOLc}$$

⑥ 냉각코일 출구공기의 상태 계산

$$SAXc = SysRmXc - SAdXc$$

$$LvCoilX = SAXc$$

LvCoilDB, LvCoilX → LvCoilRH, LvCoilWB, LvCoilEnpy

(습공기계산)

⑦ 만약 LvCoilRH > LvCoilRHmax 이면

CLGTD = CLGTD - 0.1 and GOTO (1) (반복계산)

else, OK!!!

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
CLGTD	냉방취출온도차	℃	2	20	10	
LvCoilRHmax	냉각코일출구 공기의 상대습도	%	60	95	90	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
SAVOLc	냉방풍량	ℓ / s	
CLGTD	냉방취출온도차	℃	
SADBc	냉방급기온도	℃	
LvCoilDB	냉각코일 출구온도	℃	
SAdXc	실내부하에 의한 절대습도 상승	g/kg	
LvCoilRH, LvCoilWB, LvCoilEnpy, LvCoilDB, LvCoilX	냉각코일 출구공기의 상태	-	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
ACF	공기밀도 수정계수	-	
SysBlkSens	시스템 현열	W	
SysBlkLatn	시스템 잠열	W	
SysRmDBc	시스템 대표실내 냉방 건구온도	℃	
SAFanTR	급기 팬의 온도상승	℃	
SADuctTR	급기 덕트의 온도상승	℃	
SAVOLc	냉방 급기 풍량	ℓ / s	
SysRmXc	시스템 대표실내 냉방 절대습도	g/kg	

(6) 냉방풍량(SAVOLc)결정(냉풍덕트온도, SADBc 기준) (F\_SAVolc)

(가) 계산 알고리즘

① 입력사항

변수명	명칭	단위
SADBc	냉풍 덕트 온도	℃
LvCoilRHmax	냉각코일출구 공기의 상대습도	%

② 냉방취출 온도차의 계산

$$CLGTD = RmDBc - SADBc$$

③ 냉방풍량 계산

$$SAVOLc = \frac{SysBlkSens}{1.23 \times ACF \times CLGTD}$$

④ 냉방급기온도 계산

$$SADBc = SysRmDBc - CLGTD$$

⑤ 냉각코일출구온도 계산

$$LvCoilDB = SADBc - (SAFanTR + SADuctTR)$$

⑥ 실내부하에 의한 절대습도 상승(g/kg)

$$SAdXc = \frac{SysBlkLatn}{3.01 \times ACF \times SAVOLc}$$

⑦ 냉각코일 출구공기의 상태 계산

$$SAXc = SysRmXc - SAdXc$$

$$LvCoilX = SAXc$$

$$LvCoilDB, LvCoilX \rightarrow LvCoilRH, LvCoilWB, LvCoilEnpy$$

⑧ 만약  $LvCoilRH > LvCoilRHmax$  이면

then  $CLGTD = CLGTD - 0.1$  and GOTO (1) (반복계산)

else, OK!!!

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
SADbc	냉풍덕트온도	℃	25	5	20	
LvCoilRHmax	냉각코일출구 공기의 상대습도	%	95	60	90	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
SAVOLc	냉방풍량	ℓ/s	
CLGTD	냉방취출온도차	℃	
SADbc	냉방급기온도	℃	
LvCoilDB	냉각코일 출구온도	℃	
SADxc	실내부하에 의한 절대습도 상승	g/kg	
LvCoilRH, LvCoilWB, LvCoilEnpy, LvCoilDB, LvCoilX	냉각코일 출구공기의 상태	-	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
ACF	공기밀도 수정계수	-	
SysBlkSens	시스템 현열	W	
SysBlkLatn	시스템 잠열	W	
SysRmDBc	시스템 대표실내 냉방 건구온도	℃	
SAFanTR	급기 팬의 온도상승	℃	
SADuctTR	급기 덕트의 온도상승	℃	
SAVOLc	냉방 급기 풍량	ℓ/s	
SysRmXc	시스템 대표실내 냉방 절대습도	g/kg	

(7) 각 ROOM별 풍량 수정계산(F\_RmSAVOL)

(가) 계산 알고리즘

① 입력사항

명 칭	변 수 명	단 위
냉방취출 온도차	CLGTD	℃
공조기에서 입력한 실내대표온도	SysRmDBc	℃
실별부하에서 입력한 실내온도	RmDBc(RmNum)	℃

② 실내 급기풍량 계산

$$RmCLGTD(RmNum) = CLGTD - SysRmDBc + RmDBc(RmNum)$$

$$RmSAVOLc(RmNum) = \frac{RmPkSens(RmNum)}{1.23 \times ACF \times RmCLGTD(RmNum)}$$

③ 만약  $RmSAVOLc(RmNum) < RmSAmin(RmNum)$  이면

$$RmSAVOLc(RmNum) = RmSAmin(RmNum)$$

else, OK!!!

④ 만약  $RmSAovrEA(RmNum) = "y"$  이고

if  $RmSAVOLc(RmNum) < RmExst(RmNum)$ ,  
then  $RmSAVOLc(RmNum) = RmExst(RmNum)$

else OK

else OK

(나) 변수명

① 입력변수

명칭	변수명	단위	최대	최소	기본값	비 고
냉방취출 온도차	CLGTD	(℃)	20	2	10	
공조기에서 입력한 실내대표온도	SysRmDBc	(℃)	30	20	26	
실별부하에서 입력한 실내온도	RmDBc(RmNum)	(℃)	30	20	26	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
RmSAVOLc(RmNum)	실내 급기풍량	ℓ/s	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
RmCLGTD(RmNum)	취출온도차	℃	
RmPkSens(RmNum)	실내최대현열부하	W	
RmSAmin(RmNum)	실내최소급기량	ℓ/s	
RmSAovrEA(RmNum)	y or n	ℓ/s	
RmExst(RmNum)	실내배기량	ℓ/s	

(8) 여름 외기량 계산(F\_OAVOLc)

(가) 계산 알고리즘

① 입력사항

1. 외기도입량 입력 및 선택

- \* 일인당 외기도입량에 의한 방법 : 여름 OAppl\_c (ℓ/s)/인
- \* 면적당 도입량에 의한 방법 : 여름 OArea\_c (ℓ/s)/m<sup>2</sup>
- \* 환기횟수에 의한 방법 : 여름 OAxng\_c x/Hr
- \* 급기풍량의 비율에 의한 방법 : 여름 OAsavol\_c %

2. 외기도입량 결정기준 선택

- \* 최대, \* 최소

3. 실내 배기량 기준 선택

- \* YES, \* NO

② 여름외기량 산정기준 입력으로 부터 각각의 외기량 계산기준에 따라 계산하고, 계산값의 최대, 최소의 선택에 따라 외기량을 계산한다.

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{OAppl\_c} \quad (\ell/s)/\text{인} \times \text{SysNofPpl} \\
 \text{OArea\_c} \quad (\ell/s)/\text{m}^2 \times \text{SysArea} \\
 \text{OAxng\_c} \quad \text{x/Hr} \times \text{SysVolm} / 3.6 \\
 \text{OAsavol\_c} \quad \% \times \text{AHUSAVOLc} / 100
 \end{array} \right\} \text{max or min}$$



③ 실내배기량 기준이 YES 이고 OAVOLc < SysExst 이면,

$$OAVOLc = SysExst, \text{ else OK!!}$$

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
OAppl_c	일인당 외기도입량	ℓ / s	10	0	7	
OArea_c	면적당 외기도입량	( ℓ / s ) / m <sup>2</sup>	10	0	5	
OAxng_c	환기횟수에 의한 방법	x / Hr	10	0	7	
OAsavol_c	급기풍량의 비율에 의한 방법	%	100	0	30	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
OAVOLc	외기도입량	ℓ / s	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
SysNofPpl	시스템의 총인원수	인	
SysArea	시스템의 면적	m <sup>2</sup>	
SysVolm	시스템의 풍량	ℓ / s	
AHUSAVOLc	공조기 풍량	ℓ / s	
SysExst	시스템의 배기량	ℓ / s	

(9) 겨울 외기량 계산(F\_OAVOLh)

(가) 계산 알고리즘

① 입력사항

1. 외기도입량 입력 및 선택

\* 일인당 외기도입량에 의한 방법 : 겨울 OAppl\_h ( ℓ / s ) / 인

\* 면적당 도입량에 의한 방법 : 겨울 OArea\_h ( ℓ / s ) / m<sup>2</sup>

\* 환기횟수에 의한 방법 : 겨울 OAxng\_h x / Hr

\* 급기풍량의 비율에 의한 방법 : 겨울 OAsavol\_h %

2. 외기도입량 결정기준 선택

\* 최대, \* 최소

3. 실내 배기량 기준 선택

\* YES, \* NO

② 겨울외기량 산정기준 입력으로 부터 각각의 외기량 계산기준에 따라 계산하고, 계산값의 최대, 최소의 선택에 따라 외기량을 계산한다.

$$\begin{array}{l}
 OAppI\_h \quad (\ell / s) / \text{인} \times \text{SysNofPpl} \\
 OAarea\_h \quad (\ell / s) / \text{m}^2 \times \text{SysArea} \\
 OAxng\_h \quad x / \text{Hr} \times \text{SysVolm} / 3.6 \\
 OAsavol\_h \quad \% \times \text{AHUSAVOLc} / 100
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} OAppI\_h \\ OAarea\_h \\ OAxng\_h \\ OAsavol\_h \end{array}} \right\} \text{max or min}$$

③ 실내배기량 기준이 YES 이고 OAVOLh < SysExst 이면,

$$OAVOLc = \text{SysExst}, \text{ else OK!!}$$

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
OAppI_h	일인당 외기도입량	ℓ / s	10	0	7	
OAarea_h	면적당 외기도입량	(ℓ / s) / m <sup>2</sup>	10	0	6	
OAxng_h	환기횟수에 의한 방법	x / Hr	10	0	8	
OAsavol_h	급기풍량의 비율에 의한 방법	%	100	0	20	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
OAVOLc	외기도입량	ℓ / s	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
SysNofPpl	시스템의 총인원수	인	
SysArea	시스템의 면적	m <sup>2</sup>	
SysVolm	시스템의 풍량	ℓ / s	
AHUSAVOLc	공조기 풍량	ℓ / s	
SysExst	시스템의 배기량	ℓ / s	

(10) 환기량 계산(F\_RAVOLc)

(가) 계산 알고리즘

- ① 공조기풍량(AHUSAVOLc)과 외기량(OAVOLc)을 읽어온다
- ② 환기량 계산

$$RAVOLc = AHUSAVOLc - OAVOLc$$

(나) 변수명

① 출력변수

변수명	명 칭	단 위	비 고
RAVOLc	환기량	ℓ / s	

② 내부변수

변수명	명 칭	단 위	비 고
AHUSAVOLc	공조기 풍량	ℓ / s	
OAVOLc	외기 도입량	ℓ / s	

(11) 환기 및 배기 Fan의 풍량 계산(F\_RAFanVOLc, F\_EAFanVOLc)

(가) 계산 알고리즘

- ① 팬의 형태 선택(RAFanType = 0, 1, 2)

\* NONE, \* 환기팬, \* 배기팬

- ② ①에서 NONE을 선택한 경우

$$RAFanVOLc = 0, \quad EAVOLc = 0, \quad EAFanVOLc = 0$$

- ③ ①에서 환기팬을 선택한 경우

$$RAFanVOLc = AHUSAVOLc - SysExst$$

$$EAFanVOLc = 0 \quad * (RAVOL + EAVOL = RAFanVOL \text{ 이므로})$$

$$EAVOLc = RAFanVOLc - RAVOLc$$

※ 여기서 실내공기압은 평형을 이루고 있다고 가정함

즉, 실내가 양압(Positive)이나 부압(Negative)으로 되지 않고

±0의 균형(=대기압)을 이루고 있다고 가정함

- ④ ①에서 배기팬을 선택한 경우

$$RAFanVOLc = 0$$

\* (RAVOL + EAFanVOL = AHUSAVOL - SysExst 이므로

EAVOL = EAFanVOL = AHUSAVOL - SysExst - RAVOL

여기서 RAVOL = SAVOL - OAVOL 이므로)

EAFanVOLc = OAVOLc - SysExst, EAVOLc = EAFanVOLc

(나) 변수명

① 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
RAFanVOLc	환기팬 풍량	ℓ / s	
EAVOLc	배기 풍량	ℓ / s	
EAFanVOLc	배기팬 풍량	ℓ / s	

② 내부변수

명칭	변수명	단위	비고
공조기 급기풍량	AHUSAVOLc	ℓ / s	
시스템 배기량	SysExst	ℓ / s	
환기풍량	RAVOLc	ℓ / s	

(12) ROOM → 환기(RA)로 나가는 풍량 계산(F\_RmtoRAVOLc)

(가) 계산 알고리즘

① 풍량계산

$$RmtoRAVOLc = RAVOLc + EAVOLc$$

② 환기 및 배기 Fan의 선택에 따른 계산

\* NONE : RmtoRAVOLc = RAVOLc

\* 환기팬 : RmtoRAVOLc = RAFanVOLc

\* 배기팬 : RmtoRAVOLc = AHUSAVOLc - SysExst

※ RAFan, RADuct, RAP1nm 등에서의 온도상승 계산시 기준풍량은 RmtoRAVOLc 이다.

(나) 변수명

① 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
RmtoRAVOLc	실에서 RA로 나가는 풍량	ℓ/s	

② 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
RAVOLc	환기 풍량	ℓ/s	
RAFanVOLc	환기팬의 풍량	ℓ/s	
AHUSAVOLc	공조기 급기 풍량	ℓ/s	
SysExst	시스템 배기량	ℓ/s	

(13) 플레넘부하에 의한 환기(RA)의 온도상승(F\_RAP1nmTR)

(가) 계산 알고리즘

$$RAP1nmTR(Mo, Hr) = \frac{SysP1nm(Mo, Hr)}{1.23 \times ACF \times RmtoRAVOLc}$$

(나) 변수명

① 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
RAP1nmTR(Mo, Hr)	플레넘부하에 의한 RA의 온도상승	℃	

② 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
SysP1nm(Mo, Hr)	시스템의 플레넘 부하	W	
RmtoRAVOLc	실내에서 환기되는 풍량	ℓ/s	
ACF	공기밀도 수정계수	-	

(14) 전열교환기(여름)의 외기처리 계산(F\_HtExcngOAc)

(가) 계산 알고리즘

① 기상자료에서 OADBc(Mo, Hr), OAXc(Mo, Hr)를 읽어 와서

OARHc(Mo, Hr), OAWBc(Mo, Hr), OAEmpyc(Mo, Hr) 습공기 계산

② 전열교환기의 성능 DATA 입력

현열교환효율 : ThWhSens\_c (%)

잠열교환효율 : ThWhLatn\_c (%)

③ RA또는 EA의 조건을 구한다.

(배기 Fan에 의한 온도상승은 무시한다.

즉, 배기 Duct에 의한 온도상승은 RADuct 온도상승에 포함되어 있는 것으로 본다.)

$$RADBc(Mo, Hr) = SysRmDBc + RAPInmTR(Mo, Hr) + RADuctTR + RAFanTR$$

$$RAXc = SysRmXc$$

RADBc(Mo, Hr), RAXc로부터 습공기 상태량 계산

→ RARHc(Mo, Hr), RAWBc(Mo, Hr), RAEnpyc(Mo, Hr)

$$EADBc(Mo, Hr) = RADBc(Mo, Hr)$$

$$EAXc = RAXc$$

④ 전열교환기의 외기처리 계산

$$OA'DBc(Mo, Hr) = OADBc(Mo, Hr) - ThWhSens_c \times (OADBc(Mo, Hr) - EADBc(Mo, Hr)) / 100$$

$$OA'Xc = OAXc - ThWhLatn_c \times (OAXc - EAXc) / 100$$

OA'DBc(Mo, Hr), OA'Xc로부터 습공기 상태량 계산

→ OA'RHc(Mo, Hr), OA'WBc(Mo, Hr), OA'Enpyc(Mo, Hr)

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
ThWhSens_c	현열교환효율	%	100	0	55	
ThWhLatn_c	잠열교환효율	%	100	0	65	

② 출력변수

1. 외기의 상태량

OADBc(Mo, Hr), OAXc(Mo, Hr), OARHc(Mo, Hr),

OAWBc(Mo, Hr), OAEnpyc(Mo, Hr)

2. 환기의 상태량

RADBc(Mo, Hr), RAXc(Mo, Hr), RARHc(Mo, Hr),

RAWBc(Mo, Hr), RAEnpyc(Mo, Hr)

3. 수정외기의 상태량

OA'DBc(Mo, Hr), OA'Xc(Mo, Hr), OA'RHc(Mo, Hr),  
OA'WBc(Mo, Hr), OA'Enpyc(Mo, Hr)

(15) 전열교환기(겨울)의 외기처리 계산(F\_HtExcngOAh)

(가) 계산 알고리즘

① 전열교환기의 성능 DATA 입력

변수명	명칭	단위
현열교환효율	ThWhSens_h	%
잠열교환효율	ThWhLatn_h	%

② 환기(RA) 또는 배기(EA)의 조건

(배기 Fan에 의한 온도상승은 무시한다. 즉, 배기 Duct에 의한 온도상승은 환기 Duct 온도상승에 포함되어 있는 것으로 본다.)

$$RADBh = SysRmDBh$$

$$RAXh = SysRmXh$$

$$EADBh = RADBh$$

$$EAXh = RAXh$$

③ 전열교환기 통과후의 공기상태 계산

$$OA'DBh = OADBh + ThWhSens_h \times (EADBh - OADBh) / 100$$

$$OA'Xh = OAXh + ThWhLatn_h \times (EAXh - OAXh) / 100$$

OA'DBh, OA'Xh 로부터 → OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh 습공기 계산

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
ThWhSens_h	현열교환효율	%	100	0	55	
ThWhLatn_h	잠열교환효율	%	100	0	65	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
OA'DBh, OA'Xh, OA'WBh, OA'RHh, OA'Enpyh	전열교환기 통과후의 공기상태	-	

(16) 냉방 혼합공기 상태계산(F\_MixAirc)

(가) 계산 알고리즘

① 혼합공기의 건구온도 계산

$$MADBc(Mo, Hr) = \frac{(RADBc(Mo, Hr) \times RAVOLc) + (OA'DBc(Mo, Hr) \times OAVOLc)}{(RAVOLc + OAVOLc)}$$

② 혼합공기의 절대습도 계산

$$MAXc(Mo, Hr) = \frac{(RAXc(Mo, Hr) \times RAVOLc) + (OA'Xc(Mo, Hr) \times OAVOLc)}{(RAVOLc + OAVOLc)}$$

③ MADBc(Mo, Hr), MAXc(Mo, Hr)로 부터 습공기의 상태량 계산

→ MARHc(Mo, Hr), MAWBc(Mo, Hr), MAEnpyc(Mo, Hr)

(나) 변수명

① 내부변수

변수명	명 칭	단 위	비 고
RADBc(Mo, Hr)	환기건구온도	℃	
RAXc(Mo, Hr)	환기절대습도	g/kg	
OA'DBc(Mo, Hr)	수정외기건구온도	℃	
OA'Xc(Mo, Hr)	수정외기절대습도	g/kg	
OAVOLc	외기풍량	ℓ /s	
RAVOLc	환기풍량	ℓ /s	

② 출력변수

혼합공기의 상태량

MADBc(Mo, Hr), MAXc(Mo, Hr), MARHc(Mo, Hr),

MAWBc(Mo, Hr), MAEnpyc(Mo, Hr)

(17) 난방 혼합공기 상태계산(F\_MixAirh)

(가) 계산 알고리즘

① 혼합공기의 건구온도 계산

$$MADBh = \frac{(RADBh \times RAVOLh) + (OA'DBh \times OAVOLh)}{(RAVOLh + OAVOLh)}$$



② 혼합공기의 절대습도 계산

$$\text{MAXh} = \frac{(\text{RAXh} \times \text{RAVOLh}) + (\text{OA}'\text{Xh} \times \text{OAVOLh})}{(\text{RAVOLh} + \text{OAVOLh})}$$

③ MADBh, MAXh로부터 습공기 상태량 계산

→ MARHh, MAWBh, MAEnpyh

(나) 변수명

① 내부변수

변수명	명 칭	단 위	비 고
RADBc(Mo, Hr)	환기건구온도	℃	
RAXc(Mo, Hr)	환기절대습도	g/kg	
OA'DBc(Mo, Hr)	수정외기건구온도	℃	
OA'Xc(Mo, Hr)	수정외기절대습도	g/kg	
OAVOLc	외기풍량	ℓ /s	
RAVOLc	환기풍량	ℓ /s	

② 출력변수

혼합공기의 상태량

MADBc(Mo, Hr), MAXc(Mo, Hr), MARHc(Mo, Hr),

MAWBc(Mo, Hr), MAEnpyc(Mo, Hr)

(18) 난방풍량결정(난방취출온도차, HTGTD 기준)(F\_SAVOLh)

(가) 계산 알고리즘

① 난방풍량 계산

$$\text{난방풍량 SAVOLh} = \frac{\text{SysHtLd}}{1.23 \times \text{ACF} \times \text{HTGTD}}$$

② 난방코일 출구 급기온도

$$\text{SADBh} = \text{SysRmDBh} - \text{HTGTD}$$

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
HTGTD	난방취출온도차	℃	60	20	40	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
SADBh	급기건구온도	℃	
SAVOLh	급기풍량	ℓ / s	
SysHtLd	시스템난방부하	W	

③ 내부변수

변수명	명칭	단위	비고
SysRmDBh	대표실내온도조건	℃	

(19) 예열코일(외기덕트)의 계산(F\_Preheat)

(가) 계산 알고리즘

① 기상자료로부터 겨울 외기상태를 계산 한다.

OADBh, OAXh → OAWBh, OARHh, OAEmpyh

② 예열코일(외기덕트) Data 입력

변수명	명칭	단위	비고
PreheaT	예열코일출구온도	℃	* PreheaT 의 값은 0 보다 클 것

③ 만약 OADBh ≥ PreheaT 이면 예열코일(외기덕트) = (없음)

OA'DBh = OADBh, QPreheat = 0

else OA'DBh = PreheaT

QPreheat = OAVOLh × 1.23 × ACF × (OA'DBh - OADBh)

④ 예열코일의 선정과 계산

1. 전기

$$\text{PreheatKW} = \frac{\text{QPreheat}}{1000}$$

2. 증기

열원시스템 공조기용 열원의 증기 압력 SteamP(kPa)로

부터 증기 잠열 SteamHeat(kJ/kg)를 구해 온다.

$$\text{PreheatKGS}(\text{kg/s}) = \frac{\text{QPreheat}}{1000 \times \text{SteamHeat}}$$

⑤ OA'Xh = OAXh

OA'DBh, OA'Xh 습공기 상태량 계산

→ OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
PreheaT	예열코일출구온도	℃	10	0	5	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
QPreheat	예열열량	W	
SteamHeat	증기잠열	(kJ/kg)	
PreheatKW	예열코일 전기용량	W	
PreheatKGS	예열코일 증기용량	(kg/s)	
OA'DBh, OA'Xh, OA'WBh, OA'RHh, OA'Enpyh	외기의 상태량	-	

③ 내부변수

명칭	변수명	단위	비고
OADBh	외기 건구온도	℃	
OAXh	외기 절대습도	g/kg	

(20) 예열코일(혼합박스)의 계산(F\_Preheat)

(가) 계산 알고리즘

① 예열코일(외기덕트) Data 입력

변수명	명칭	단위	비고
PreheaT	예열코일출구온도	℃	* PreheaT 의 값은 0 보다 클 것

② 만약 OADBh ≥ PreheaT 이면 예열코일(외기덕트) = (없음)

$$\text{OA'DBh} = \text{OADBh}, \text{QPreheat} = 0$$

$$\text{else } \text{OA'DBh} = \text{PreheaT}$$

$$\text{QPreheat} = \text{OAVOLh} \times 1.23 \times \text{ACF} \times (\text{OA'DBh} - \text{OADBh})$$

③ 예열코일의 선정과 계산

1. 전기

$$\text{PreheatKW} = \frac{\text{QPreheat}}{1000}$$

2. 증기

열원시스템 공조기용 열원의 증기 압력 SteamP(kPa)로부터 증기 잠열 SteamHeat(kJ/kg)를 구해 온다.

$$\text{PreheatKGS(kg/s)} = \frac{\text{QPreheat}}{1000 \times \text{SteamHeat}}$$

④ MA'Xh = MAXh

MA'DBh, MA'Xh 습공기 상태량 계산

→ MA'RHh, MA'WBh, MA'Enpyh

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비고
PreheatT	예열코일출구온도	℃	10	0	5	.

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비고
QPreheat	예열열량	W	
SteamHeat	증기잠열	(kJ/kg)	
PreheatKW	예열코일 전기용량	W	
PreheatKGS	예열코일 증기용량	(kg/s)	
MA'DBh, MA'Xh, MA'WBh, MA'RHh, MA'Enpyh	혼합공기의 상태량	-	

(21) 가습기 계산(F\_HumiTR)

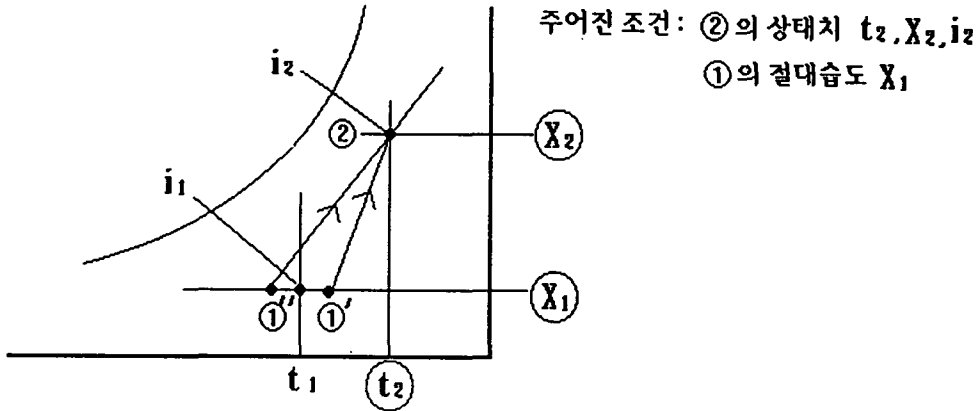
(가) 계산 알고리즘

① 가습기의 종류 선택

1. 증기분사식
2. 전기 PAN가습
3. 물분사식
4. 통풍기화식

② 증기분사식의 경우

1. 증기분사식의 가습과정



가습량  $SysLhumi = AHUSAVOLh \times (X_2 - X_1) \times 1.204 \times ACF / 3.6 \text{ (g/s)}$

2. 열원시스템의 가습기용 열원 ‘증기분사’ 압력  $SteamP(kPa)$ 을  
읽어온다.

해당압력을 찾아 포화증기 엔탈피  $SteamHeat(kJ/kg)$ 을 찾아  
①에서의 Enthalpy  $i_1$ 을 구한다.

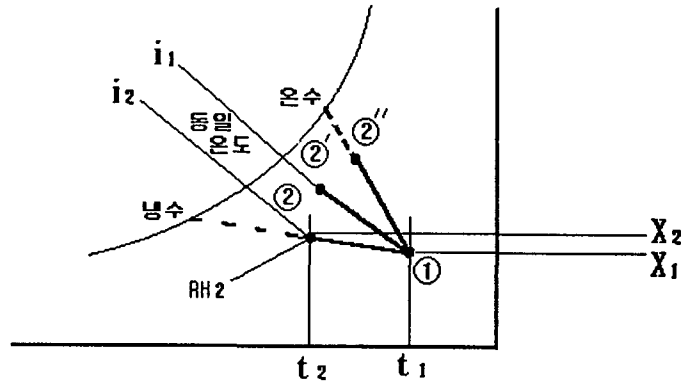
$$i_1 = i_2 - \frac{SysLhumi \times SteamHeat}{1.204 \times ACF \times 1000 \times AHUSAVOLh}$$

3.  $i_1$  과  $X_1$  으로부터  $t_1, t'_1, RH_1$  등을 구한다.

증기분사에 의한 온도상승  $HumiTR = t_2 - t_1$

③ 전기PAN가습/물분사식/통풍기화식인 경우

1. 물분무 등의 가습과정



주어진 조건 : ②의 상태치  $t_2, X_2, i_2 \dots$   
 ①의 절대습도  $X_1$

가습량  $SysLhumi = AHUSAVOLhx( X_2 - X_1 ) \times 1.204 \times ACF / 3.6 \text{ (g/s)}$

2. 열원시스템의 가습기용 열원 '전기PAN가습/물분사식/통풍기화식' 수온  $HumiTw$ 를 읽어온다.
3. ①에서의 Enthalpy  $i_1$  를 구한다.

$$i_1 = i_2 - \frac{SysLhumi \times HumiTw}{1.204 \times ACF \times 1000 \times AHUSAVOLh}$$

4.  $i_1$  과  $X_1$  으로부터  $t_1, t'_1, RH_1$  등을 구한다.  
 물가습에 의한 온도상승  $HumiTR = t_2 - t_1$  이다.

(나) 변수명

① 입력변수

변수명	명칭	단위	최대	최소	기본값	비 고
SteamP	증기분사압력	kPa	5	0	0.35	
HumiTw	물/전기/통풍기 화식 수온	℃	100	0	15	

② 출력변수

변수명	명칭	단위	비 고
HumiTr	가습에 의한 온도상승	℃	
SysLhumi	가습량	g/s	

(22) 공기밀도 수정계수(F\_ACF)

(가) 계산 알고리즘

$$\text{ACF (Air Density Correction Factor)} = P / P_o$$

여기서,  $P = f(Z)$  : 표고  $Z$  (m) 에 따라 계산된 대기압

$$P_o = 101.325 \text{ kPa}$$

(나) 변수명

① 입력변수

명칭	변수명	단위	최대	최소	기본값	비 고
P	표고 $Z$ (m)에 따라 계산된 대기압	kPa	-	-	-	
Po	표준대기압	kPa	-	-	101.325	

② 출력변수

명칭	변수명	단위	비 고
ACF	공기밀도 수정계수	-	

마. 공조시스템 계산 알고리즘

(1) 단일구역 정풍량 방식(CAV-SZ)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준 입력

- 냉방취출온도차(CLGTD) 입력
- 터미널 유닛은 없음

② 냉각코일 계산조건 입력

1. 냉각코일의 종류 선정

- \* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

- \* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%
- \* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

(나) 냉방 계산 알고리즘

① ROOM의 부하계산 결과 자료를 읽어온다.

SysBlkSens, SysBlkLatn, SysPlnm(Mo, Hr)

② 대표실내온습도 조건(여름)의 상태량 계산

SysRmDBc, SysRmRHc --> SysRmXc, SysRmWBc, RmEnpyc

③ 급기 Fan의 온도상승 계산

함수 : F\_SAFanTR

1. 급기 Fan이 "DRAW-THRU" 방식일 경우

Supply Fan 온도상승 (SAFanTR) 계산,

else SAFanTR = 0, QSAFan = 0

2. Blow-Thru Fan에 의한 온도상승(SAFanTR) 계산

Supply Fan에 의한 열취득계산(QSAFan)

④ Supply Duct 온도상승

SADuctTR 입력

⑤ 냉방풍량 계산

냉방취출온도차, CLGTD 기준 계산 함수 : F\_SAVOLc



⑥ 각 ROOM 별 냉방급기풍량수정계산

함수 : F\_RmSAVOLc

⑦ 공조기냉방풍량 계산

$$AHUSAVOLc = \Sigma(RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

⑧ 외기량 계산

함수 : F\_OAVOLc

⑨ 환기량 계산

함수 : F\_RAVOLc

⑩ 환기배기 Fan 풍량 계산

함수 : F\_RAFanVOLc, F\_EAFanVOLc

⑪ 실내 → RA로 나가는 풍량계산

함수 : F\_RmtoRAVOLc

⑫ RA Fan 및 RA Duct의 온도상승 계산

함수 : F\_RAfanTR, F\_RADuctTR

⑬ 각 월/시각(Mo/Hr)에 대해 계산하면서 공조기부하(QCC)가 최대가 되는 냉각코일부하 피크시각(=CoilPkMo/CoilPkHr)을 찾아낸다.

⑭ Plenum 부하에 의한 RA온도상승 계산

함수 : F\_RAPlnmTR(Mo, Hr)

⑮ 외기의 습공기 상태량 계산

기상자료로부터 외기 DATA를 읽어 와서

OADBc(Mo, Hr), OAXc(Mo, Hr)

--> OAWBc(Mo, Hr), OARHc(Mo, Hr), OAEmpyc(Mo, Hr)

⑯ 외기부하의 계산

1. 전열교환기가 있는 경우의 계산

\* 함수 F\_HtExcngOAc를 이용하여 외기 상태량 계산

OA'DBc(Mo, Hr), OA'Xc(Mo, Hr), OA'WBc(Mo, Hr),

OA'RHc(Mo, Hr), OA'Empyc(Mo, Hr)

\* 외기 부하의 계산

QcVentil(Mo, Hr)

$$= OAVOLc \times 1.204 \times ACF \times (OA'Enpyc(Mo, Hr) - SysRmEnpyc)$$

2. 전열교환기가 없는 경우의 계산

\* 외기 부하의 계산

$$QcVentil(Mo, Hr)$$

$$= OAVOLc \times 1.204 \times ACF \times (OAEnpyc(Mo, Hr) - SysRmEnpyc)$$

⑰ RA와 OA의 혼합상태 계산

$$MADBc(Mo, Hr), MAXc(Mo, Hr),$$

$$MARHc(Mo, Hr), MAWBc(Mo, Hr), MAEnpyc(Mo, Hr)$$

⑱ 공조기 냉각코일부하 계산

$$QCC(Mo, Hr) = AHUSAVOLc \times 1.204 \times ACF \times (LvCoilSAEnpy - MAEnpyc(Mo, Hr)) + QSAFanblow$$

⑲ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 난방계산 알고리즘

① 공조기 급기풍량

$$AHUSAVOLh = AHUSAVOLc$$

② 외기량 계산

$$\text{함수} : F\_OAVOLh$$

③ 기상자료로부터 OADBh, OAXh를 읽어와서 상태량을 계산 한다.

$$\rightarrow OARHh, OAWBh, OAEnpyh$$

④ 공조기 입력화면으로부터 대표실내온습도조건 SysRmDBh, SysRmRHh로 상태량 계산  $\rightarrow$  SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEnpyh

⑤ 예열코일(외기덕트) 계산

$$\text{함수} : F\_Preheat$$

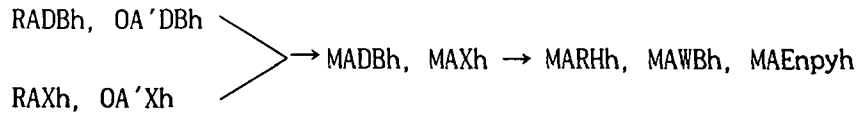
$$OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh$$

⑥ 전열교환기 계산

전열교환기 처리후 공기상태량 계산,

$$OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh$$

⑦ RA와 OA의 혼합상태 계산



⑧ 예열코일(혼합박스) 계산

$$\text{MA'DBh, MA'Xh, MA'RHh, MA'WBh, MA'Enpyh}$$

⑨ 난방급기온도 계산

1. 실내 난방기기가 있을 때

$$\text{난방급기온도(SADBh)} = \text{SysRmDBh}$$

2. 실내 난방기기가 없을 때

$$\text{난방급기온도 (SADBh)} = \text{SysRmDBh} + \frac{\text{SysHtLd}}{1.23 \times \text{ACF} \times \text{AHUSAVOLh}}$$

\* 이때 난방급기온도가 55℃이상이면 "Warwing Message"

$$\text{SAXh} = \text{SysRmXh} + \text{SysLhumi} / (0.001204 \times \text{ACF} \times \text{AHUSAVOLh})$$

⑩ 가습기 계산

$$\text{함수 : F\_HumiTR}$$

⑪ 가열코일 용량 계산

$$\text{QHC} = \text{AHUSAVOLh} \times 1.23 \times \text{ACF} \times (\text{SADBh} - \text{HumiTR} - \text{MA'DBh})$$

$$\text{* 전기일 경우 HC\_KW} = \text{QHC} / 1000$$

$$\text{* 온수일 경우 HC\_LPS} = \text{QHC} \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS} - \text{HWR}))$$

$$\text{* 증기일 경우 HC\_KGS} = \text{QHC} / \text{SteamHeat}$$

⑫ 각 실별 난방 계산

1. 실내 난방기기가 있을 때

난방기기용량 계산

$$\begin{aligned}
 \text{RmHTG(RmNum)} &= \text{RmHtLd(RmNum)} + \text{RmSAVOLh(RmNum)} \times 1.23 \\
 &\quad \times \text{ACF} \times (\text{RmDBh(RmNum)} - \text{SADBh})
 \end{aligned}$$

$$\text{* 전기일 경우 RmHTG\_KW(RmNum)} = \text{RmHTG(RmNum)} / 1000$$

$$\begin{aligned}
 \text{* 온수(1)일 경우 RmHTG\_LPS(RmNum)} &= \text{RmHTG(RmNum)} \\
 &\quad \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1}))
 \end{aligned}$$

\* 온수(2)일 경우  $RmHTG\_LPS(RmNum) = RmHTG(RmNum) \times 0.86 / (3600 \times (HWS2 - HWR2))$

\* 증기일 경우  $RmHTG\_KGS(RmNum) = RmHTG(RmNum) / SteamHeat$

2. 실내 난방기기가 없을 때

각 실별 난방공급열량

$$RmQH(RmNum) = RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \times ACF \times (SADBh - RmDBh(RmNum))$$

각 실별 난방과부족량

$$RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$$

※ 여기서,  $RmSAVOLh = RmSAVOLc$  (각 실별풍량)

(2) 정풍량 말단재열 방식(CAV-TR)

(가) 계산 조건의 입력

① 터미널 유닛(T.U)의 형식

CAV Box, CAV Box with Heating Coil

② 풍량결정기준

냉방취출온도차(CLGTD) (°C)

(나) 냉방 계산 알고리즘

① ~ ⑱ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방 계산 알고리즘의

① ~ ⑱와 동일

⑳ 재열부하 계산(QcReheat)

$$QcReheat = AHUSAVOLc \times 1.23 \times ACF \times (SysRmDBh - SADBc)$$

㉑ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 터미널유닛(TU\_CAV-TR)냉방 계산 알고리즘

① 사용할 수 있는 Terminal Unit 종류

CAV Box, CAV Box with Heating Coil

② 존의 급기풍량 계산

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum))$$

③ 재열 용량 계산

1. 터미널 유닛을 CAV Box with Heating Coil로 선택한 Zone의 경우

$$\text{ZnRhLd}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLc}(\text{ZnNum}) \times 1.23$$

$$\times \text{ACF} \times (\text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) - \text{SADBc})$$

$$\text{ReheatKW}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLd}(\text{ZnNum}) / 1000 \quad (\text{전기일 경우})$$

$$\text{ReheatLPS1}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLd}(\text{ZnNum})$$

$$\times 0.86 / ((3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1}))) \quad (\text{온수1일 경우})$$

$$\text{ReheatLPS2}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLd}(\text{ZnNum})$$

$$\times 0.86 / ((3600 \times (\text{HWS2} - \text{HWR2}))) \quad (\text{온수2일 경우})$$

2. 터미널 유닛을 CAV Box로 선택한 Zone의 경우

$$\text{ZnRhLd}(\text{ZnNum}) = 0$$

$$\text{ReheatKW}(\text{ZnNum}) = 0 \quad (\text{전기일 경우})$$

$$\text{ReheatLPS1,2}(\text{ZnNum}) = 0 \quad (\text{온수1,2일 경우})$$

(라) 난방 계산 알고리즘

① ~ ⑩ : (가) 단일구역 정풍량방식의 (다) 난방 계산 알고리즘의

① ~ ⑩와 동일

⑪ 가열코일 용량 계산

1. 만약  $\text{MA'DBh} > (\text{SADBh} - \text{HumiTR})$  이면

$$\text{SADBh} = \text{MA'DBh} + \text{HumiTR}$$

$$\text{QHC} = 0, \quad \text{HC\_KW} = 0$$

$$\text{HC\_LPS} = 0, \quad \text{HC\_KGS} = 0$$

2. else  $\text{QHC} = \text{AHUSAVOLh} \times 1.23 \times \text{ACF}$

$$\times (\text{SADBh} - \text{HumiTR} - \text{MA'DBh})$$

$$* \text{전기일 경우 } \text{HC\_KW} = \text{QHC} / 1000$$

$$* \text{온수일 경우 } \text{HC\_LPS} = \text{QHC} \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS} - \text{HWR}))$$

$$* \text{증기일 경우 } \text{HC\_KGS} = \text{QHC} / \text{SteamHeat}$$

(마) 터미널유닛(TU\_CAV-TR)의 난방계산 알고리즘

① 존의 급기풍량 계산

$$\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLc}(\text{ZnNum})$$

② 존의 급기온도와 가열 열량 계산

1. 터미널 유닛을 CAV Box with Heating Coil로 선택한 Zone

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) / (\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF}) + \text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum})$$

$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) + \text{ZnRhLd}(\text{ZnNum})$$

2. 터미널 유닛을 CAV Box로 선택한 Zone

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{SADBh}, \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = 0$$

③ 각 실별 난방계산(의미없음)

1. 실내난방공급량 계산

$$\text{RmQH}(\text{RmNum}) = \text{RmSAVOLh}(\text{RmNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \times (\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) - \text{RmDBh}(\text{RmNum}))$$

※ 여기서,  $\text{RmSAVOLh}(\text{RmNum}) = \text{RmSAVOLc}(\text{RmNum})$  (각 실별풍량)

2. 실내난방과부족 계산

$$\text{RmHC}(\text{RmNum}) = \text{RmQH}(\text{RmNum}) - \text{RmHtLd}(\text{RmNum})$$

(3) 정풍량 멀티존/이중덕트 방식(CAV-MZ/DD)

(가) 계산조건

① MZ의 경우

T.U는 없음. 그러나 ZONE은 있음

② DD의 경우

T.U는 CAV Box(cooling only), CAV Mixing DD Box

③ 풍량결정기준

냉풍덕트온도(TCD) °C

온풍덕트온도(THD) °C

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ④ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방계산 알고리즘의

① ~ ④와 동일

⑤ 냉방풍량 계산

SADBc = TCD로 하여

냉방풍량 (SAVOLc) 계산---(냉풍덕트온도, SADBc)

⑥ ~ ⑩ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (가) 냉방계산 알고리즘의

⑥ ~ ⑩과 동일

⑪ 냉풍 및 온풍 덕트의 풍량 계산

$$AHUSAVOLc\_CD = \frac{SysB1kSens + AHUSAVOLc \times 1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw + SADuctTR - SysRmDBc)}{1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw - LvCoilDB)}$$

$$AHUSAVOLc\_HD = AHUSAVOLc - AHUSAVOLc\_CD$$

⑫ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 터미널유닛(TU\_CAV\_MZ/DD)의 냉방계산 알고리즘

① 존의 급기풍량 계산

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum))$$

② 터미널 유닛을 CAV Box DD Mixing로 선택한 Zone의 계산

$$ZnRhLd(ZnNum) = 0, ReheatKW(ZnNum) = 0, ReheatLPS(ZnNum) = 0$$

Zone Level 에서의 여름철CD, HD 풍량계산

$$ZnSAVOLc\_CD(ZnNum) = \frac{ZnB1kSens(ZnNum) + ZnSAVOLc(ZnNum) \times 1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw + SADuctTR - ZnRmDBc(ZnNum))}{1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw - LvCoilDB)}$$

$$ZnSAVOLc\_HD(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum) - ZnSAVOLc\_CD(ZnNum)$$

③ 터미널 유닛을 CAV Box로 선택한 Zone의 계산

$$ZnSAVOLc\_CD(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

$$ZnSAVOLc\_HD(ZnNum) = 0$$

(라) 난방계산 알고리즘

① ~ ⑧ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (다) 난방계산 알고리즘의

① ~ ⑧와 동일

⑨ 급기온도 및 절대습도 계산

$$SADBh = MA'DBh$$

$$SAXh = SysRmXh + SysLhumi / (0.001204 \times ACF \times AHUSAVOLh)$$

⑩ 가습기 계산

$$\text{함수} : F\_HumiTR$$

⑪ 냉풍덕트와 온풍덕트의 풍량 계산

$$AHUSAVOLh\_HD, = \frac{SysHtLd+AHUSAVOLhx1.23xACFx}{(SysRmDBh-MA'DBh-HumiTR)} \\ 1.23 \times ACF \times (THD-MA'DBh-HumiTR)$$

$$AHUSAVOLh\_CD, = AHUSAVOLh - AHUSAVOLh\_HD,$$

⑫ 가열코일용량 계산

$$QHC=AHUSAVOLh\_HDx1.23xACFx(THD-MA'DBh-HumiTR)$$

(마) 터미널 유닛(TU\_CAV-MZ/DD) 난방계산 알고리즘

① 존의 급기풍량 계산

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

1. 터미널 유닛을 CAV Box DD Mixing로 선택한 Zone의 경우

$$ZnSADBh(ZnNum) = ZnHtLd(ZnNum)$$

$$/ (ZnSAVOLh(ZnNum) \times 1.23 \times ACF) + ZnRmDBh(ZnNum)$$

$$ZnQHC(ZnNum) = 0$$

Zn Level에서의 겨울철 CD, HD 풍량계산

$$ZnSAVOLh\_HD, (ZnNum) = \frac{ZnHtLd(ZnNum) + ZnSAVOLh(ZnNum) \times 1.23 \times ACF}{x(ZnRmDBh(ZnNum) - MA'DBh - HumiTR)} \\ 1.23 \times ACF \times (THD - MA'DBh - HumiTR)$$

$$ZnSAVOLh\_CD, (ZnNum) = ZnSAVOLh(ZnNum) - ZnSAVOLh\_HD, (ZnNum)$$

2. 터미널 유닛을 CAV Box로 선택한 Zone의 경우

$$ZnSADBh(ZnNum) = MA'DBh + HumiTR$$



$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = 0$$

Zn Level에서의 겨울철 CD, HD 풍량계산

$$\text{ZnSAVOLh\_HD}(\text{ZnNum}) = 0$$

$$\text{ZnSAVOLh\_CD}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum})$$

② 각 실별 난방계산 (의미없음)

1. 각 실별 난방공급열량

$$\begin{aligned} \text{RmQH}(\text{RmNum}) &= \text{RmSAVOLh}(\text{RmNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \\ &\quad \times (\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) - \text{RmDBh}(\text{RmNum})) \end{aligned}$$

※ 여기서, RmSAVOLh = RmSAVOLc (각 실별풍량)

2. 각 실별 난방 과부족량

$$\text{RmHC}(\text{RmNum}) = \text{RmQH}(\text{RmNum}) - \text{RmHtLd}(\text{RmNum})$$

(4) 정풍량 유인유닛/팬코일 유닛 방식(CAV-ID / CAV-FC)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정 기준

\* 여름풍량=여름외기량(AHUSAVOLc, =OAVOLc)

\* 터미널 유닛은 없음

1. 외기량결정기준

각 Room 에 대해 여름외기량 산정기준 입력으로 부터 각각의 외기량 계산기준에 따라 계산하고, 최대 또는 최소를 선택한다. (=RmOAVOLc)

OAppl_c	( l /s)/인 × RmNofPpl	max or min
OArea_c	( l /s)/m <sup>2</sup> × RmArea	
OAxng_c	x/Hr × RmVolm / 3.6	
OASAVOLc	( 1/s) 직접입력값	

2. 실내배기량과 비교

```

if RmSAovrEA(RmNum) = "y" and
  if RmOAVOLc(RmNum) < RmExst(RmNum),
    then RmOAVOLc(RmNum) = RmExst(RmNum)
  else OK
else OK

```

### 3. 실별 최소급기풍량과 비교

```

if RmOAVOLc(RmNum) < RmSAmin(RmNum),
  then RmOAVOLc(RmNum) = RmSAmin(RmNum)
else, OK

```

### 4. RmSAVOLc(RmNum) = RmOAVOLc(RmNum)

#### ② 냉각코일 계산조건

##### 1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

##### 2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

#### (나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ④ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방계산 알고리즘의

① ~ ④와 동일

⑤ 냉각코일 출구 공기의 상태량 계산

$$LvCoilDBc = SADBc - (SAFanTRdraw + SADuctTR)$$

$$LvCoilDBc, LvCoilRHc \rightarrow LvCoilWBc, LvCoilXc, LvCoilEnpyc$$

⑥ 급기의 상태량 계산

$$SAXc = LvCoilXc$$

$$SADBc, SAXc \rightarrow SAWBc, SARHc, SAEnpyc$$

⑦ 공조기냉방풍량

$$AHUSAVOLc = \sum (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

⑧ 환기량 계산

함수 : F\_RAVOLc

⑨ 배기Fan 풍량 계산

함수 : F\_EAFanVOLc

⑩ 실내 → RA로 나가는 풍량계산

함수 : F\_RmtoRAVOLc

⑪ RA Fan 및 RA Duct의 온도상승계산

함수 : F\_RAfanTR, F\_RADuctTR

⑫ 각 월/시각(Mo/Hr)에 대해 계산하면서 공조기부하(QCC)가 최대로 되는 냉각코일부하 피크시각(=CoilPkMo/CoilPkHr)을 찾아낸다.

⑬ Plenum 부하에 의한 RA온도상승 계산

함수 : F\_RAPlnmTR(Mo, Hr)

⑭ 외기의 습공기 상태량 계산

OADBc(Mo, Hr), OAXc(Mo, Hr)

-> OAWBc(Mo, Hr), OARHc(Mo, Hr), OAEnpyc(Mo, Hr)

⑮ 전열교환기 계산

(OA'DBc(Mo, Hr), OA'Xc(Mo, Hr), OA'WBc(Mo, Hr),

OA'RHc(Mo, Hr), OA'Enpyc(Mo, Hr))

⑯ 공조기 냉각코일부하 계산

1. 전열교환기가 있는 경우

QCC = AHUSAVOLc x 1.204 x ACF x (OA'Enpy(Mo, Hr)  
- LvCoilEnpy) + QSAFanblow

2. 전열교환기가 없는 경우

QCC = AHUSAVOLc x 1.204 x ACF x (OAEnpyc(Mo, Hr)  
- LvCoilEnpy) + QSAFanblow

⑰ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 각 실별 유인 유닛/팬코일 유닛(IDU /FCU)의 용량계산

① ROOM의 부하계산 결과 자료를 읽어온다.

RmPkSens(RmNum), RmPkLatn(RmNum),

② 유닛의 실별부하 집계

$$\begin{aligned}
IDUsens(RmNum) &= RmPkSens(RmNum) - RmSAVOLc(RmNum) \\
&\quad \times 1.23 \times ACF \times (RmDBc(RmNum) - SADBc) \\
IDUlatn(RmNum) &= RmPkLatn(RmNum) - RmSAVOLc(RmNum) \\
&\quad \times 3.01 \times ACF \times (RmXc(RmNum) - SAXc) \\
IDUtotl(RmNum) &= IDUsens(RmNum) + IDUlatn(RmNum)
\end{aligned}$$

(라) 난방계산 알고리즘

① 외기량결정기준

1. 겨울외기량 산정기준 입력으로 부터 각각의 외기량 계산기준에 따라 계산하고, 최대 또는 최소를 선택한다. (=RmOAVOLh)

OApp1_h	( l /s)/인 × RmNofPpl	} max or min
OAarea_h	( l /s)/m <sup>2</sup> × RmArea	
OAxng_h	x/Hr × RmVolm / 3.6	
OASAVOLh	( 1/s) 직접입력값	

2. 실내배기량과 비교

```

if RmSAovrEA(RmNum) = "y" and
  if RmOAVOLh(RmNum) < RmExst(RmNum),
    then RmOAVOLh(RmNum) = RmExst(RmNum)
  else OK
else OK

```

3. 실별 최소급기풍량과 비교

```

if RmOAVOLh(RmNum) < RmSAmin(RmNum),
  then RmOAVOLh(RmNum) = RmSAmin(RmNum)
else, OK

```

4. RmSAVOLh(RmNum) = RmOAVOLh(RmNum)

② 공조기 난방풍량 계산

$$AHUSAVOLh = \Sigma(RmSAVOLh(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

- ③ 기상자료로부터 OADBh, OAXh를 읽어와서 습공기 상태량 계산

$$OARHh, OAWBh, OAEpyh$$

- ④ 예열코일(외기덕트) 계산

예열코일계산, OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh 구함

⑤ 전열교환기 계산

전열교환기 처리후 공기상태를 계산

OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh

⑥ 대표실내온습도 조건(여름)의 상태량 계산

SysRmDBh, SysRmRHh --> SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEnpyh

⑦ 급기의 상태량 계산

SADBh = SysRmDBh

SAXh = SysRmXh + SysLhumi / (0.001204 x ACF x AHUSAVOLh)

SADBc, SAXc ---> SAWBc, SARHc, SAEnpyc

⑧ 가습기 계산

함수 : F\_HumiTR

⑨ 가열코일 용량 계산

QHC = AHUSAVOLh x 1.23 x ACF x (SADBh - HumiTR - OA'DBh)

전기일 경우 HC\_KW = QHC / 1000

온수일 경우 HC\_LPS = QHC x 0.86 / (3600 x (HWS - HWR))

증기일 경우 HC\_KGS = QHC / SteamHeat

⑩ 각 실별 IDU 용량 계산

IDUhtld(RmNum) = RmHtLd(RmNum) - RmSAVOLh(RmNum)

x 1.23 x ACF x (SADBh - RmDBh(RmNum))

(5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

· 냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 :

VAV Box, CAV Box, CAV w/ Heating Coil

(나) 냉방계산 알고리즘

① ROOM의 부하계산 결과 자료를 읽어온다.

SysBlkSens, SysBlkLatn, SysPln(Mo, Hr)

(VAV System에 있어서 SysBlkSens, SysBlkLatn을 구할 때 T.U의 선택이 CAV Box 또는 CAV Box w/ Htg Coil인 Zone에 대해서는 RmPkSens, RmPkLatn을 적산하고 VAV Box인 Zone에 대해서는 RmSens 값을 적산한 후 최대로 되는 시각의 RmSens적산치, RmLatn적산치를 각각 합하여 최종 RmBlkSens 및 RmBlkLatn을 계산한다는 점에 특히 유의할 것)

② ~ ⑤ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방계산 알고리즘의

② ~ ⑤와 동일

⑥ 각 ROOM 별 풍량 수정계산

함수 : F\_RmSAVOL

1. 터미널 유닛을 CAV Box, CAV Box w/ Htg. Coil을 선택한 Zone에 속

하는 각 실에 대해 각 ROOM별 냉방급기풍량(RmSAVOLc)수정계산

$RmSAVOLold(RmNum) = RmPkSens(RmNum) / (1.23 \times ACF \times CLGTD)$

if RmSAVOLc(RmNum) < RmSAmin(RmNum),

then RmSAVOLc(RmNum) = RmSAmin(RmNum)

else, OK

if RmSAovrEA(RmNum) = "y" and

if RmSAVOLc(RmNum) < RmExst(RmNum),

then RmSAVOLc(RmNum) = RmExst(RmNum)

else OK

else OK

$AHUSAVOLadj(RmNum) = RmSAVOLc(RmNum) - RmSAVOLold(RmNum)$

2. 터미널 유닛을 VAV Box로 선택한 Zone에 있어서는 각 실별 최소풍

량 설정 또는 급기풍량을 실내배기량 이상으로 지정하여도 의미가  
없음.

$$AHUSAVOLadj(RmNum) = 0$$

⑦ 터미널유닛(TU\_VAV-Rad)냉방풍량계산

사용할 수 있는 Terminal Unit 종류 :

VAV Box, CAV Box, CAV Box with Heating Coil

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum))$$

⑧ 공조기냉방풍량 계산

$$AHUSAVOLc = SAVOLc + \sum (AHUSAVOLadj(RmNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

⑨ 외기량 계산

함수 : F\_OAVOLc

⑩ 각 월/시각(Mo/Hr)에 대해 계산하면서 공조기부하(QCC)가 최대로 되는 냉각코일부하 피크시각(=CoilPkMo/CoilPkHr)을 찾아낸다.

1. VAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$SysVAVsens(Mo, Hr) = \sum (RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

$$VAVAHUVOLc(Mo, Hr) = SysVAVsens(Mo, Hr) / (1.23 \times ACF \times CLGTD)$$

2. CAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$CAVAHUVOLc = \sum (ZnSAVOLc(ZnNum) \times RmMtpl(RmNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$$

$$AHUVOLnew(Mo, Hr) = VAVAHUVOLc(Mo, Hr) + CAVAHUVOLc$$

⑪ 외기량 재계산

$$OAVOLnew(Mo, Hr) = OAVOLc \times AHUVOLnew(Mo, Hr) / AHUSAVOLc$$

⑫ ~ ⑳ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방계산 알고리즘의  
⑨ ~ ⑲와 동일

(다) 난방계산 알고리즘

① 터미널 유닛(TU\_VAV-Rad)의 난방풍량 계산

1. T.U를 CAV Box, CAV Box w/ Htg. Coil을 선택한 Zone

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. T.U를 VAV Box로 선택한 Zone

터미널유니트 자료의 입력 화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값  
으로부터  $ZnSAVOLh(RmNum) =$

\* 환기회수  $ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$

\* 면적당 풍량  $ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$

\* % of T.U  $ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$

② 공조기 급기풍량 계산

$AHUSAVOLh = \sum (ZnSAVOLh(ZnNum) \times ZnMtpl(ZnNum))$

③ 외기량 계산

$OA'VOLh = OAVOLc \times AHUSAVOLh / AHUSAVOLc$

if  $OAVOLh > OA'VOLh$ , then  $OAVOLh = OA'VOLh$

주) 겨울의 외기량은 여름외기량으로부터 풍량비율에 따라 계산됨

④ ~ ⑩ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (다) 난방계산 알고리즘의

③ ~ ⑩과 동일

⑫ 가열코일 용량 계산

if  $MA'DBh > (SADBh - HumiTR)$ , then  $SADBh = MA'DBh + HumiTR$

$QHC = 0, HC\_KW = 0, HC\_LPS = 0, HC\_KGS = 0$

else 가열코일용량  $QHC = AHUSAVOLh \times 1.23 \times ACF$

$\times (SADBh - HumiTR - MA'DBh)$

전기일 경우  $HC\_KW = QHC / 1000$

온수일 경우  $HC\_LPS = QHC \times 0.86 / (3600 \times (HWS - HWR))$

증기일 경우  $HC\_KGS = QHC / SteamHeat$

\* (Warm-up)  $QHCwarmup = AHUSAVOLc \times 1.23 \times ACF \times (WarmupHtgTR)$

전기일 경우  $HC\_KWwarmup = QHCwarmup / 1000$

온수일 경우  $HC\_LPSwarmup = QHCwarmup \times 0.86 / (3600 \times (HWS - HWR))$

증기일 경우  $HC\_KGSwarmup = QHCwarmup / SteamHeat$

(라) 터미널유니트(TU\_VAV-Rad) 난방계산 알고리즘

① 존의 급기풍량 계산

$ZnSAVOLh(ZnNum), ZnRhLdh(ZnNum) = 0$



② 존의 급기온도와 가열열량 계산

1. CAV Box w/ Htg Coil의 경우

$$\begin{aligned} \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) &= \text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \\ &\quad \times (\text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) - \text{SADBh}) \\ \text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) &= \text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) \\ &\quad + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) / (\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF}) \end{aligned}$$

$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum})$$

전기일 경우  $\text{ZnHC\_KW}(\text{ZnNum}) = \text{ZnQHC} / 1000$

온수1일 경우  $\text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum})$   
 $= \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1}))$

온수2일 경우  $\text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum})$   
 $= \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS2} - \text{HWR2}))$

2. CAV Box의 경우

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{SADBh}, \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = 0$$

③ 각 실별 난방계산(실내 난방기기가 있음)

$$\text{난방기기용량}(\text{RmHTG}(\text{RmNum})) = \text{RmHtLd}(\text{RmNum})$$

전기일 경우  $\text{RmHTG\_KW}(\text{RmNum}) = \text{RmHTG}(\text{RmNum}) / 1000$

온수(1)일 경우  $\text{RmHTG\_LPS}(\text{RmNum}) = \text{RmHTG}(\text{RmNum}) \times 0.86$   
 $/ (3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1}))$

온수(2)일 경우  $\text{RmHTG\_LPS}(\text{RmNum}) = \text{RmHTG}(\text{RmNum}) \times 0.86$   
 $/ (3600 \times (\text{HWS2} - \text{HWR2}))$

증기일 경우  $\text{RmHTG\_KGS}(\text{RmNum}) = \text{RmHTG}(\text{RmNum}) / \text{SteamHeat}$

(6) 변풍량 단말 제열방식(VAV-TR)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

· 냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 ;

VAV Box, VAV Box w/ Heating Coil, CAV Box w/ Heating Coil

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ⑥ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ⑥와 동일

⑦ 터미널유닛(TU\_VAV-TR)냉방풍량계산

사용할 수 있는 Terminal Unit 종류 ;

VAV Box, VAV Box with Heating Coil

CAV Box with Heating Coil

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtp1(RmNum))$$

⑧ 터미널유닛(TU\_VAV-TR) 최소풍량(=난방풍량)계산

1. T.U를 CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. T.U를 VAV Box, VAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

자료입력화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값으로부터

$$ZnSAVOLh(RmNum) = ,$$

\* 환기회수  $ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$

\* 면적당 풍량  $ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$

\* % of T.U  $ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$

\* 난방취출온도차  $ZnHTGTD(ZnNum)$ 로 계산,

$$ZnHtLd(ZnNum) / (1.23 \times ACF \times ZnHTGTD(ZnNum))$$

⑨ 공조기냉방풍량 계산

$$AHUSAVOLc = SAVOLc + \sum (AHUSAVOLadj(RmNum) \times RmMtp1(RmNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

⑩ 외기량(OAVOLc) 계산

⑪ 각 월/시각(Mo/Hr)에 대해 계산하면서 공조기부하(QCC)가 최대가 되는 냉각코일부하 피크시각(=CoilPkMo/CoilPkHr)을 찾아낸다.

1. VAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$\text{SysVAVsens}(\text{Mo}, \text{Hr}) = \sum (\text{RmSens}(\text{RmNum}, \text{Mo}, \text{Hr}) \times \text{RmMtpI}(\text{RmNum}) \times \text{ZnMtpI}(\text{ZnNum}))$$

$$\text{VAVAHUVOLc}(\text{Mo}, \text{Hr}) = \text{SysVAVsens}(\text{Mo}, \text{Hr}) / (1.23 \times \text{ACF} \times \text{CLGTD})$$

2. CAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$\text{CAVAHUVOLc} = \sum (\text{ZnSAVOLc}(\text{ZnNum}) \times \text{RmMtpI}(\text{RmNum}) \times \text{ZnMtpI}(\text{ZnNum}))$$

$$\text{AHUVOLnew}(\text{Mo}, \text{Hr}) = \text{VAVAHUVOLc}(\text{Mo}, \text{Hr}) + \text{CAVAHUVOLc}$$

⑫ 외기량 재계산

$$\text{OAVOLnew}(\text{Mo}, \text{Hr}) = \text{OAVOLc} \times \text{AHUVOLnew}(\text{Mo}, \text{Hr}) / \text{AHUSAVOLc}$$

⑬ ~ ⑳ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 난방계산 알고리즘의

⑨ ~ ⑱와 동일

(다) 난방계산 알고리즘

① ~ ⑩ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의 (다) 난방 방식 알고리즘의 ② ~ ⑩와 동일

(라) 터미널유닛(TU\_VAV-TR) 난방계산 알고리즘

① 존의 급기풍량

$$\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum})$$

② 존의 급기온도와 급기풍량 계산

1. 터미널 유닛을 VAV Box로 선택한 Zone

$$\text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) = 0, \text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{SADBh}, \text{ZnQHC} = 0$$

$$\text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \times (\text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) - \text{SADBc})$$

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum})$$

$$+ \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) / (\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF})$$

$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum})$$

$$\text{전기일 경우 } \text{ZnHC\_kW}(\text{ZnNum}) = \text{ZnQHC} / 1000$$

$$\begin{aligned} \text{온수1일 경우 } ZnHC\_LPS(ZnNum) \\ = ZnQHC(ZnNum) \times 0.86 / (3600 \times (HWS1-HWR1)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{온수2일 경우 } ZnHC\_LPS(ZnNum) \\ = ZnQHC(ZnNum) \times 0.86 / (3600 \times (HWS2-HWR2)) \end{aligned}$$

③ 각 실별 난방계산(의미없음)

$$\begin{aligned} \text{실별난방공급량 } RmQH(RmNum) = RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \times ACF \\ \times (ZnSADBh(ZnNum) - RmDBh(RmNum)) \end{aligned}$$

$$\text{실별난방과부족 } RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$$

(7) 변풍량 병렬 팬급기 방식(VAV-FPPL)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

· 냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 :

VAV Box, VAV Box Fan Powered (Parallel),

CAV Box w/ Heating Coil

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ⑥ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ⑥과 동일

⑦ 터미널유닛(TU\_ VAV-FPPL)냉방풍량계산

사용할 수 있는 Terminal Unit 종류 :

VAV Box, VAV Box Fan Powered (Parallel),

CAV Box with Heating Coil

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl1(RmNum))$$

⑧ 터미널유닛(TU\_VAV-FPPL) 최소풍량계산(난방풍량과는 틀림)

1. 터미널 유닛을 CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$ZnSAVOLmin(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. 터미널 유닛을 VAV Box, VAV Box FPPL로 선택한 Zone

자료입력화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값으로부터

$$ZnSAVOLmin(ZnNum)$$

$$* \text{ 환기회수} = ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$$

$$* \text{ 면적당 풍량} = ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$$

$$* \% \text{ of T.U} = ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$$

$$ZnRhLd(ZnNum) = ZnSAVOLmin(ZnNum) \times 1.23 \times ACF$$

$$\times (ZnRmDBh(ZnNum) - SADBc)$$

⑨ ~ ㉓ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ⑨ ~ ㉓과 동일

(다) 난방계산 알고리즘

① ~ ⑪ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의 (다) 난방

방식 알고리즘의 ② ~ ⑫와 동일

(라) 터미널 유닛(TU\_VAV-FPPL)의 난방계산 알고리즘

① 터미널 유닛을 VAV Box, CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLmin(ZnNum)$$

② 터미널 유닛을 VAV Box Fan Powered (Parallel)로 선택한 Zone

자료입력화면에서 Fan용량 설정(난방시)값으로부터

$$ZnFanVOL(ZnNum) =$$

$$* \text{ 환기회수} \quad ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$$

$$* \text{ 면적당 풍량} \quad ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$$

$$* \% \text{ of T.U} \quad ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$$

\* 난방취출온도차 ZnHTGTD(ZnNum)로 계산,

$$ZnHtLd(ZnNum) / (1.23 \times ACF \times ZnHTGTD(ZnNum)) - ZnSAVOLmin(ZnNum)$$

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnFanVOL(ZnNum) + ZnSAVOLmin(ZnNum)$$

$$\begin{aligned} \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) &= \text{ZnSAVOLmin}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \\ &\quad \times (\text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) - \text{SADBc}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZnPInmTRh}(\text{ZnNum}) &= \Sigma(\text{RmLightPInm} \times \text{RmMtp1}) / (1.23 \\ &\quad \times \text{ACF} \times \text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZnPInmHeat}(\text{ZnNum}) &= \text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \\ &\quad \times \text{ACF} \times \text{ZnPInmTRh}(\text{ZnNum}) \end{aligned}$$

③ 터미널 유닛을 CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$\text{ZnPInmHeat}(\text{ZnNum}) = 0$$

$$\begin{aligned} \text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) &= \text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) \\ &\quad + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) / (\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF}) \end{aligned}$$

$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) - \text{ZnPInmHeat}(\text{ZnNum})$$

$$\text{전기일 경우 } \text{ZnHC\_KW}(\text{ZnNum}) = \text{ZnQHC} / 1000$$

$$\begin{aligned} \text{온수1일 경우 } \text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum}) \\ = \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{온수2일 경우 } \text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum}) \\ = \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS2} - \text{HWR2})) \end{aligned}$$

④ 각 실별 난방계산(의미없음)

$$\begin{aligned} \text{실별난방공급량 } \text{RmQH}(\text{RmNum}) &= \text{RmSAVOLh}(\text{RmNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \\ &\quad \times (\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) - \text{RmDBh}(\text{RmNum})) \end{aligned}$$

$$\text{실별난방과부족 } \text{RmHC}(\text{RmNum}) = \text{RmQH}(\text{RmNum}) - \text{RmHtLd}(\text{RmNum})$$

(8) 변풍량 직렬 팬급기 방식(VAV-FPSR)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

· 냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 :

VAV Box, VAV Box Fan Powered (Series)

CAV Box w/ Heating Coil

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ⑥ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(2) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ⑥과 동일

⑦ 터미널유닛(TU\_VAV-FPSR)냉방풍량계산

사용할 수 있는 Terminal Unit 종류 :

VAV Box, VAV Box Fan Powered (Series),

CAV Box with Heating Coil

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum))$$

⑧ 터미널유닛(TU\_VAV-FPSR) 최소풍량계산(난방풍량과는 틀림)

1. 터미널 유닛을 CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$ZnSAVOLmin(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. 터미널 유닛을 VAV Box, VAV Box FPSR로 선택한 Zone

자료입력화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값으로부터

$$ZnSAVOLmin(ZnNum)$$

$$* \text{환기회수} = ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$$

$$* \text{면적당 풍량} = ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$$

$$* \% \text{ of T.U} = ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$$

$$ZnRhLd(ZnNum) = ZnSAVOLmin(ZnNum) \times 1.23 \times ACF$$

$$\times (ZnRmDBh(ZnNum) - SADBc)$$

⑨ ~ ⑳ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ⑨ ~ ㉑과 동일

(다) 난방계산 알고리즘

① ~ ⑪ : 마. 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의 (다) 난방

방식 알고리즘의 ② ~ ⑫와 동일

(라) 터미널 유닛(TU\_VAV-FPSR)의 난방계산 알고리즘

① 터미널 유닛을 VAV Box, CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLmin}(\text{ZnNum})$$

② 터미널 유닛을 VAV Box Fan Powered (Series)로 선택한 Zone

$$\text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLmin}(\text{ZnNum})$$

$$\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum})$$

③ 터미널 유닛을 VAV Box로 선택한 Zone

$$\text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) = 0$$

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{SADBh}$$

$$\text{ZnQHC} = 0$$

$$\text{ZnP1nmHeat} = 0$$

$$\text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnSAVOLmin}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF} \\ \times (\text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum}) - \text{SADBc})$$

$$\text{ZnP1nmTRh}(\text{ZnNum}) = \Sigma(\text{RmLightP1nm} \times \text{RmMtpl}) \\ / (1.23 \times \text{ACF} \times \text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum}))$$

$$\text{ZnP1nmHeat}(\text{ZnNum}) = \text{ZnFanVOL}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \\ \times \text{ACF} \times \text{ZnP1nmTRh}(\text{ZnNum})$$

④ 터미널 유닛을 CAV Box w/ Htg. Coil로 선택한 Zone

$$\text{ZnP1nmHeat}(\text{ZnNum}) = 0$$

$$\text{ZnSADBh}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRmDBh}(\text{ZnNum})$$

$$+ \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) / (\text{ZnSAVOLh}(\text{ZnNum}) \times 1.23 \times \text{ACF})$$

$$\text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) = \text{ZnRhLdh}(\text{ZnNum}) + \text{ZnHtLd}(\text{ZnNum}) - \text{ZnP1nmHeat}(\text{ZnNum})$$

$$\text{전기일 경우 } \text{ZnHC\_KW}(\text{ZnNum}) = \text{ZnQHC} / 1000$$

$$\text{온수1일 경우 } \text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum})$$

$$= \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS1} - \text{HWR1}))$$

$$\text{온수2일 경우 } \text{ZnHC\_LPS}(\text{ZnNum})$$

$$= \text{ZnQHC}(\text{ZnNum}) \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS2} - \text{HWR2}))$$

⑤ 각 실별 난방계산(의미없음)

$$\text{실별난방공급량 } \text{RmQH}(\text{RmNum}) = \text{RmSAVOLh}(\text{RmNum}) \times 1.23 \times \text{ACF}$$



$$x (ZnSADBh(ZnNum) - RmDBh(RmNum))$$

$$\text{실별난방과부족 } RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$$

(9) 변풍량 이중덕트 방식(VAV-DD)

(가) 계산조건

① 풍량결정기준

냉풍덕트온도(TCD) ℃

온풍덕트온도(THD) ℃

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 :

VAV Box, VAV Box DD Mixing, CAV Box DD Mixing

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ④ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식, (나) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ④와 동일

⑤ 냉방풍량 계산

SADBc = TCD로하여 냉방풍량 (SAVOLc) 계산

(냉풍덕트온도, SADBc)

⑥ ~ ⑳ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식, (나) 냉방계산 알고리즘의 ⑥ ~ ⑳과 동일

㉑ 공조기 냉각코일부하 계산

QCC(Mo, Hr)=AHUVOLnew(Mo, Hr) x1.204x ACF

x (LvCoilSAEnpy -MAEnpyc(Mo, Hr)) + QSAFanblow

SysSens(Mo, Hr)+AHUVOLnew(Mo, Hr)x1.23xACF

x(MADBc(Mo, Hr)+SAFanTRdraw+SADuctTR-SysRmDBc)

$$AHUSAVOLc\_CD = \frac{\text{QCC(Mo, Hr)+SAFanblow+SysSens(Mo, Hr)+AHUVOLnew(Mo, Hr)x1.23xACF}}{1.23xACFx(MADBc(Mo, Hr)+SAFanTRdraw-LvCoilDB)}$$

$$AHUSAVOLc\_HD = AHUSAVOLc - AHUSAVOLc\_CD$$

㉔ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 터미널 유닛(TU\_VAV-DD)냉방계산 알고리즘

① 사용할 수 있는 Terminal Unit 종류

VAV Box, VAV Box DD Mixing, CAV Box DD Mixing

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtpl(RmNum))$$

$$ZnRhLd(ZnNum) = 0$$

$$ReheatKW(ZnNum) = 0$$

$$ReheatLPS(ZnNum) = 0$$

② Zone Level에서의 여름철CD, HD 풍량계산

$$ZnSAVOLc\_CD(ZnNum) = \frac{ZnBlkSens(ZnNum) + ZnSAVOLc(ZnNum) \times 1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw + SADuctTR - ZnRmDBc(ZnNum))}{1.23 \times ACF \times (MADBc(Mo, Hr) + SAFanTRdraw - LvCoilDB)}$$

$$ZnSAVOLc\_HD(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum) - ZnSAVOLc\_CD(ZnNum)$$

③ 터미널유닛(TU\_VAV-DD) 최소풍량(=난방풍량)계산

1. 터미널 유닛을 CAV Box DD Mixing로 선택한 Zone

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. 터미널 유닛을 VAV Box, VAV Box DD Mixing로 선택한 Zone

자료입력화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값으로부터

$$ZnSAVOLh(RmNum) = ,$$

$$* \text{ 환기회수 } ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$$

$$* \text{ 면적당 풍량 } ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$$

$$* \% \text{ of T.U } ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$$

\* 난방취출온도차 ZnHTGTD(ZnNum)로 계산,

$$ZnHtLd(ZnNum) / (1.23 \times ACF \times ZnHTGTD(ZnNum))$$

(라) 난방계산 알고리즘

① 공조기 난방풍량 계산

$$AHUSAVOLh = \Sigma(RmSAVOLh(RmNum) \times RmMtp1(RmNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

② 기상자료로부터 OADBh, OAXh를 읽어와서 습공기 상태량 계산

OARHh, OAWBh, OAEmpyh

③ 예열코일(외기덕트) 계산

예열코일계산, OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Empyh 구함.

④ 전열교환기 계산

전열교환기 처리후 공기상태를 계산

OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Empyh

⑤ 대표실내온습도 조건(여름)의 상태량 계산

SysRmDBh, SysRmRHh --> SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEmpyh

⑥ 급기의 상태량 계산

SADBh = SysRmDBh

SAXh = SysRmXh + SysLhumi / (0.001204 x ACF x AHUSAVOLh)

SADBc, SAXc ---> SAWBc, SARHc, SAEmpyc (습공기 계산)

⑦ 가습기 계산

함수 : F\_HumiTR

⑧ 냉풍 및 온풍 덕트의 급기풍량 계산

$$AHUSAVOLh\_HD, = \frac{\text{SysHtLd} + AHUSAVOLh \times 1.23 \times ACF \times (\text{SysRmDBh} - MA'DBh - \text{HumiTR})}{1.23 \times ACF \times (\text{THD} - MA'DBh - \text{HumiTR})}$$

$$AHUSAVOLh\_CD, = AHUSAVOLh - AHUSAVOLh\_HD,$$

⑨ 가열코일용량 계산

$$QHC = AHUSAVOLh\_HD \times 1.23 \times ACF \times (\text{THD} - MA'DBh - \text{HumiTR})$$

$$\text{전기일 경우 } HC\_KW = QHC / 1000$$

$$\text{온수일 경우 } HC\_LPS = QHC \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS} - \text{HWR}))$$

$$\text{증기일 경우 } HC\_KGS = QHC / \text{SteamHeat}$$

$$* (\text{Warm-up}) QHCwarmup = AHUSAVOLc \times 1.23 \times ACF \times (\text{WarmupHtgTR})$$

$$\text{전기일 경우 } HC\_KWwarmup = QHCwarmup / 1000$$

온수일 경우  $HC\_LPSwarmup = QHCwarmup \times 0.86 / (3600 \times (HWS - HWR))$

증기일 경우  $HC\_KGSwarmup = QHCwarmup / SteamHeat$

(마) 터미널유닛(TU\_VAV-DD) 난방계산

① 터미널 유닛을 CAV Box DD Mixing로 선택한 Zone

$$ZnSADBh(ZnNum) = ZnHtLd(ZnNum) / (ZnSAVOLh(ZnNum) \times 1.23 \times ACF) + ZnRmDBh(ZnNum)$$

$$ZnQHC(ZnNum) = 0$$

Zn Level에서의 겨울철 CD, HD 풍량계산

$$ZnSAVOLh\_HD, (ZnNum) = \frac{ZnHtLd(ZnNum) + ZnSAVOLh(ZnNum) \times 1.23 \times ACF \times (ZnRmDBh(ZnNum) - MA'DBh - HumiTR)}{1.23 \times ACF \times (THD - MA'DBh - HumiTR)}$$

$$ZnSAVOLh\_CD, (ZnNum) = ZnSAVOLh(ZnNum) - ZnSAVOLh\_HD, (ZnNum)$$

② 터미널 유닛을 VAV Box로 선택한 Zone

$$ZnSADBh(ZnNum) = MA'DBh + HumiTR$$

$$ZnQHC(ZnNum) = 0$$

Zn Level에서의 겨울철 CD, HD 풍량계산

$$ZnSAVOLh\_HD, (ZnNum) = 0$$

$$ZnSAVOLh\_CD, (ZnNum) = ZnSAVOLh(ZnNum)$$

③ 각 실별 난방계산(의미없음)

1. 각 실별 난방공급열량

$$RmQH(RmNum) = RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \times ACF \times (ZnSADBh(ZnNum) - RmDBh(RmNum))$$

※ 여기서,  $RmSAVOLh = RmSAVOLc$  (각 실별풍량)

2. 각 실별 난방 과부족량

$$RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$$

(10) 변풍량 외주부 라디에이터 방식(VAV-PH)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

- 냉방취출온도차(CLGTD) 입력
- 난방취출온도차(HTGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일, \* 냉수코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

\* 냉수코일의 경우 : 기본값 값 95%

③ 터미널 유닛의 종류 :

VAV Box, CAV Box

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ⑥ : (5) 변풍량 외주부 공기난방 방식(VAV-Rad)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ⑥와 동일

⑦ 터미널유닛(TU\_ VAV-TR)냉방풍량계산

사용할 수 있는 Terminal Unit 종류 :

VAV Box, CAV Box

$$ZnSAVOLc(ZnNum) = \sum_{RmNum(\text{소속zone})} (RmSAVOLc(RmNum) \times RmMtp1(RmNum))$$

⑧ 공조기냉방풍량 계산

$$AHUSAVOLc = SAVOLc + \sum (AHUSAVOLadj(RmNum) \times RmMtp1(RmNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

⑨ 외기량(OAVOLc) 계산

⑩ 각 월/시각(Mo/Hr)에 대해 계산하면서 공조기부하(QCC)가 최대가 되는 냉각코일부하 피크시각(=CoilPkMo/CoilPkHr)을 찾아낸다.

1. VAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$SysVAVsens(Mo, Hr) = \sum (RmSens(RmNum, Mo, Hr) \times RmMtp1(RmNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

$$VAVAHUVOLc(Mo, Hr) = SysVAVsens(Mo, Hr) / (1.23 \times ACF \times CLGTD)$$

2. CAV Box로 선택된 Zone에 대해서

$$CAVAHUVOLc = \sum (ZnSAVOLc(ZnNum) \times RmMtp1(RmNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

$$AHUVOLnew(Mo, Hr) = VAVAHUVOLc(Mo, Hr) + CAVAHUVOLc$$

⑪ 외기량 재계산

$$OAVOLnew(Mo, Hr) = OAVOLc \times AHUVOLnew(Mo, Hr) / AHUSAVOLc$$

- ⑫ ~ ㉓ : (1) 단일구역 정풍량방식의 (나) 냉방계산 알고리즘의  
⑨ ~ ㉓와 동일

(다) 난방계산 알고리즘

① 터미널 유닛(TU\_VAV-PAH) 난방풍량 계산

1. 터미널 유닛을 CAV Box을 선택한 Zone

$$ZnSAVOLh(ZnNum) = ZnSAVOLc(ZnNum)$$

2. 터미널 유닛을 VAV Box로 선택한 Zone

자료입력화면에서 최소풍량 설정(난방시 고려)값으로부터

$$ZnSAVOLh(RmNum) =$$

$$* \text{환기회수 } ZnSAminXng(ZnNum) \times ZnVolm(ZnNum) / 3.6$$

$$* \text{면적당 풍량 } ZnSAminArea(ZnNum) \times ZnArea(ZnNum)$$

$$* \% \text{ of T.U } ZnSAmin\%TU(ZnNum) \times ZnSAVOLc(ZnNum) / 100$$

$$\textcircled{2} AHUSAVOLh = \sum (ZnSAVOLh(ZnNum) \times ZnMtp1(ZnNum))$$

③ 외기량 계산 (겨울) OAVOLh 계산

$$OA'VOLh = OAVOLc \times AHUSAVOLh / AHUSAVOLc$$

$$\text{if } OAVOLh > OA'VOLh, \text{ then } OAVOLh = OA'VOLh$$

주) 겨울외기량은 여름외기량으로부터 풍량비율에 따라 계산됨

④ 외기 상태량 계산

기상자료로부터 OADBh, OAXh --> OARHh, OAWBh, OAEnpyh

⑤ 대표실내온습도조건의 상태량 계산

SysRmDBh, SysRmRHh를 읽어와서 -> SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEnpyh

⑥ 예열코일(외기덕트) 계산

예열코일계산, OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh 구함.

⑦ 전열교환기 계산

전열교환기 처리후 공기상태, OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh,

OA'Enpyh 구함.

⑧ RA와 OA의 혼합상태 계산

$$\begin{array}{l} \text{RADbh, OA'Dbh} \\ \text{RAXh, OA'Xh} \end{array} \rightarrow \text{MADbh, MAXh} \rightarrow \text{MARHh, MAWBh, MAEnpyh.}$$

⑨ 예열코일(혼합박스) 계산

$$\text{MA'Dbh, MA'Xh, MA'RHh, MA'WBh, MA'Enpyh}$$

⑩ 실내 난방기기가 있음

$$\text{난방급기온도(SADBh) = SADBc}$$

$$\text{SAXh} = \text{SysRmXh} + \text{SysLhumi} / (0.001204 \times \text{ACF} \times \text{AHUSAVOLh})$$

⑪ 가슴기 계산 (HumiTR)

$$\text{if MA'Dbh} > (\text{SADBh} - \text{HumiTR}), \text{ then SADBh} = \text{MA'Dbh} + \text{HumiTR}$$

$$\text{QHC} = 0, \text{HC\_KW} = 0, \text{HC\_LPS} = 0, \text{HC\_KGS} = 0$$

$$\text{else 가열코일용량 QHC} = \text{AHUSAVOLh} \times 1.23$$

$$\times \text{ACF} \times (\text{SADBh} - \text{HumiTR} - \text{MA'Dbh})$$

$$\text{전기일 경우 HC\_KW} = \text{QHC} / 1000$$

$$\text{온수일 경우 HC\_LPS} = \text{QHC} \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS} - \text{HWR}))$$

$$\text{증기일 경우 HC\_KGS} = \text{QHC} / \text{SteamHeat}$$

$$* (\text{Warm-up}) \text{QHCwarmup} = \text{AHUSAVOLc} \times 1.23 \times \text{ACF} \times (\text{WarmupHtgTR})$$

$$\text{전기일 경우 HC\_KWwarmup} = \text{QHCwarmup} / 1000$$

$$\text{온수일 경우 HC\_LPSwarmup} = \text{QHCwarmup} \times 0.86 / (3600 \times (\text{HWS} - \text{HWR}))$$

$$\text{증기일 경우 HC\_KGSwarmup} = \text{QHCwarmup} / \text{SteamHeat}$$

(라) 터미널유닛(TU\_VAV-PAH) 난방계산

① 계산사항

$$\text{ZnSAVOLh(ZnNum)}$$

$$\text{ZnRhLdh(ZnNum)} = 0$$

$$\text{ZnSADBh(ZnNum)} = \text{SADBh}$$

$$\text{ZnQHC(ZnNum)} = 0$$

② 각 실별 난방계산

실내 난방기기는 없음

외주부 난방풍량 계산

$$RmPAH(RmNum) = RmHtLd(RmNum)$$

$$RmPAHVOL(RmNum) = RmHtLd(RmNum) / (1.23 \times ACF \times HTGTD)$$

$$PAH = SysHtLd$$

$$PAHVOL = PAH / (1.23 \times ACF \times HTGTD)$$

$$\text{전기일 경우 } PAH_{KW} = PAH / 1000$$

$$\text{온수(1)일 경우 } PAH_{LPS} = PAH \times 0.86 / (3600 \times (HWS1 - HWR1))$$

$$\text{온수(2)일 경우 } PAH_{LPS} = PAH \times 0.86 / (3600 \times (HWS2 - HWR2))$$

$$\text{증기일 경우 } PAH_{KGS} = PAH / \text{SteamHeat}$$

(11) 패키지형 냉방기 방식(PTAC, Packaged Air Conditioner)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 냉각코일 계산조건

1. 냉각코일의 종류 선정

\* 냉매코일

2. 냉각코일 출구상태(LvCoilSARHmax) 입력

\* 냉매코일의 경우 : 기본값 값 85%

③ 터미널 유닛의 종류 :

\* 없음

(나) 냉방계산 알고리즘

① ~ ⑰ : (1) 단일구역 정풍량 방식(CAV-SZ)의

(나) 냉방계산 알고리즘의 ① ~ ⑰과 동일

⑱ 공조기 냉각코일부하 계산

$$QCC(Mo, Hr) = AHUSAVOLc \times 1.204 \times ACF \times (LvCoilSAEnpy - MAEnpyc(Mo, Hr))$$

⑲ AHU SYSTEM 分析値 계산

(다) 난방계산 알고리즘



① 공조기 급기풍량

$$AHUSAVOLh = AHUSAVOLc$$

② 외기량 계산

$$\text{함수} : F\_OAVOLh$$

③ 기상자료로부터 OADBh, OAXh를 읽어와서 상태량을 계산 한다.

$$\rightarrow OARHh, OAWBh, OAEnpyh$$

④ 공조기 입력화면으로부터 대표실내온습도조건 SysRmDBh, SysRmRHh로

$$\text{상태량 계산} \rightarrow SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEnpyh$$

⑤ RA와 OA의 혼합상태 계산

$$\begin{array}{l} RADBh, OA'DBh \\ RAXh, OA'Xh \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} MADBh, MAXh \\ MARHh, MAWBh, MAEnpyh. \end{array}$$

⑥ 난방급기온도 계산

1. 실내 난방기기가 있을 때

$$\text{난방급기온도}(SADBh) = SysRmDBh$$

2. 실내 난방기기가 없을 때

$$\text{난방급기온도}(SADBh) = SysRmDBh + \frac{SysHtLd}{1.23 \times ACF \times AHUSAVOLh}$$

\* 이때 난방급기온도가 55℃이상이면 "Warwing Message"

$$SAXh = SysRmXh + SysLhumi / (0.001204 \times ACF \times AHUSAVOLh)$$

⑦ 가습기 계산

$$\text{함수} : F\_HumiTR$$

⑧ 가열코일 용량 계산

$$QHC = AHUSAVOLh \times 1.23 \times ACF \times (SADBh - HumiTR - MA'DBh)$$

$$\text{* 전기일 경우 } HC\_KW = QHC / 1000$$

$$\text{* 온수일 경우 } HC\_LPS = QHC \times 0.86 / (3600 \times (HWS - HWR))$$

$$\text{* 증기일 경우 } HC\_KGS = QHC / \text{SteamHeat}$$

⑨ 각 실별 난방 계산

1. 실내 난방기기가 있을 때

난방기기용량 계산

$$\begin{aligned} RmHTG(RmNum) &= RmHtLd(RmNum) + RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \\ &\quad \times ACF \times (RmDBh(RmNum) - SADBh) \end{aligned}$$

\* 전기일 경우  $RmHTG\_KW(RmNum) = RmHTG(RmNum) / 1000$

\* 온수(1)일 경우  $RmHTG\_LPS(RmNum) = RmHTG(RmNum) \times 0.86 / (3600 \times (HWS1 - HWR1))$

\* 온수(2)일 경우  $RmHTG\_LPS(RmNum) = RmHTG(RmNum) \times 0.86 / (3600 \times (HWS2 - HWR2))$

\* 증기일 경우  $RmHTG\_KGS(RmNum) = RmHTG(RmNum) / SteamHeat$

2. 실내 난방기기가 없을 때

각 실별 난방공급열량

$$\begin{aligned} RmQH(RmNum) &= RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \\ &\quad \times ACF \times (SADBh - RmDBh(RmNum)) \end{aligned}$$

각 실별 난방과부족량

$$RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$$

※ 여기서,  $RmSAVOLh = RmSAVOLc$  (각 실별풍량)

(라) FCU System

① 환코일유니트(FCU) 냉방계산

각 실별 냉방계산

실내 냉방기기는 FCU

$$RmFCUcSens(RmNum) = RmPkSens(RmNum)$$

$$RmFCUcLatn(RmNum) = RmPkLatn(RmNum)$$

$$RmFCUcTotl(RmNum) = RmPkTotl(RmNum)$$

$$\text{냉수유량 } FCUc\_LPS = RmPkTotl(RmNum) \times 0.86 / (3600 \times (CHS - CHR))$$

② 환코일유니트(FCU) 난방계산

각 실별 난방계산

실내 난방기기는 FCU

$$RmFCUh(RmNum) = RmHtLd(RmNum)$$

$$\text{온수(1)일 경우 } FCUh\_LPS1 = RmHtLd(RmNum) \times 0.86$$

$$/ (3600 \times (HWS1 - HWR1))$$

$$\text{온수(2)일 경우 FCUh\_LPS2} = \text{RmHtLd}(\text{RmNum}) \times 0.86$$

$$/ (3600 \times (HWS2 - HWR2))$$

(12) 난방 전용 방식(HO, Heating Only)

(가) HO 난방계산

① 각 실별 난방계산

실내 난방기기는 Room Heater

$$\text{RmHeater}(\text{RmNum}) = \text{RmHtLd}(\text{RmNum})$$

$$\text{전기일 경우 RmHeater\_KW}(\text{RmNum}) = \text{RmHeater}(\text{RmNum}) / 1000$$

온수(1)일 경우

$$\text{RmHeater\_LPS}(\text{RmNum}) = \text{RmHeater}(\text{RmNum}) \times 0.86 / (3600 \times (HWS1 - HWR1))$$

온수(2)일 경우

$$\text{RmHeater\_LPS}(\text{RmNum}) = \text{RmHeater}(\text{RmNum}) \times 0.86 / (3600 \times (HWS2 - HWR2))$$

증기일 경우

$$\text{RmHeater\_KGS}(\text{RmNum}) = \text{RmHeater}(\text{RmNum}) / \text{SteamHeat}$$

(13) 환기조화기 방식(HVU, Heating & Ventilation Unit)

(가) 계산조건의 입력

① 풍량결정기준

냉방취출온도차(CLGTD) 입력

② 터미널 유닛의 종류 :

없음

(나) 난방계산 알고리즘

$$\text{① HVUVOL} = \text{SysHtLd} / (1.23 \times \text{ACF} \times \text{HTGTD})$$

② 외기량(OAVOLh) 계산

$$\text{if OAVOLh} > \text{HVUVOL}, \text{ then HVUVOL} = \text{OAVOLh}$$

$$\text{HTGTD} = \text{SysHtLd} / (1.23 \times \text{ACF} \times \text{HVUVOL})$$

③ 기상자료로부터 OADBh, OAXh를 읽어와서 상태량을 계산 한다.

-> OARHh, OAWBh, OAEmpyh

④ 공조기 입력화면으로부터 대표실내온습도조건 SysRmDBh, SysRmRHh로  
상태량 계산 -> SysRmXh, SysRmWBh, SysRmEnpyh

⑤ 예열코일(외기덕트) 계산

예열코일계산, OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh 구함.

⑥ 전열교환기 계산

전열교환기 처리후 공기상태

OA'DBh, OA'Xh, OA'RHh, OA'WBh, OA'Enpyh

⑦ RA와 OA의 혼합상태 계산

$$\begin{array}{l} \text{RADBh, OA'DBh} \\ \text{RAXh, OA'Xh} \end{array} \rightarrow \text{MADBh, MAXh} \rightarrow \text{MARHh, MAWBh, MAEnpyh.}$$

⑧ 예열코일(혼합박스) 계산

MA'DBh, MA'Xh, MA'RHh, MA'WBh, MA'Enpyh

⑨ 실내 난방기기가 없음

난방급기온도(SADBh) = SysRmDBh + HTGTD

주) 이때 난방급기온도가 55℃이상이면 "Warwing Message"

$SAXh = SysRmXh + SysLhumi / (0.001204 \times ACF \times AHUSAVOLh)$

⑩ 가슴기 계산 (HumiTR)

⑪ 가열코일 용량

$QHC = HVUVOL \times 1.23 \times ACF \times (SADBh - HumiTR - MA'DBh)$

전기일 경우  $HC\_KW = QHC / 1000$

온수일 경우  $HC\_LPS = QHC \times 0.86 / (3600 \times (HWS - HWR))$

증기일 경우  $HC\_KGS = QHC / SteamHeat$

⑫ 각 실별 난방계산(의미없음)

각 실별 난방공급열량,

$RmQH(RmNum) = RmSAVOLh(RmNum) \times 1.23 \times ACF \times (SADBh - RmDBh(RmNum))$

각 실별 난방 과부족량

$RmHC(RmNum) = RmQH(RmNum) - RmHtLd(RmNum)$

※ 여기서, RmSAVOLh = RmSAVOLc (각 실별풍량)

### 3. 프로그램의 개발

#### 가. 프로그램의 사용환경

##### (1) H/W

- PC 486급 이상(해상도 800 × 600)
- RAM 8M 이상 (16M 이상 권장)
- HARD DISK FREE SPACE 60M 이상

##### (2) 사용 O/S

- WINDOWS 95 이상

#### 나. 프로그램의 주요 특징

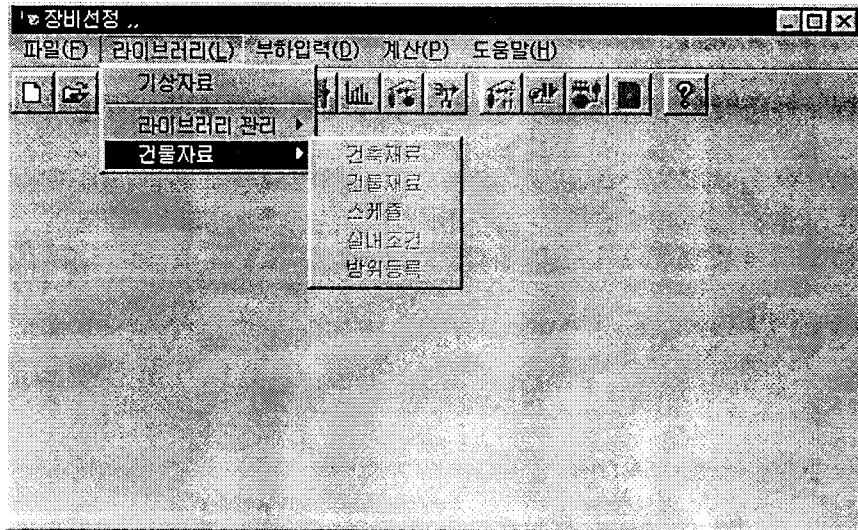
##### (1) 마우스를 이용한 작동

자료 입력시 마우스를 사용하여, 커서를 원하는 위치에 빠르게 이동시켜 주어서, 키보드의 조작을 최소화 시켜 줄 수 있다.

##### (2) PULL-DOWN MENU

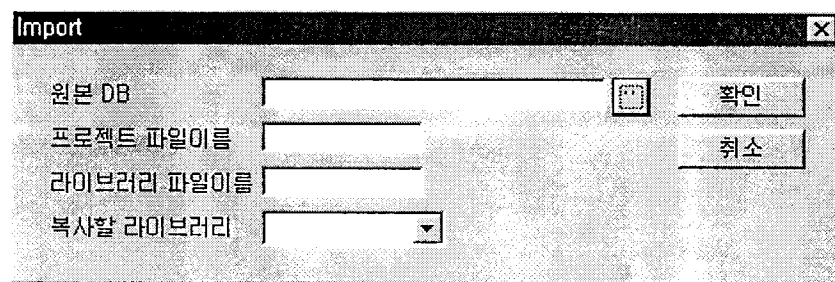
프로그램 사용자가 하위 메뉴에 포함된 항목을 보고 싶을 때, "Alt"나 "F10" KEY 를 사용하면 화면에 PULL DOWN 메뉴가 나타나게 되는데 이때 키보드의 방향키를 사용하여 원하는 항목을 손쉽게 선택 할 수 있다. 본 프로그램의 주메뉴에는 파일, 라이브러리, 실행부하, 공조방식, 열원방식 등 부하계산에 필요한 6개의 주 메뉴가 표시된다.

주메뉴에 있는 각 항목을 마우스로 선택하면 하위 메뉴가 나타나면서 계속 원하는 항목을 선택할 수 있는데 이러한 진행 방식을 "PULL DOWN MENU 방식"이라 한다. 다음 그림의 상단에 표시되어 있다.



### (3) 도면자료 파일 읽기

설계도면에서 저장한 자료를 읽기 위해서는 메뉴의 파일/설계도면 자료읽기에서 불러올 수 있다. 다음 그림과 같다.



#### (4) 입력 화면의 OPEN, CLOSE 방법

화면을 OPEN할 때는 메뉴 BAR에서 실별부하를 선택을 하면 아래와 같은 실별부하 입력화면이 나타난다. DATA ENTRY는 마우스를 이동시켜 직접 클릭하거나 키보드의 TAB KEY를 이용하여 원하는 위치에 CURSOR를 이동하여 DATA 입력이 가능하다.

화면을 CLOSE시는 3개의 BUTTON이 있다.

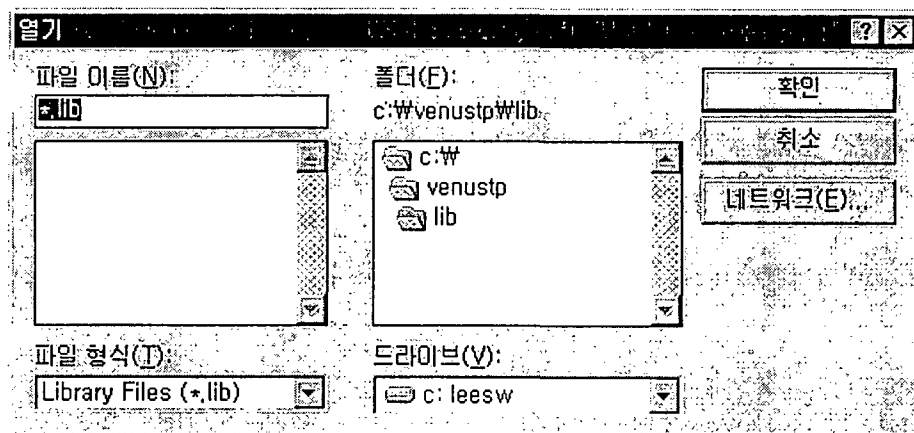
하나는 "확인" BUTTON으로 DATA 입력 후에 MAIN MENU로 되돌아 간다.

또 하나는 "취소" BUTTON으로 DATA를 변경 입력하여도 FILE로 저장하지 않고, MAIN MENU로 되돌아 간다.

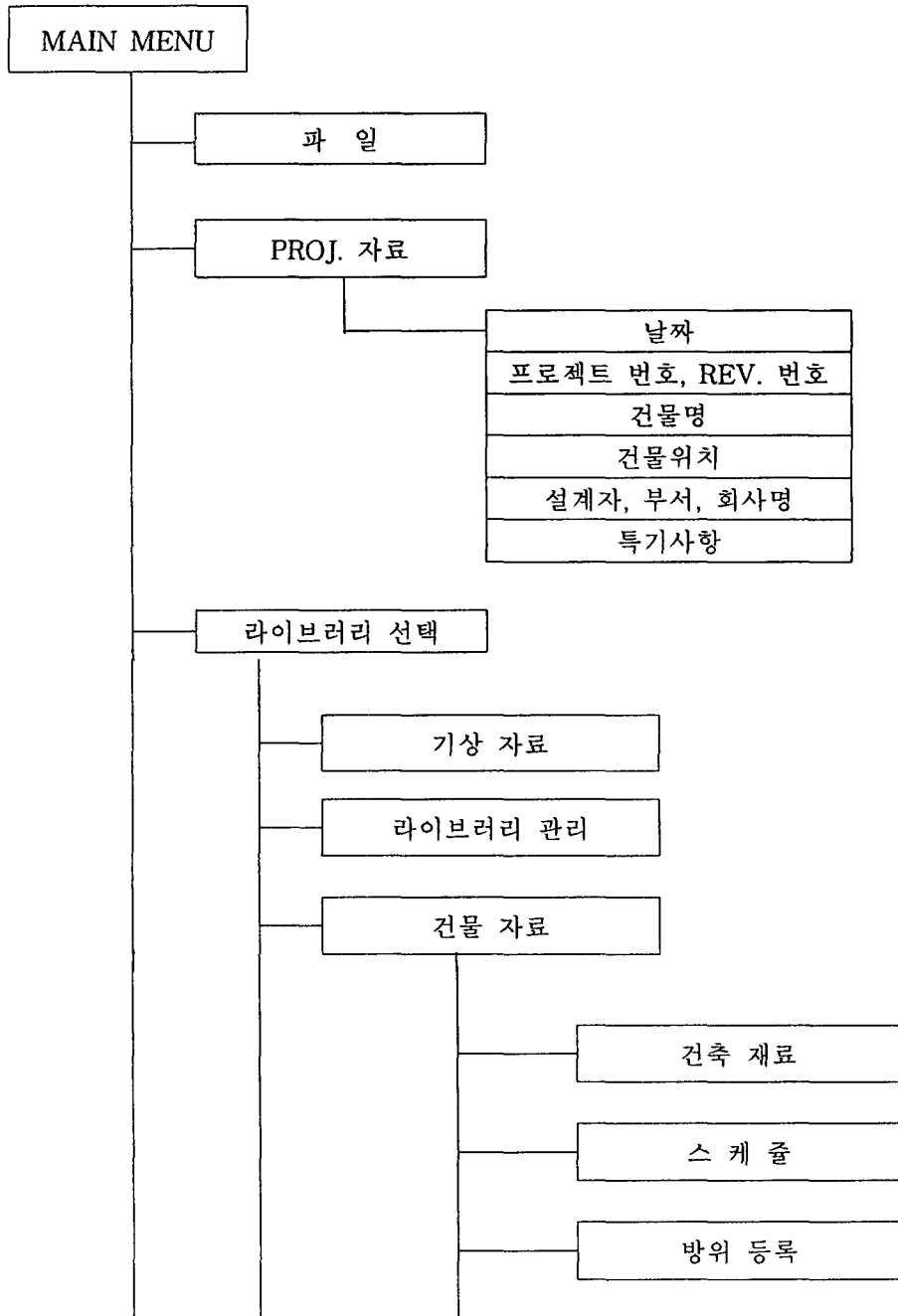
마지막은 화면 상단 좌측에 BUTTON으로 DATA의 저장없이 화면을 CLOSE 한다. (단, MENU BUTTON은 MOUSE로 DOUBLE CLICK을 하여야 한다.)

#### (5) 라이브러리 관리

라이브러리 파일도 다음 그림과 같이 임의로 불러와서 편집을 할 수 있다.



다. 메뉴의 구조



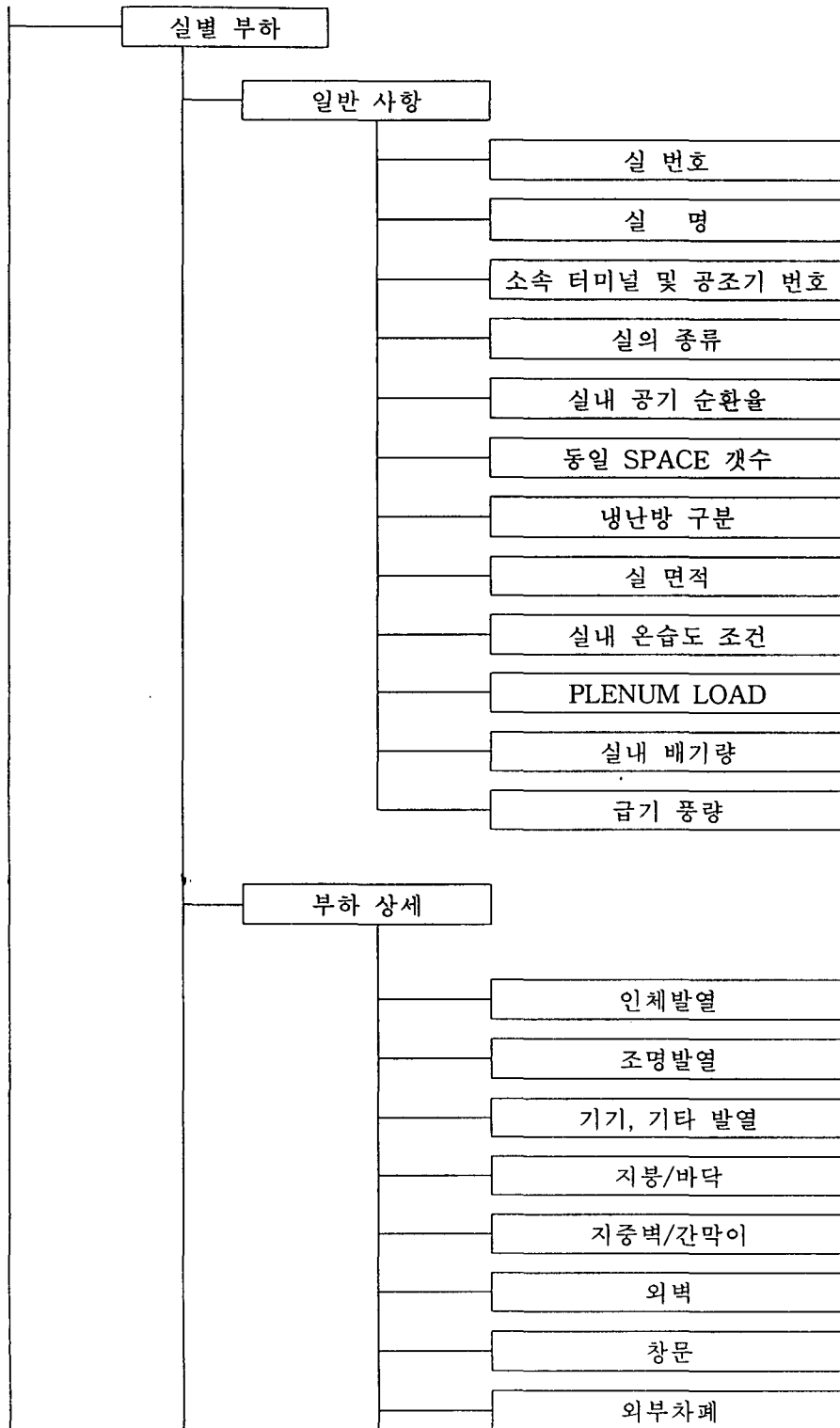


건물 재료

지 붕
외 벽
창 문
바 닥
지 중 벽
간 막 이
외부 차폐

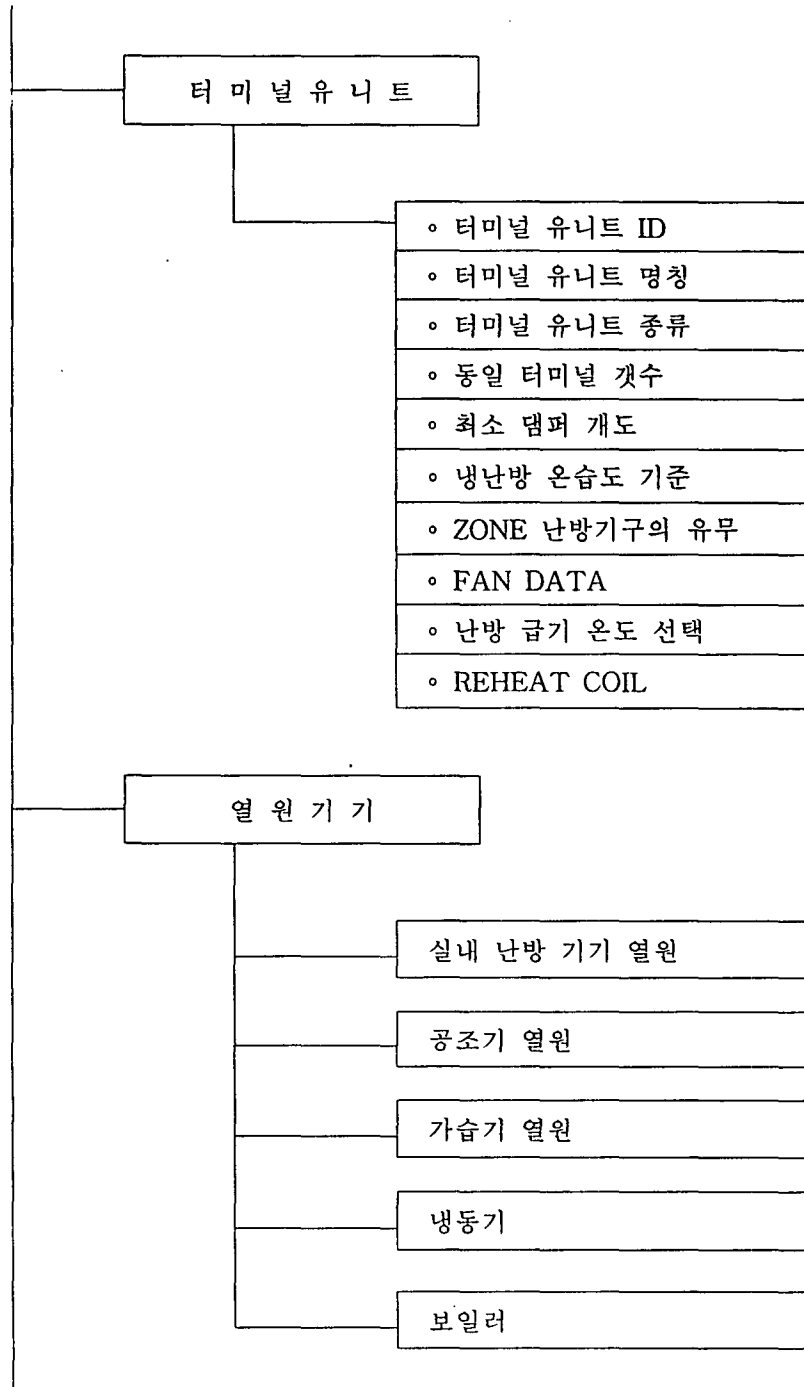
실내조건

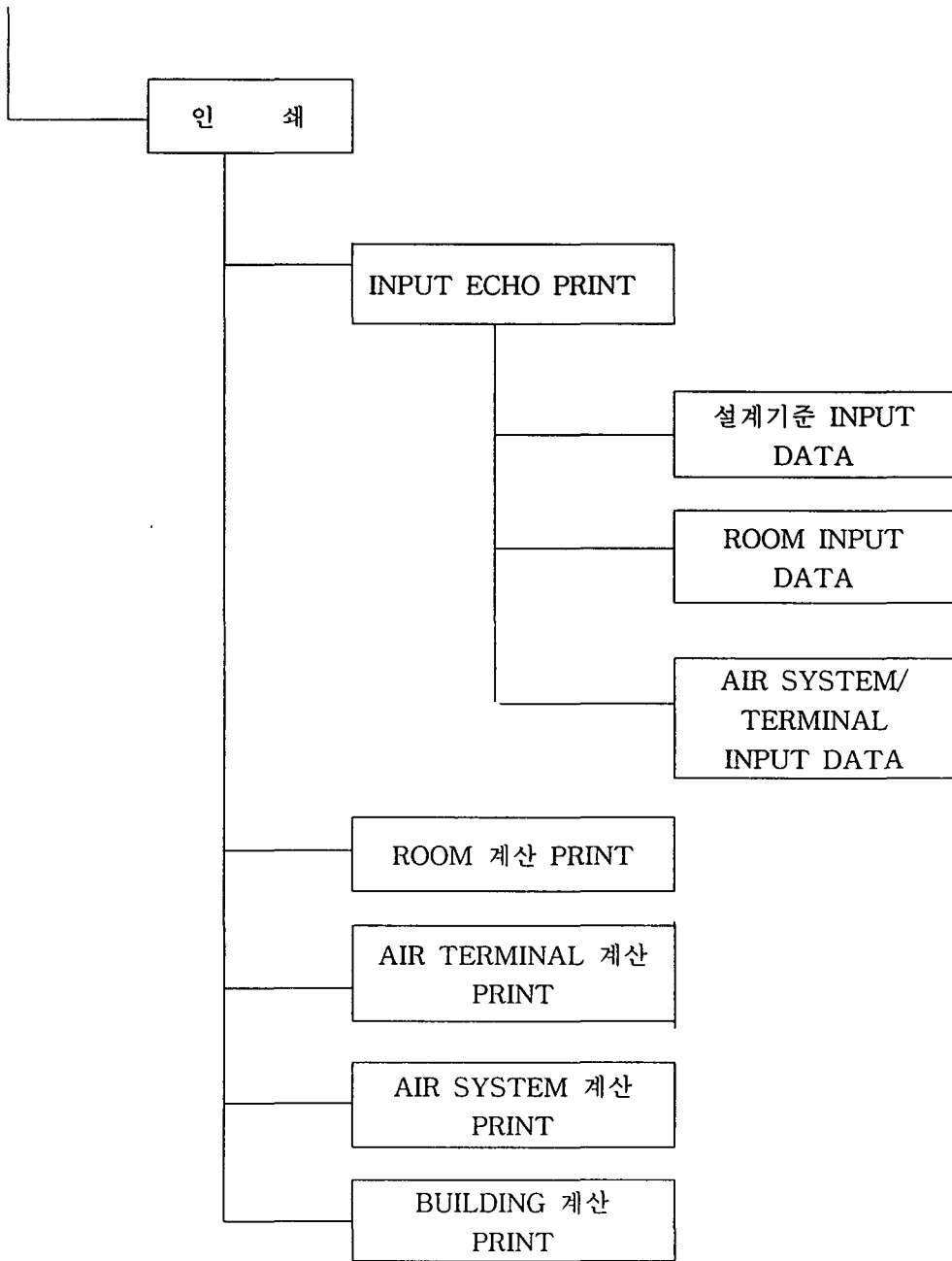
실의 용도, 사용시간
냉난방 온습도 기준
조명부하 (면적당)
작업조명 (면적당)
인원밀도 (면적당)
인체발열량
기기 발열(면적당)
기타 발열(현열, 잠열)
SCHEDULE
- 일반조명
- 작업조명
- 인체발열
- 기기발열
- 기타현열, 잠열
침입외기



공 조 방 식

공조기 ID
공조기 명칭
공조 방식의 종류
동일 공조기 갯수
ACTIVATED
풍량결정기준/급기온도선택
급기 FAN 에 의한 온도상승 계산 기준
환기 FAN 에 의한 온도상승 계산 기준
덕트 취득 열량 DATA
외기 도입량 기준
배기 열회수 장치 DATA
예열 코일 설계기준
가습기 DATA





라. 프로그램의 사용한계

본 프로그램의 각 Level에서 취급가능한 DATA 최대갯수는 다음과 같다

\* PROJECT 자료별 DATA 최대갯수

- 최대 8개의 방위를 갖는 999 개의 실(Room)
- 99개의 공조기(Air System)
- 999개의 공조구역(Zone, Terminal Unit=T.U)
- 공조구역당 99개의 실(99 Room/T.U)
- 공조기당 99개의 터미널유니트(99 T.U/System)
- 공조기당 99개의 실(99 Room/System)

\* LIBRARY 자료별 DATA의 최대갯수

- 99개의 기상자료(Weather File, 도시명)
- 110개의 건축재료
- 99개의 외벽
- 99개의 지붕
- 99개의 간막이
- 99개의 바닥, 지중벽
- 99개의 창문
- 99개의 실내조건(Space Type)
- 99개의 스케줄(Schedule)
- 99개의 방위

\* 각 실별 부하요소의 최대입력 갯수

- 4개의 지붕(Roof)
- 8개의 외벽(Wall)
- 8개의 창문(Window)
- 4개의 간막이벽(Partition)
- 4개의 바닥(Floor)
- 4개의 지중벽(Underground Wall)

## 제 3 절 년간부하계산 및 에너지계산 프로그램 개발

### 1. 년간부하계산 알고리즘 개발

#### 가. 개 요

건물의 공조시스템을 시뮬레이션 하는 목적은 연간 에너지 소요량을 예측하는 데 있다. 즉, 동적열부하계산으로 얻은 실내열부하와 기기의 사양, 제어방법 및 운전 스케줄 등을 입력하여 매시각 공조시스템의 운전 시뮬레이션을 행하여, 기기가 소비하는 에너지량을 구함과 동시에 실현된 실내의 온습도의 상태와 제거열량, 공조기와 열원기기 등의 운전상태를 파악하는 데 있다.

시뮬레이션은 공조기, 유닛, 냉동기, 보일러, 축열조 및 냉각탑으로 이루어진 공조시스템과 실로 구성된 복합시스템의 요소들에 대하여 열평형방정식을 세우고 매시의 부하조건과 운전조건에서 온도, 습도, 풍량, 유량 및 열량 등이 균형을 이루는 조건을 구하는 것이다.

이 공조시스템의 열평형 방정식은 기기특성, 온도조건 등에 의한 비선형요소들을 많이 포함하고 있기 때문에 해석적 방법으로는 해를 얻기 어려워 수치해법을 적용하는데, 여기서는 계산방법으로 차분법과 수렴할 때까지 계산하는 반복법을 채택하였다.

반복법은 계산시점에서의 조건만을 이용하여 시스템 전체가 열평형이 될 때까지 수렴시키는 방법이고, 차분법은 시간 미분항을 갖는 비정상열전달방정식의 해법으로  $n$ 시점의 시스템의 상태량을 구할 때  $n-1$ 시점의 결과를 초기조건으로 하여 방정식을 적분하여  $n$ 시점의 해를 얻는 방법이다.

본 프로그램에서는 공조시스템이나 대부분의 기기에는 반복법을 사용하였고, 열용량이 큰 축열조에는 차분법을 적용하였다.

계산순서는 하류의 서브시스템인 실에서 시작하여 상류측인 열원기기 순으로 진행하여, 하류에서 요구하는 온도나 유량 등을 공급하기 위해 서브시스템이 수행할 역할을 결정할 수 있도록 하였다.

표 3.3.1은 공조시스템의 연간 에너지 사용량과 운전비용을 시뮬레이션할 목적으

로 수행하는 공조부하의 구성요소이다.

실내부하는 설정된 실내 온습도조건하에서 계산한 열취득을 실전달합수를 이용하여 냉방부하로 변환한 것이고, 실제 운전과정에서 장치의 가동, 정지 등의 운전조건으로 인해 발생된 실온변동에 의한 축열부하를 고려한 것이 공조기가 제거해야 할 공조부하이다. 그리고 공조기부하에 공조기와 열원간에서 발생하는 열 취득을 합한 것이 열원부하가 된다.

표 3.3.1 공조부하의 구성

	부하요소	구 분	
		현열	잠열
실내부하	유리창의 관류열부하	○	
	유리창의 일사열부하	○	
	외벽 및 지붕의 열부하	○	
	바다, 간막이벽의 열부하	○	
	지중벽의 열부하	○	
	침입외기에 의한 열부하	○	○
	인체 발열에 의한 열부하	○	○
	조명 발열에 의한 열부하	○	
	기기 발열에 의한 열부하	○	○
공조기부하	플레넘 열부하	○	
	재열부하	○	
	외기부하	○	○
	팬의 열취득	○	
	덕트의 열취득	○	
열원부하	펌프 및 배관으로부터의 열취득 또는 열손실	○	



나. 부하계산 알고리즘

(1) 개요

공조부하계산에서 가장 중요한 알고리즘은 열용량이 큰 벽체를 통한 전도열취득 계산법과 열 취득을 냉방부하로 변환하는 방법 및 실온변동과 축열부하계산법이다.

벽체를 통한 전도열취득계산법에는 ASHRAE 및 DOE-2의 전도전달함수법(Conduction Transfer Function Method)과 HASP/8001의 응답계수법(Response Factor Method) 및 HASP/8501의 전달벡터법(Transfer Vector Method) 등을 검토하여 열용량이 매우 큰 경우에도 정확한 전도전달함수법을 사용하였으며, 냉방부하계산법으로는 HASP/8501의 가중계수(Weighting Factor)와 ASHRAE의 실전달함수(Room Transfer Function)의 정해법 대신에 ASHRAE 편람의 실전달함수표를 회귀분석하여 이용하였다.

실온변동과 축열부하계산법은 ASHRAE의 실공기전달함수(Space Air Transfer Function)가 현열계산은 할 수 있으나 축열계산이 불가능하기 때문에 HASP/8501의 축열응답계수법을 이용하였다.

표 3.3.2 는 실내부하의 요소별 계산 알고리즘을 요약한 것이다.

표 3.3.2 실내부하의 요소별 계산법

냉방부하의 종류	부하요소 및 내용	열취득 계산법	냉방부하 계산법	비고
외피부하	열용량이 큰 벽체, 지붕, 마루, 천장을 통한 열취득	ASHRAE 전도전달함수법	ASHRAE 실전달함수법	
	열용량이 작은 간막이 등을 통한 열취득	정상열전도계산법	-	즉시냉방부하
	유리창을 통한 전도 열취득 유리창을 통한 일사 열취득	정상열전도계산법 차폐계수법	- ASHRAE 실전달함수법	즉시냉방부하
내부부하	재실인원 열취득(현열)	ASHRAE계산법	ASHRAE 실전달함수법	
	(잠열)	ASHRAE계산법	-	즉시냉방부하
	조명 열취득(현열)	ASHRAE계산법	ASHRAE 실전달함수법	
	기기 열취득(현열)	ASHRAE계산법	ASHRAE 실전달함수법	
침입외기 부하	(잠열)	ASHRAE계산법	-	즉시냉방부하
	침입외기 및 환기 열취득 (현열) (잠열)	ASHRAE계산법 ASHRAE계산법	- -	즉시냉방부하 즉시냉방부하

(2) 주요 알고리즘

(가) 전도전달함수

① 단위응답

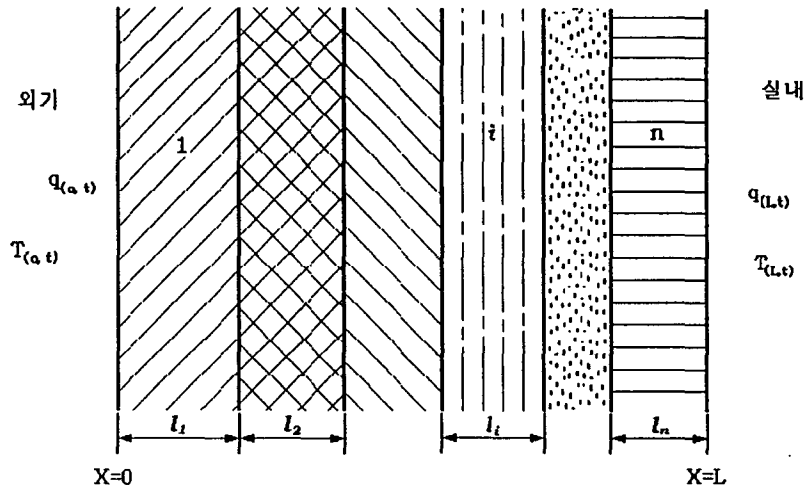


그림 3.3.1 다층벽의 열전달

그림 3.3.1과 같은 두께  $l_i$ , 열전도율  $\lambda_i$ , 열확산율  $a_i$  인  $i$  층의 열전도 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.3.1)$$

이것을 라플라스변환하고, 라플라스변환 매개변수를  $s$  로 표시하면,

$$\begin{bmatrix} T(i, s) \\ q(i, s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i(s) & B_i(s) \\ C_i(s) & D_i(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(i+1, s) \\ q(i+1, s) \end{bmatrix} \quad (3.3.2)$$

여기서,  $A_i(s) = \cosh l_i \sqrt{s/a_i}$

$$B_i(s) = \frac{1}{\lambda_i \sqrt{s/a_i}} \cdot \sinh l_i \sqrt{s/a_i} \quad (3.3.3)$$

$$C_i(s) = \lambda_i \sqrt{s/a_i} \cdot \sinh l_i \sqrt{s/a_i}$$

$$D_i(s) = A_i(s)$$

중공층이나 공기층 같이 열용량이 없는 경우에는 다음과 같다.

$$A_i(s) = D_i(s) = 1$$

$$B_i(s) = R_i = \frac{l_i}{\lambda_i} \quad (3.3.4)$$

$$C_i(s) = 0$$

n개의 다층벽과 실내와 실외의 공기층을 포함하면 n+2개의 특성행렬로 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} T(o, s) \\ q(o, s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(L, s) \\ q(L, s) \end{bmatrix} \quad (3.3.5)$$

우변의 열전달특성 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & R_o \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(s) & B_1(s) \\ C_1(s) & D_1(s) \end{bmatrix} \cdot \dots \cdot \begin{bmatrix} A_n(s) & B_n(s) \\ C_n(s) & D_n(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & R_R \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3.6)$$

열량으로 정리하면

$$\begin{bmatrix} q(o, s) \\ q(L, s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{D(s)}{B(s)} & -\frac{1}{B(s)} \\ \frac{1}{B(s)} & -\frac{A(s)}{B(s)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(o, s) \\ T(L, s) \end{bmatrix} \quad (3.3.7)$$

그림 3.3.1의 계의 온도가 영도로 유지되어 오다가  $t=0$ 에서 급격히 외기온도가  $T(o, t)=1$  로 상승할 때,  $x=0$ 인 면에서의 단위응답은  $L[T(o, s)]=1/s$  을 식 (3.3.7)에 대입하여 구한다.

$$q(o, s) = \frac{D(s)}{SB(s)} \quad (3.3.8)$$

여기서,  $B(s)$  가 특성방정식이며, 그 근을  $\alpha_i (i=1, 2, \dots)$ 라 하면 단위열류응답은 식(3.3.8)을 유수정리에 의해 역변환하여 구하면 다음과 같다.

$$q(o, t) = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} A_i e^{-\alpha_i t} \quad (3.3.9)$$

여기서,  $A_0 = U$

$$A_i = \left\{ \frac{D(s)}{S \cdot dB(s)/ds} \right\}_{s=-\alpha_i} \quad (3.3.10)$$

특정방정식  $B(s)=0$ 의 근  $\alpha_i$  는 Newton-Raphson법에 의한 다음 식에서 새로 구한 현재값  $\alpha'_i$  가 종전값  $\alpha_i$  에 수렴될 때까지 반복하여 계산한다.

$$\alpha'_i = \alpha_i + \frac{B(-\alpha_i)}{B'(-\alpha_i) - B(-\alpha_i) \sum_{j=1}^{m-1} [1/(\alpha_j - \alpha_i)]}, \quad m \geq 2 \quad (3.3.11)$$

표 3.3.3은 열전달행렬요소와 그 미분값들이다.

표 3.3.3 특성행렬 요소의 값

구분	행렬요소	행렬요소의 미분값	
		행렬요소 S=0일때	S=- $\alpha_i$ ( $i>1$ ) 일때
고체층	$A_i(-\alpha_i) = \cos w$	$A_i'(-\alpha_i) = \frac{R_i C_i}{2}$	$\frac{R_i C_i}{2} \frac{\sin w}{w}$
	$B_i(-\alpha_i) = \frac{R_i}{w} \cdot \sin w$	$B_i'(-\alpha_i) = \frac{R_i^2 C_i}{6}$	$\frac{R_i}{2\alpha_i} \left( \frac{\sin w}{w} - \cos w \right)$
	$C_i(-\alpha_i) = -\frac{w}{R_i} \sin w$	$C_i'(-\alpha_i) = C_i$	$\frac{C_i}{2} \left( \frac{\sin w}{w} + \cos w \right)$
	$D_i(-\alpha_i) = \cos w$	$D_i'(-\alpha_i) = \frac{R_i C_i}{2}$	$= A_i'$
공기층	$A_i(0) = 1$	0	0
	$B_i(0) = R_i$	0	0
	$C_i(0) = 0$	0	0
	$D_i(0) = 1$	0	0

주 :  $R_i = \frac{\ell_i}{k_i}$  ,  $C_i = \rho_i c_i \ell_i$  ,  $w = \sqrt{R_i C_i \alpha_i}$

② 전도전달함수의 계산식

벽체를 통한 전도열전달은 연속계이나 계의 입력과 출력을 일정 시간간격에서 구하는 경우에는 가상의 Sampler와 hold회로로 구성된 샘플치계로 근사시킬 수 있다.

계의 입력과 출력의 라플라스변환을  $I(s)$ ,  $O(s)$  라 하면 전달함수  $G(s)$  는 다음과 같이 표시된다.

$$O(s) = G(s) \cdot I(s) \tag{3.3.12}$$

입력 샘플링값을  $I^*(t)$  를 라플라스변환하면

$$L[I^*(t)] = \sum_{n=0}^{\infty} I(nT) \cdot e^{-nTs}$$

여기서,  $T$  는 샘플링값의 주기이다.  $Z=e^{Ts}$  로 대치하면 입력의  $Z$  변환은 다음과 같다.

$$I^*(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} I(nT) \cdot Z^{-n} \quad (3.3.13)$$

그러므로  $n$  시각에서의 입력의 샘플값은 주기  $T=1$  시간으로 하면

$$I^*(Z) = I_n Z^{-n} + I_{n-1} Z^{-(n-1)} + \dots + I_m Z^{-m} \quad (3.3.14)$$

마찬가지로 출력의 샘플값도 다음과 같이 표시된다.

$$O^*(Z) = O_n Z^{-n} + O_{n-1} Z^{-(n-1)} + \dots + O_m Z^{-m} \quad (3.3.15)$$

식(3.3.12)를  $Z$  변환하면 다음과 같다.

$$O^*(Z) = G^*(Z) \cdot I^*(Z) \quad (3.3.16)$$

여기서, 펄스의 전달함수  $G^*(Z)$  는 일반적으로 분모  $D^*(Z)$  와 분자  $N^*(Z)$  에 의한 다음식으로도 표시된다.

$$G^*(Z) = \frac{N(Z)}{D(Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} b_i Z^{-i}}{\sum_{i=0}^{\infty} d_i Z^{-i}} \quad (3.3.17)$$

식(3.3.14), (3.3.15) 및 (3.3.17)을 식(3.3.16)에 대입하고,  $Z^{-n}$  차의 동차항의 계수를 같게 두면  $n$  시각의 출력샘플값은 다음과 같다.

$$O_n = \frac{1}{d_0} \left[ \sum_{i=0}^{\infty} b_i I_{n-i} - \sum_{i=1}^n d_i O_{n-i} \right] \quad (3.3.18)$$

펄스의 전달함수  $G^*(Z)$  는 가상 Sampler 에서 샘플링한 입력을 유지하는 hold 회로  $B(s)$  와 계의 전달함수  $G(s)$  를 직렬한 샘플치계의  $BG(s)$  를  $Z$  변환하면 구할 수 있다.

인디셜응답은 단위응답의 미분값이므로 식(3.3.9)를 미분하여 라플라스변환하면 전달함수  $G(s)$ 는

$$G(s) = \sum_{i=1}^n -\frac{a_i A_i}{s + a_i} \quad (3.3.19)$$

삼각형펄스의 전달함수  $B(s)$  는 샘플링주기를  $T=1,0$  로 하면

$$B(s) = \frac{(1 - e^{-s})^2 e^s}{s^2}$$

그러므로 계전체의 전달함수는 다음과 같다.

$$BG(s) = \sum_{i=0}^n \frac{-a_i A_i (1 - e^{-s})^2 e^s}{s^2 (s + a_i)} \quad (3.3.20)$$

이를  $Z$  변환하여 정리하면

$$G^*(Z) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) - A_i \right] + \left[ A_i e^{-a_i} - \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \right] Z^{-1}}{1 - e^{-a_i} Z^{-1}} \quad (3.3.21)$$

식(3.3.17)과 식(3.3.21)을 이용하여 전도전달함수  $d_i$  와  $b_i$  를 구하면 표 3.3.4 및 표 3.3.5와 같다.

표 3.3.4  $d_i$  의 계산식

계수	계산식
$d_0$	1.0
$d_1$	$-[e^{-a_1} + e^{-a_2} + e^{-a_3} + \dots + e^{-a_N}]$
$d_2$	$[e^{-(a_1+a_2)} + e^{-(a_1+a_3)} + e^{-(a_1+a_4)} + \dots + e^{-(a_{N-1}+a_N)}]$
$d_3$	$-[e^{-(a_1+a_2+a_3)} + e^{-(a_1+a_2+a_4)} + \dots + e^{-(a_{N-2}+a_{N-1}+a_N)}]$
$d_4$	$[e^{-(a_1+a_2+a_3+a_4)} + \dots + e^{-(a_{N-3}+a_{N-2}+a_{N-1}+a_N)}]$
$d_5$	$-[e^{-(a_1+a_2+a_3+a_4+a_5)} + \dots]$
$d_6$	$[e^{-(a_1+a_2+a_3+a_4+a_5+a_6)} + \dots]$

표 3.3.5  $b_i$  의 계산식

계수	계산식
$b_0$	$A_0 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i})$
$b_1$	$A_0 d_1 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_1 - (1 - e^{-a_i})\}$
$b_2$	$A_0 d_2 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_2 - d_1(1 - e^{-a_i}) - e^{-a_i}(1 - e^{-a_i})\}$
$b_3$	$A_0 d_3 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_3 - d_2(1 - e^{-a_i}) - d_1 e^{-a_i}(1 - e^{-a_i}) - e^{-2a_i}(1 - e^{-a_i})\}$
$b_4$	$A_0 d_4 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_4 - d_3(1 - e^{-a_i}) - d_2 e^{-a_i}(1 - e^{-a_i}) - d_1 e^{-2a_i}(1 - e^{-a_i}) - e^{-3a_i}(1 - e^{-a_i})\}$
$b_5$	$A_0 d_5 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_5 - d_4(1 - e^{-a_i}) - d_3 e^{-a_i}(1 - e^{-a_i}) - d_2 e^{-2a_i}(1 - e^{-a_i}) - d_1 e^{-3a_i}(1 - e^{-a_i}) - e^{-4a_i}(1 - e^{-a_i})\}$
$b_n$	$A_0 d_n + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{a_i} (1 - e^{-a_i}) \{d_n - d_{n-1}(1 - e^{-a_i}) - d_{n-2} e^{-a_i}(1 - e^{-a_i}) - d_{n-3} e^{-2a_i}(1 - e^{-a_i}) - d_{n-4} e^{-3a_i}(1 - e^{-a_i}) - e^{-(n-1)a_i}(1 - e^{-a_i})\}$



(나) 실전달함수(Room Transfer Function, RTF)

실의 열취득을 냉방부하로 변환하는 알고리즘은 ASHRAE의 실전달함수법에 따랐으며, ASHRAE 편람<sup>1)</sup>에 제시된 표 3.3.4와 표 3.3.5는 실내공기순환을코드와 마루중량을 매개변수로 작성한 것이며, 그 적용방법은 표 3.3.6과 같다.

표 3.3.6 실전달함수 RTF의 적용방법

열취득구분		적용내용	전달함수 종류	비 고
외벽, 칸막이등 외피열취득		복사성분	전도 RTF	대류성분은 즉시냉방부하
유 리 창	전도열취득	전열취득	-	즉시 냉방부하
	투과일사열취득(내부차폐 시)	복사성분	전도 RTF	즉시 냉방부하
	투과일사열취득(내부차폐 없음)	복사성분	일사열 RTF	즉시 냉방부하
인체, 기기등의 열취득		복사성분	일사열 RTF	대류성분은 즉시냉방부하
조명, 작업조명의 열취득		복사성분	조명 RTF	대류성분은 즉시냉방부하

이들 표의 데이터는 실내공기순환을 코드, 마루바닥 상태코드 및 마루중량을 매개변수로 하여 다음과 같이 다항식으로 회귀분석하였다.

$$y = \sum_{i=0}^{\infty} C_i x^i \quad (3.3.22)$$

실전달함수중에서  $w_1$ 은 실내 공기순환을코드별로 마루면적  $x$  를 독립변수로 하였고, 열취득부위별 실전달함수  $v_0$ 는 마루면적의 함수로 회귀분석하였으며, 조명 RTF는 마루바닥상태을 코드화하고 ASHRAE 편람의 표 3.3.6의 값을 사용하였다.

①  $w_1$  계수

실내공기순환율을 코드화하여 3차 다항식으로 회귀분석하였으며, 그 계수는 표 3.3.7과 같다.

표 3.3.7  $w_1$  의 계수값

순환율코드	설 명	계 수
1 (낮음)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내부 존에서 조명과 인체에 의한 냉방부하를 감당할 수 있는 최소 필요량인 경우</li> <li>· 마루, 벽 또는 천장 디퓨저 급기방식인 경우</li> <li>· 천장공간을 환기통로로 사용하지 않는 경우</li> <li>· 급기공간의 내부열전달계수 <math>h = 2.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math>인 경우</li> </ul>	$C_0 = -0.862804\text{E}+0$ $C_1 = -0.362302\text{E}-3$ $C_2 = 0.410179\text{E}-6$ $C_3 = -0.177233\text{E}-9$
2 (보통)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마루, 벽 또는 천장 디퓨저 급기방식인 경우</li> <li>· 천장공간을 환기통로로 사용하지 않는 경우</li> <li>· 급기공간의 내부열전달계수 <math>h = 3.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math>인 경우</li> </ul>	$C_0 = -0.812599\text{E}+0$ $C_1 = -0.583479\text{E}-3$ $C_2 = 0.797138\text{E}-6$ $C_3 = -0.394410\text{E}-9$
3 (높음)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유인유닛, 팬 또는 코일유닛에 의한 환기시</li> <li>· 천장공간을 환기통로로 이용시</li> <li>· 급기공간의 내부열전달계수 <math>h = 4.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math>인 경우</li> </ul>	$C_0 = -0.775562\text{E}+0$ $C_1 = -0.725799\text{E}-3$ $C_2 = 0.107443\text{E}-5$ $C_3 = -0.593320\text{E}-9$
4 (매우 높음)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실내온도구배를 최소로 할 수 있도록 공기를 순환시</li> <li>· 천장공간을 환기통로로 이용시</li> </ul>	$C_0 = -0.731558\text{E}+0$ $C_1 = -0.787303\text{E}-3$ $C_2 = 0.945380\text{E}-6$ $C_3 = -0.418752\text{E}-9$
5 (극히 높음)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실내 온도구배가 거의 없도록 공기를 순환시</li> <li>· 천장공간을 환기통로로 이용시</li> </ul>	$C_0 = -0.681347\text{E}+0$ $C_1 = -0.100855\text{E}-2$ $C_2 = 0.133253\text{E}-5$ $C_3 = -0.636073\text{E}-9$

②  $v_0$  계수

조명열취득의 실전달함수  $v_0$ 는 마루바닥 상태코드에 따라 표 3.3.8과 같이 단일 값으로 하였으며, 기타의 열취득성분에 대해서는 마루중량의 함수로 회귀분석한 다항식계수를 사용하며, 그 계수는 표 3.3.9와 같다.

표 3.3.8 조명부하용  $v_0$  계수

코드 번호	가 구	급기 및 환기방식	조명형식	$v_0$
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>중량의 간략한 가구</li> <li>카펫 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 공기순환을</li> <li>천장하부급기 또는 환기 (<math>v \leq 0.5m/s</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천장매입형</li> <li>환기 없음</li> </ul>	0.450
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통의 가구</li> <li>카펫 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통 또는 높은 공기순환을</li> <li>천장하부급기 또는 환기 (<math>v \geq 0.5m/s</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천장매입형</li> <li>환기 없음</li> </ul>	0.550
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통의 가구</li> <li>카펫 유/무</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통 또는 높은 공기순환을</li> <li>유인유닛 또는 팬코일유닛</li> <li>천장내 또는 천장하부급기/ 환기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환기함</li> </ul>	0.650
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든형태의 가구</li> <li>카펫 유/무</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조명기구를 이용한 덕트 환기방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환기 또는 덕트 환기방식에서 매단조명방식</li> </ul>	0.750

표 3.3.9 기타부하용  $v_0$  계산용 다항식의 계수

구분	적용	$v_0$ 계수
일사열취득	투과일사열취득 인체, 기기 열취득	$C_0 = 0.282497E+0$ $C_1 = -0.562873E-3$ $C_2 = 0.137484E-0$ $C_3 = -0.158935E-8$
전도열취득	외벽, 지붕, 칸막이 열취득 유리창(내부차폐) 열취득	$C_0 = 0.747747E+0$ $C_1 = -0.405964E-3$ $C_2 = 0.796851E-6$ $C_3 = -0.528984E-9$

③  $v_1$  계수

모든 경우에  $v_1 = 1 + w_1 - v_0$  로 계산한다.

(다) 축열응답계수

① 실내복사열전달

축열응답계수는 실내온습도가 단위량 만큼 변화할 때 실내공기로부터 실을 구성하고 있는 열적부위로 방출되는 열량인 축열부하와 공조기가 실로부터 제거하는 열량 및 실의 온습도를 구하는데 사용된다.

실을 구성하고 있는 열적부위들은 표면적이 있는 것과 없는 것으로 나누고 있는데 우선 표면적이 있는 부위  $i$ 의 내표면에 관한 등가공기온도  $\theta_{ei}$  는 다음 식으로 표시된다.

$$\theta_{ei} = \frac{h_c \theta_R + h_r \sum g_{ij} \theta_{sj} + q_i}{h_t} \quad (3.3.23)$$

여기서,  $\theta_R$  : 실내 공기온도

$\theta_{sj}$  : 각 부위의 내표면온도

$q_i$  : 각 부위의 내표면 발열밀도

$h_c, h_r, h_t$  : 대류, 복사 및 전열전달계수

$g_{ij}$  : 부위  $i$ 에서  $j$ 의 방사흡수계수

이  $\theta_{ei}$  를 이용하면 부위  $i$ 의 내표면에서의 열평형식은 다음과 같다.

$$\theta_{ei} G_{A_i} - \theta_{oi} G_{T_i} = h_t A_i (\theta_{ei} - \theta_{si}) \quad (3.3.24)$$

여기서,  $G_{A_i}$  : 전달벡터법으로 구한 흡열응답

$G_{T_i}$  : 전달벡터법으로 구한 전달응답

$\theta_{oi}$  : 외기온도

여기서,  $\theta_{ei}$  를 소거하면 실내 복사열전달의 기초식은 다음과 같다.

$$A_i \theta_{si} - \frac{h_r}{h_t} \left( A_i - \frac{G_{A_i}}{h_t} \right) \sum g_{ij} \theta_{sj} = \frac{G_{T_i}}{h_t} \theta_{oi} + \left( A_i - \frac{G_{A_i}}{h_t} \right) \frac{h_c \theta_R + q_i}{h_t} \quad (3.3.25)$$

도출하려는 응답은 실내공기에서 각부위로 향한 열류  $\phi$  이며 다음식과 같다.

$$\phi = \sum h_c A_i (\theta_R - \theta_{s_i}) \quad (3.3.26)$$

정해법에서는 식(3.3.25)에서  $\theta_{s_i}$  를 다음과 같이 구하고, 이것을 식(3.3.26)식에 대입해서  $\phi$  를 얻는 것이다. 그러나 식(3.3.25)에서 근사해법으로 방사흡수계수  $g_{ij}$  를 다음과 같이 가정하여  $\theta_{s_i}$  를 소거하면 직접  $\phi$  를 구할 수 있다.

$$g_{ij} \doteq \frac{A_j}{\bar{A}} \quad (\bar{A} = \sum A_i) \quad (3.3.27)$$

식(3.3.25)에 식(3.3.27)을 대입하고 표면온도가  $(\theta_R - \theta_{s_j})$ 의 형이 되도록 식을 변형하면

$$\begin{aligned} \therefore h_c A_i (\theta_R - \theta_{s_i}) - \frac{h_r}{h_t} \left( A_i - \frac{G_{A_i}}{h_t} \right) \frac{\sum h_c A_j (\theta_R - \theta_{s_j})}{A} \\ = \frac{h_c}{h_t} \theta_R G_{A_i} - \frac{h_c}{h_t} G_{T_i} \theta_{o_i} - h_c \left( A_i - \frac{G_{A_i}}{h_t} \right) \frac{q_i}{h_t} \end{aligned} \quad (3.3.28)$$

위 식의 좌변 제2항 중의  $\sum h_c$  --- 부분은 식(2.2.26)의 정의에 일치하고, 또 위 식을  $i$  에 관해서 모두 합하면 좌변 제1항은  $\phi$  에 해당하므로 이를 정리하면 다음과 같다.

$$\therefore \phi = \frac{\sum_i [G_{A_i} \theta_R - G_{T_i} \theta_{o_i} - (A_i - \frac{G_{A_i}}{h_t}) q_i]}{1 + \frac{h_r}{h_t h_c} \frac{\sum G_{A_i}}{A}} \quad (3.3.29)$$

이 식의 우변의 분자는 여진조건  $\theta_R, \theta_{oi}, q_i$  에 의해 유도된 단체응답의 총합이다.

그러므로 방사열량을 고려한 경우의 응답은 단체응답을  $1/\left(1 + \frac{h_r \sum G_{Ai}}{h_i h_c A}\right)$  로 수정한 것이라 말할 수 있다.

축열응답은 실온이 단위여진을 받을 때에 실내공기에서 구성부위에 유출하는 열이므로 식(3.3.29)에서  $\theta_R=1, \theta_{oi}=0, q_i=0$  인 경우에 해당한다. 이것에 면적을 가지지 않는 부위의 흡열응답의 합계  $G_A^*$ 를 합하여 실전체의 축열응답  $\phi_s$  를 구한다.

$$\therefore \phi_s = \frac{h_c A G_A}{h_c + h_r \frac{G_A}{h_i}} + G_A^* \quad (3.3.30)$$

② 전달함수의 역변환

식(3.3.30)의 전달함수  $G_A$  는 근사해법인 전달벡터법으로 구한 것이며, 그 역변환은 전달벡터를 이용한 최소자승법<sup>2,3)</sup>을 적용하는데 전달벡터에 대한 기준  $S$  값은 4배수계열에 의한 10개로 한다.

표 3.3.10 전달벡터의 기준값

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$S_j$	0.	0.00025	0.001	0.004	0.016	0.064	0.256	1.024	4.096	16.384

근사변환된 Step응답의 지수항의 수는 0~2개로 하는데, 제1항인  $\alpha_1$  의 크기에 따라 결정한다.

- $\alpha_1 > 4$  이면      0항 근사 (정상상태로 간주)
- $\alpha_1 > 1$  이면      1항 근사
- $\alpha_1 < 1$  이면      2항 근사

### ③ 중첩연산

중첩연산(Convolution)은 근사변환에 의해 구한 최대 2개의 근인  $\alpha_1, \alpha_2$ 에 대한 항별 공비법을 사용한다.<sup>4)</sup>

Step응답이  $A_0 + A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t}$ 이면, 삼각파응답의 제1항은 다음과 같다.

$$WF_0 = A_0 + \frac{A_1}{\alpha_1}(1 - e^{-\alpha_1}) + \frac{A_2}{\alpha_2}(1 - e^{-\alpha_2}) \quad (3.3.31)$$

제2항 이하는

$$WF_j = -\frac{1}{\alpha_1}(1 - e^{-\alpha_1})^2 \cdot e^{-j\alpha_1} - \frac{A_2}{\alpha_2}(1 - e^{-\alpha_2})^2 \cdot e^{-j\alpha_2}, \quad j \geq 1 \quad (3.3.32)$$

여기서, 시계열  $j$  만이 변수이므로 제1근에 대한 공비  $R_1$  과 제2근에 대한 공비  $R_2$  는 다음과 같다.

$$R_1 = e^{-\alpha_1} \quad (3.3.33)$$

$$R_2 = e^{-\alpha_2} \quad (3.3.34)$$

따라서,  $WF_j$ 의 제2항 이하는 공비  $R_1$ 과  $R_2$ 를 이용하면 된다.



(라) 주광이용

주광이용 알고리즘은 HASP/ACLD/8501<sup>4)</sup>을 이용하였으며, 단위는 SI계로 변환하였다.

① 실과 유리창의 형상

그림 3.3.2 a)는 실제의 실과 유리창의 형상이며, b)는 주광알고리즘에 맞도록 가정한 것이다.

실의 형상은 항상 직사각형으로 가정하며, 유리창이 있는 벽의 가로인 개구  $W$ , 마루면적  $A_f$  일 때 유리창으로부터 실내로의 소등범위는  $A_f/W$ 로 한다.

유리창은 그 폭을 외벽의 개구  $W$ 와 같은 연속창으로 가정하며, 그림 3.3.2 a)와 같이 높이  $a$ , 폭  $b$ 인 경우에는 높이  $ab/W$ , 폭  $W$ 인 연속창이 된다.

작업면은 마루면에서 0.75m 높이로 하되, 창대높이가 작업면보다 높을 때는 창대가 작업면에 일치할 때까지 창을 밑으로 이동한다.

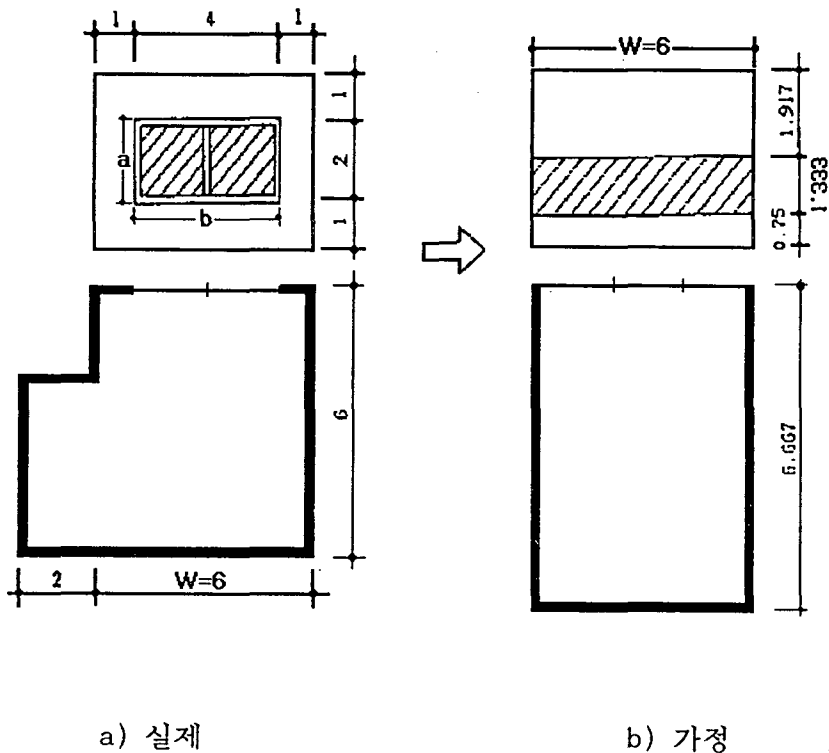


그림 3.3.2 마루의 평면형태

② 주광광원

일사열취득계산에 이용되는 투과일사량의 계수 93.7(126800/1353.7)을 곱하여 계산한 값을 창을 투과한 직후의 광속 밀도로서 이용한다.

주광광원은 블라인드 개폐여부에 따라 다르게 취급한다. 주광의 산란성분은 창면에는 블라인드를 열었을 때는 확산성광원으로 하며, 직달광성분은 직접광광원으로 생각지 않으나, 간접광조도에 대해서는 하향광속으로서 기여한다고 생각하고, 지물반사광은 간접광원상향광속으로 가정한다.

블라인드를 닫았을 때는 전광속을 블라인드면에서 확산성광원으로 하며, 광속방향은 상하로 균등하게 한다.

표 3.3.11 블라인드의 개폐에 따른 투과광속의 가정

구 분	블라인드를 열었을 때	블라인드를 닫았을 때
직접광원	산란광성분	전투과광
간접광 상향광속	반사광성분	1/2전투과광
간접광 하향광속	직달광+산란광	1/2전투과광

③ 주광조도

직접광조도  $E_d$  는 직접광광원 M 일 때 창에서  $x$  m 에 있는 작업면의 직접광조도이며, 다음식으로 구한다.

$$E_d = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) M \quad (3.3.35)$$

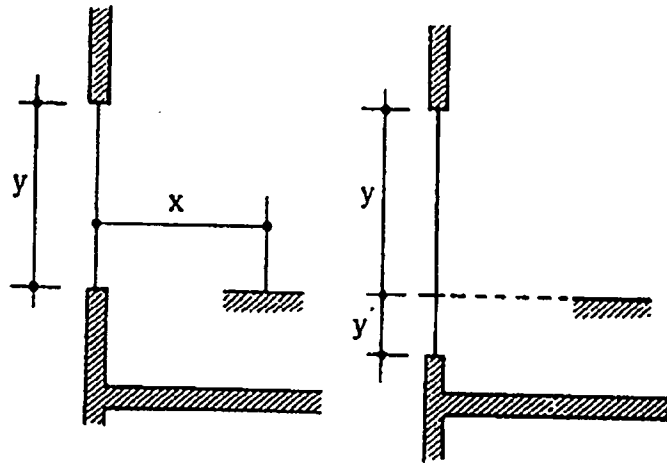


그림 3.3.3 창과 작업대의 위치

간접광조도  $E_r$  는 간접광광원의 하향성분  $M_1$ , 상향성분  $M_2$  일 때 다음식으로 구한다.

$$E_r = \frac{A_w (\rho_1 M_1 + M_2) \rho_2}{A_f (1 - \rho_1 \rho_2)} \quad (3.3.36)$$

여기서,  $A_w$  는 창면적이고  $A_f$  는 마루면적이며,  $\rho_1$  과  $\rho_2$  는 실하부반사율과 실상부반사율로 그 값은 실내마감 상태에 따라 다르며 표 2.2.11과 같다.

표 3.3.12 실내마감상태와 광 반사율

실내마감	$\rho_1$	$\rho_2$	$\frac{\rho_1 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2}$	$\frac{\rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2}$
밝은색	0.3	0.7	0.2658	0.8861
중간색	0.2	0.5	0.1111	0.5556
어두운색	0.1	0.3	0.0309	0.3093

#### 4) 인공광원과 조도분포

인공조명설비는 작업면에 일정한 설계조도를 실현하도록 만들어져 있다고 가정한다.

조명 제어방법은 주광으로 규정된 밝기가 얻어지는 깊이까지를 소등범위로 하는 방법과 고정된 소등범위  $X_0$  까지 소등가능 여부를 판단하는 방법이 있으나 여기서는 후자를 채용한다.

즉, 소등가능의 판단은  $X_0$  의 점까지 소등하여도 작업면에서 설계조도를 유지할 수 있는가 없는가에 의한다.

이를 위해서는 소등한 경우의 인공광원에 의한 조도분포가 필요하며, 여기에는 단순히 소등한 경우의  $X_0$  점의 인공광 조도를 설계조도  $E_0$  의 1/2 로 한다. 따라서  $X_0$  점의 주광조도가  $E_0/2$  이면 소등이 가능하게 된다.

#### 5) 소등가부의 판정

그림 3.3.2 및 그림 3.3.3에 표시된 실의 형상과 창외 상태에서 작업면  $x$  에서의 소등가부판정은 블라인드 개폐의 여부에 따라 달라진다.

법선면직달일사량  $I_{ON}$ , 수평면천공일사량  $I_{OS}$ , 일사량 조도로의 환산계수  $c=93.7$ , 유리창의 복사차폐계수  $SCR$ , 유리창과 천공간의 전형태계수  $\varphi_s$ , 유리창과 지물간의 전형태계수  $\varphi_g$ , 유리창일조면적을  $f_g$ , 지면반사율  $\rho_G$ , 직달일사열취득계수  $g_d$  그리고 산란일사열취득계수를  $g_s$ 라 하면 표 3.3.11의 투과광속은 다음과 같다.

블라인드를 열었을 때

직접광

$$M = c I_{OS} \varphi_s g_s SCR$$

상향간접광

$$M_1 = c (I_{ON} \sin h^* f_g g_d + I_{OS} \varphi_s g_s) SCR \quad (3.3.37)$$

하향간접광

$$M_2 = c (I_{ON} \sin h + I_{OS}) \rho_G \varphi_g g_s SCR$$

블라인드를 닫았을 때

직접광

$$M = c \{ I_{ON} \sin h^* f_g g_d + I_{OS} \varphi_s g_s + (I_{ON} \sin h + I_{OS}) \rho_G \varphi_g g_s \} SCR$$

상향간접광

$$M_1 = \frac{1}{2} M$$

하향간접광

$$M_2 = \frac{1}{2} M \quad (3.3.38)$$

위의 입사광에 의해, 창에서  $X_0$  의 거리에 있는 작업면상에 만들어진 조도  $E$  는

블라인드를 열었을 때

$$E = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}} \right) \cdot M + \frac{w(y+y')\rho_1}{A\sqrt{1-\rho_1\rho_2}} \cdot M_1 + \frac{w(y+y_1)}{A\sqrt{1-\rho_1\rho_2}} \cdot M_2 \quad (3.3.39)$$

블라인드를 닫았을 때

$$E = \left\{ \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}} \right) + \frac{w(y+y')(1+\rho_1)}{2A\sqrt{1-\rho_1\rho_2}} \right\} \cdot M \quad (3.3.40)$$

로 주어진다. 위 식에 의해  $E$  가  $E_0/2$  보다도 클 때는 소등이 가능하다고 판정된다. 그리고 전력소비량은 전기용량  $\times$  점등스케줄  $\times$  (1 - 소등면적율)에 의해서 산정된다.

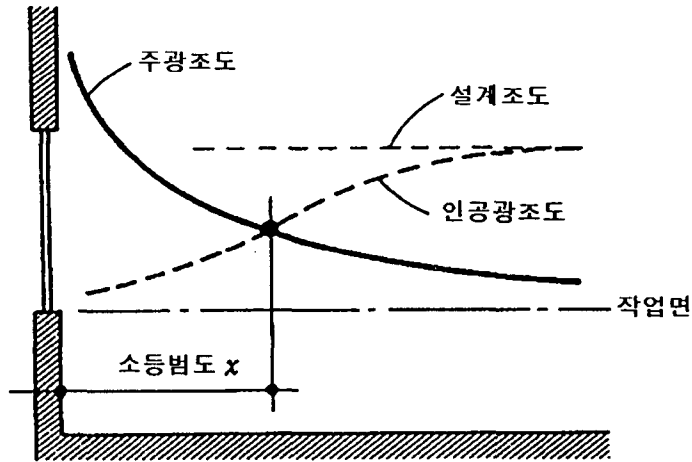


그림 3.3.4 조도분포와 소등가능범위

(3) 열부하계산

(가) 기상데이터

① 기상데이터 파일

년간에너지소비량을 계산하기 위해 공조시스템을 시뮬레이션하려면 기상요소별로 8760시간의 시각별 데이터가 필요하다. 본 프로그램에서는 일본 공기조화위생공학회 방식으로 개발한 공기조화·냉동공학회의 표준년기상데이터<sup>10)</sup>를 사용하며, 기상요소는 다음의 7가지이다.

1. 외기 건구온도 (℃)
2. 외기습도(절대습도) (0.1g/kg)
3. 직달 일사량 (kcal/m<sup>2</sup>h)
4. 확산(산란) 일사량 (kcal/m<sup>2</sup>h)
5. 운량 (천공의 10분비)
6. 풍향 (16방위)
7. 풍속 (0.1m/s)

부하계산의 기본적인 시간 간격은 1시간으로 되어 있기 때문에 상기의 7개 기상 요소도 1시간 간격으로 데이터가 필요하다. 이외에도 역정보(曆情報)가 필요하다. 역정보란 년, 월, 요일, 국경일 등의 정보로서 이것들은 기상요소와 무관하나 건물의 사용조건을 정하는데 필요한 데이터이기 때문에 기상데이터와 함께 처리해야 한다.

그림 3.3.5는 기상데이터의 format 형식으로 1일분 기상데이터의 실례를 든 것이다. 즉 1일분의 데이터는 7행으로 구성되어 있으며 각행은 상기의 7개의 기상요소와 대응한다.

1행의 데이터는 그림 3.3.6에 표시한 바와 같이 01시에서 24시까지의 매시 값을 3열로 기록하여 합계 72열과 역정보 7열 및 데이터의 순서를 나타내는 1열을 포함하여 총 80열이다.

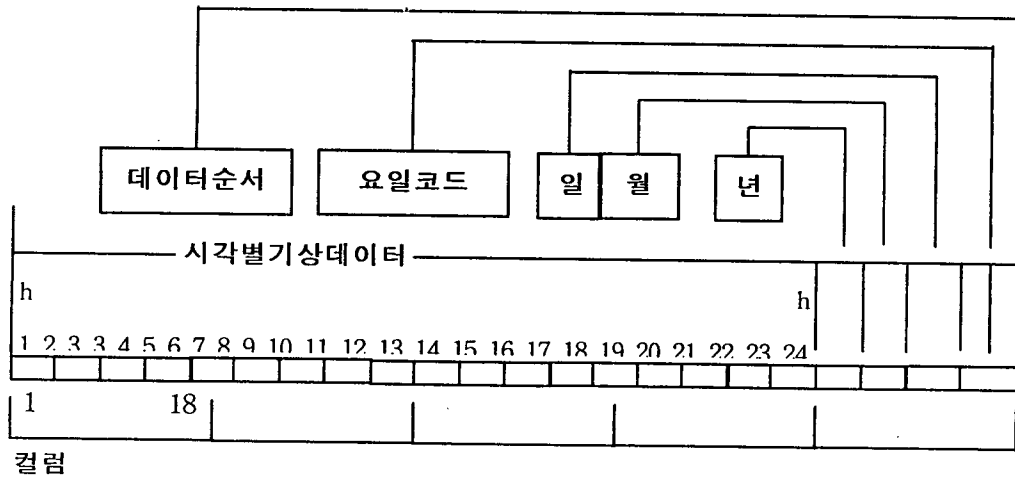


그림 3.3.5 표준 기상데이터의 양식





매시의 풍향을 2자리 정수로 기록한 것으로 0은 무풍, 1은 북북동, 2는 북동..... 4는 동쪽, 8은 남쪽, 12는 서쪽, 16은 북쪽을 의미한다. 풍속이 0.2m/s이하일 때는 풍향은 없는 것으로 간주한다.

㉔ 풍속

매시의 풍속을 3자리 정수로 표시하며 단위는 0.1m/s이다.

㉕ 역정보

역정보는 모든 데이터의 공통사항으로 73-79열 사이에 다음과 같은 방법으로 기재되어 있다.

- 73-74열 : 년도
- 75-76열 : 월
- 77-78열 : 날자
- 79열 : 요일(1=일요일, 2=월요일, ..... 7=토요일) 단, 국경일의 경우에는 첫 번째 행 즉 건구온도 요일란에 "0"으로 표시한다.

② 지중온도

지중온도는 지하실 또는 지면에 접하는 바닥에서 열손실이나 열취득을 고려하기 위해 필요하다. 지중온도에 변동을 가져오는 인자로는 지역, 흙의 종류, 건물의 유무 등이 있으나, 일반적으로 지표에서 50-60cm보다 깊은 지온의 일변동은 없으므로, 지온 데이터에 대해 연간 변동만을 생각한다. 지표면온도의 연간변동을  $\cos$ 곡선으로 가정했을 때, 구하고자 하는 지중온도를  $T_{GRZ}$  이라 하면 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$T_{GRZ} = T_{GRO} + \frac{1}{2} \Delta T_{GRS} e^{-0.562Z} \cos\left(\frac{n - n_{mx} - 30.556 Z}{365} 2\pi\right) \quad (3.3.41)$$

이 때,  $T_{GRO}$  : 불역층온도

$\Delta T_{GRS}$  : 지표면온도의 년교차

$n$  : 해당일의 년중 통산일수의 년중 순서

$n_{mx}$  : 지표면 온도의 연간최대치가 생기는 날의 통산일수

$Z$  : 지중깊이(m)

블역층온도는 년평균기온과 비슷하고, 지표면온도년교차는 8월의 평균지표면온도와 1월의 평균지표면온도의 차로 구할 수 있다.

한국의 주요 도시의 기온과 년최고 일평균일을 한국기후표<sup>16)</sup>의 일별예년값에서 구하면 7월31일이므로  $n_{mx} = 212$ 가 되고, 월별예년값의 평균기온과 지면온도로부터 구한 블역층온도와 지표면온도년교차는 표 3.3.13과 같다.

표 3.3.13 주요도시의 위치 및 지중온도 데이터

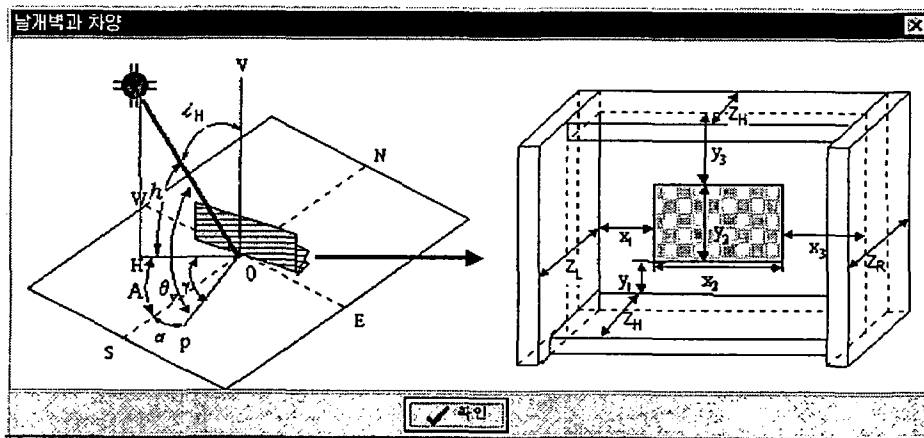
번호	도시명	위도	경도	블역층온도	지표면온도년교차	기상자료화일
1	강릉	37.75	128.90	12.4	26.9	SWY.105
2	광주	35.13	126.92	13.1	27.6	SWY.156
3	대구	35.88	128.62	13.0	29.4	SWY.143
4	대전	36.30	127.40	11.8	27.6	SWY.133
5	목포	34.78	126.38	13.6	27.2	SWY.165
6	부산	35.10	129.03	14.0	26.4	SWY.159
7	서울	37.57	126.97	11.6	30.0	SWY.108
8	인천	37.48	126.63	11.3	29.3	SWY.112
9	전주	35.82	127.15	12.8	28.5	SWY.146
10	진주	35.20	128.10	13.2	26.6	SWY.192
11	제주	33.52	126.53	15.1	25.0	SWY.184
12	청주	36.63	127.43	11.4	29.5	SWY.131
13	포항	36.03	129.38	13.2	27.9	SWY.138

(나) 일사량

① 태양위치

천구상에서 태양의 위치는 태양고도  $\beta$  와 태양방위각  $A$ 로 표시한다. 태양고도는 수평면상에서, 태양방위각은 정남을 0도로하여 시계방향으로 측정한 값을  $\alpha$ 으로 한다.

태양위치는 그 지방의 위도, 태양적위  $\delta$  및 시각 HA(hour angle)에 의해 결정된다.



(a) 태양위치

(b) 차양과 날개벽의 치수

그림 3.3.7 벽과 태양의 위치 및 차양과 날개벽의 치수

㉞ 일일정수의 계산

하루중 일정한 태양적위,  $\delta$ , 평균태양시와 진태양시의 차이인 균시차  $\epsilon$  및 진태양시와 지방시의 차이인 시차  $\Delta t$ 를 다음식으로 구한다.

1) 연간 통산일수,  $n$

$$n = 30.57 + mon - 31.06 - SIGN(1, mon - 3) + iday \quad (3.3.42)$$

$$w = \frac{\pi \cdot n}{183}$$

여기서,  $mon$  은 월이며,  $iday$ 는 일이다.

2) 태양적위,  $\delta$

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006322 - 0.405748 \cdot \cos(w + 0.153231) - 0.005880 \cdot \cos(2w \\ & + 0.207099) - 0.003233 \cdot \cos(3w + 0.620129) \quad (rad) \end{aligned} \quad (3.3.43)$$

3) 균시차,  $\epsilon$

$$\begin{aligned} \epsilon = & 0.000279 + 0.122772 \cdot \cos(w + 1.49831) - 0.165458 \cdot \cos(2w \\ & - 1.26155) - 0.005354 \cdot \cos(3w - 1.571) \quad (h) \end{aligned} \quad (3.3.44)$$

4) 시차,  $\Delta t$

$$\Delta t = \epsilon + (LONG - 135)/15 \quad (h) \quad (3.3.45)$$

여기서,  $LONG$ 는 그 지방의 경도이다.

⊕ 시각(時刻)

$$HA = (t - 12 + \Delta t) \cdot \pi/12 \quad (rad) \quad (3.3.46)$$

⊕ 태양위치

1) 태양고도,  $h$

$$\sin h = \cos L \cdot \cos \delta \cdot \cos HA + \sin L \cdot \sin \delta \quad (3.3.47)$$

여기서,  $L$ 은 그 지방의 위도이다.

2) 태양방위각,  $A$

$$\cos A = (\sin h \cdot \sin L - \sin \delta) / (\cos h \cdot \cos L) \quad (3.3.48)$$

㉠ 벽태양방위각,  $\gamma$

$$\gamma = A - \alpha \quad (3.3.49)$$

여기서,  $\alpha$ 는 벽방위각이다.

㉡ 태양입사각,  $i$

$$\cos i = \sin h \cdot \cos \beta + \cos h \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \quad (3.3.50)$$

여기서,  $\beta$ 는 벽의 경사각이다.

② 일조면적을

㉠ 차양에 의한 일조면적을

벽과 창외부에 설치된 각종의 차양과 날개벽으로 인한 그림자의 길이를 구하여 유리창의 일사열취득에 필요한 일조면적을 구하기 위한 것이다.

차양과 날개벽의 종류는 다양하나 격자루버형은 이들을 모두 포괄하고 있기 때문에 이것을 기준으로 알고리즘을 작성하였다.

그림 3.3.7(b)는 본 연구에서 기준으로 정한 차양과 날개벽의 형상이며, 그림 3.3.8은 그림자의 형상과 그에 관련된 치수이다.

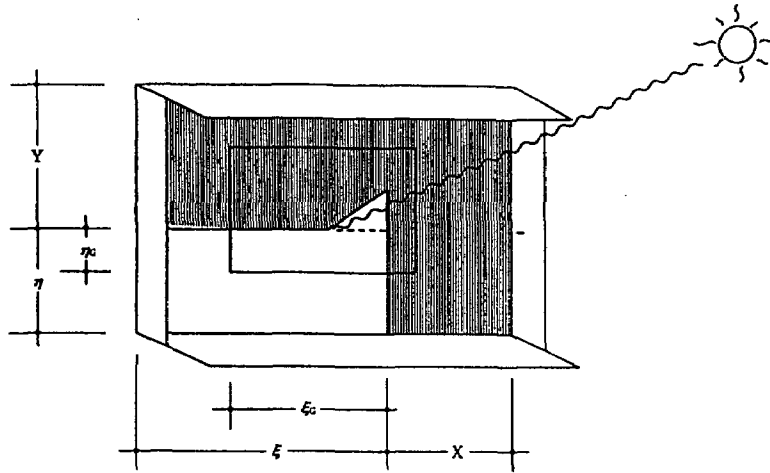


그림 3.3.8 일조면적

경사각  $\beta$ 인 임의의 경사면에 대한 태양위치를 고도  $h^*$ , 방위각  $A^*$ 로 표시하면 다음과 같다.

$$\sinh^* = \sinh \cos \beta + \cosh \sin \beta \cos(A - \alpha) \quad (3.3.51)$$

$$\cosh^* \sin A^* = \cosh \sin(A - \alpha) \quad (3.3.52)$$

$$\cosh^* \cos A^* = -\sinh \sin \beta + \cosh \cos \beta \cos(A - \alpha) \quad (3.3.53)$$

다음으로 그림자의 길이  $X$ ,  $Y$ 를 구한다.

$$X = Z_v \left| \frac{\cosh^* \sin A^*}{\sin h^*} \right| \quad (3.3.54)$$

여기서,  $Z_v = Z_R$ ,  $\cos h^* A^* \leq 0$

$Z_v = Z_L$ ,  $\cos h^* A^* \geq 0$

$$Y = Z_H \left| \frac{\cosh^* \cos A^*}{\sin h^*} \right| \quad (3.3.55)$$

외면전체 일조면적  $S$ , 유리창 일조면적  $S_G$  및 외벽면일조면적  $S_W$  는 다음과 같이 계산한다.

외벽면전체의 일조면적은  $S = \xi \eta$ 로 구한다.

$$\begin{aligned} \xi &= x_1 + x_2 + x_3 - X \quad \text{단} \quad \xi < 0 \quad \text{일때} \quad \xi = 0 & (3.3.56) \\ \eta &= y_1 + y_2 + y_3 - Y \quad \text{단} \quad \eta < 0 \quad \text{일때} \quad \eta = 0 \end{aligned}$$

창면의 일조면적은  $S_G = \xi_G \eta_G$ 로 구한다.

$$\begin{aligned} &\cosh^* \sin A^* < 0 \quad \text{일 때} \quad [\text{향해서 우측에서의 일사}] \\ &\xi_G = x_2 + x_3 - X \quad \text{단} \quad \xi_G > x_2 \quad \text{일때} \quad \xi_G = x_2, \quad \xi_G < 0 \quad \text{일때} \quad \xi_G = 0 \\ &\cosh^* \sin A^* > 0 \quad \text{일 때} \quad [\text{향해서 좌측에서의 일사}] \\ &\xi_G = x_1 + x_2 - X \quad \text{단} \quad \xi_G > x_2 \quad \text{일때} \quad \xi_G = x_2, \quad \xi_G < 0 \quad \text{일때} \quad \xi_G = 0 \\ &\cosh^* \cos A^* < 0 \quad \text{일 때} \quad [\text{상방에서의 일사}] & (3.3.57) \\ &\eta_G = y_2 + y_3 - Y \quad \text{단} \quad \eta_G > y_2 \quad \text{일때} \quad \eta_G = y_2, \quad \eta_G < 0 \quad \text{일때} \quad \eta_G = 0 \\ &\cosh^* \cos A^* > 0 \quad \text{일 때} \quad [\text{하방에서의 일사}] \\ &\eta_G = y_2 + y_3 - Y \quad \text{단} \quad \eta_G > y_2 \quad \text{일때} \quad \eta_G = y_2, \quad \eta_G < 0 \quad \text{일때} \quad \eta_G = 0 \end{aligned}$$

벽면의 일조면적을  $f_W$ 는

$$f_W = \frac{S - S_G}{(x_1 + x_2 + x_3)(y_1 + y_2 + y_3) - x_2 y_2} \quad (3.3.58)$$

창면의 일조면적을  $f_G$ 는

$$f_G = \frac{S_G}{x_2 y_2} \quad (3.3.59)$$

그러나, 일출전이나 일몰후일 때 즉,  $\sinh < 0$  일 때에는 무조건  $f_W = 0$ ,  $f_G = 0$

이며, 벽면에 대한 태양입사각인  $\sin h^* < 0$  일 때에도  $f_w=0, f_G=0$  이다

또한, 차양이 없는 경우에는 무조건  $f_w=1, f_G=1$  이다.

#### ㉔ 인접건물의 영향에 의한 일조면적을

그림 2.2.9에 표시된 태양고도  $h$ 와 건물고도  $\theta$ 의 대소관계로부터 계산실의 지상 높이에서의 직달일사의 유무를 결정한다.

직달일사가 없는 조건은  $\tan h < \tan \theta$  에서 구한다.

$$\sin h < \frac{H_a - H_f}{D_a} \cos h \cos(A - a) \quad (3.3.60)$$

식(2.2.60)이 성립하는 경우에는 식(2.2.58), (2.2.59)의 결과에 무관하게  $f_w=0, f_G=0$  이다.

#### ㉕ 쏠형태계수

벽 또는 유리창과 천공간의 전형태계수  $\phi_s$  와 지물간의 전형태계수  $\phi_g$ 는 다음 4가지의 가정하에서 계산한다.

1. 한 방향으로서는 무한히 긴 관계로 2차원으로 취급한다.
2. 차양과 같이 가까운 물체에 대해서는 面對面의 계산을 한다.
3. 천공, 지물 및 인접건물과 같이 먼 물체와의 관계는 외면은 미소면으로서, 바닥높이의 위치로 대표되는 面對微小面으로 계산한다.
4. 우선 수평선으로 구분한다. 차양, 천공, 지물, 인조건물에 대해서 수평으로 무한히 긴 면으로 계산하고 그 다음에 양날개벽을 수직방향으로 무한히 긴 면으로서 가정하여 계산한 결과를 보정한다.



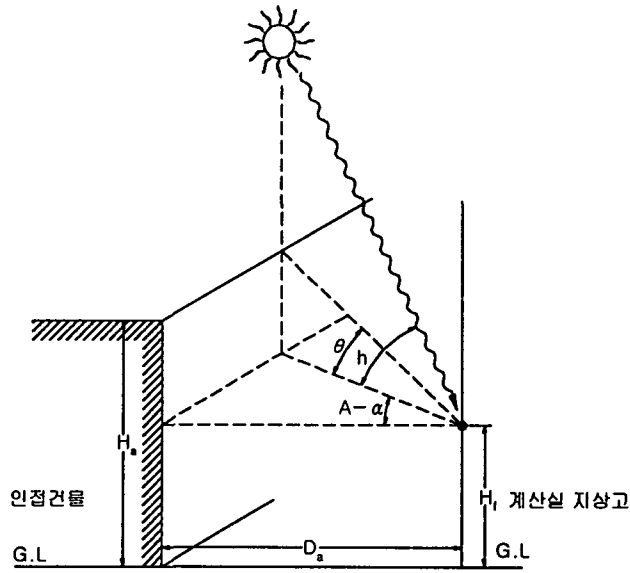


그림 3.3.9 태양과 인근건물의 위치관계

지면방향으로 무한히 긴 경우에는 면 1에서 면 2를 보는 전형태계수는 다음과 같다.

$$\varphi_{12} = \frac{a+b-c-d}{2f}$$

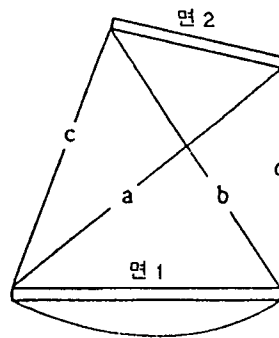


그림 3.3.10 2차원 전형태계수의 일반형

이러한 가정하에서 그림 3.3.11에서 구한 전형태계수  $\varphi_1 \sim \varphi_4$  는 다음과 같다.

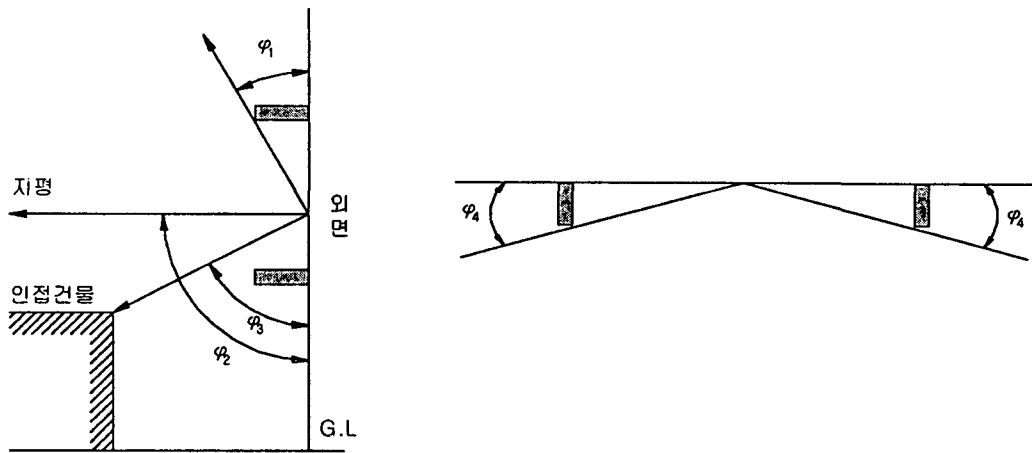


그림 3.3.11 계산에 사용되는 4종의 2차원 형태계수

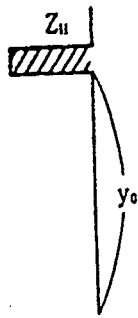


그림 3.3.12 외벽과 상부차양

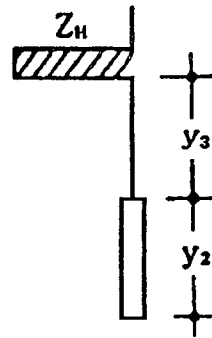


그림 3.3.13 유리창과 상부차양

높이가  $y_0$ 인 외벽에서 상부차양을 보는 형태계수  $\varphi_{1W}$ 는

$$\varphi_{1W} = \frac{y_0 + z_H - \sqrt{y_0^2 + z_H^2}}{2 y_0} \quad (3.3.61)$$

창면에서 차양을 바라보는 형태계수  $\varphi_{1G}$ 는

$$\varphi_{1G} = \frac{y_2 + \sqrt{y_2^2 + z_H^2} - \sqrt{(y_3 + y_2)^2 + z_H^2}}{2 y_2} \quad (3.3.62)$$

경사각  $\beta$ 인 외벽면에서 지평 이하를 보는 형태계수  $\varphi_2$ 는

$$\varphi_2 = \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.3.63)$$

외면에서 인접건물이하를 보는 형태계수  $\varphi_3$ 는

$$\varphi_3 = \frac{1 - \cos(\beta + \theta)}{2} \quad (3.3.64)$$

여기서,  $\theta = \tan^{-1} \frac{H_a - H_f}{D_a}$

$$\cos(\beta + \theta) = \frac{D_a \cos \beta - (H_a - H_f) \sin \beta}{\sqrt{D_a^2 + (H_a - H_f)^2}}$$

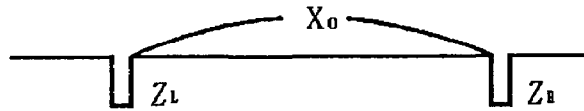


그림 3.3.14 벽과 양날개벽

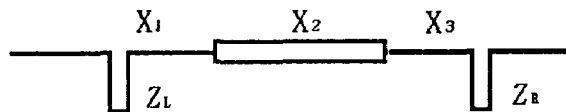


그림 3.3.15 유리창과 양날개벽

벽면에서 양날개벽을 보는 형태계수  $\varphi_{4W}$  는

$$\varphi_{4W} = \frac{x_0 + z_L - \sqrt{x_0^2 + z_L^2} + x_0 + z_R - \sqrt{x_0^2 + z_R^2}}{2x_0} \quad (3.3.65)$$

창면에서 양날개벽을 보는 형태계수  $\varphi_{4G}$  는

$$\varphi_{4G} = \frac{x_2 + \sqrt{x_1^2 + z_L^2} - \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + z_L^2} + x_2 + \sqrt{x_3^2 + z_R^2} - \sqrt{(x_3 + x_2)^2 + z_R^2}}{2x_2} \quad (3.3.66)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  값의 대소관계에 따라 물체를 보는 방법은 4종으로 분류되며, 각각에 대해서  $\varphi_s$  와  $\varphi_g$  가 정해진다. 그림 3.3.16은 이 분류와  $\varphi_s, \varphi_g$  값을 나타낸다.

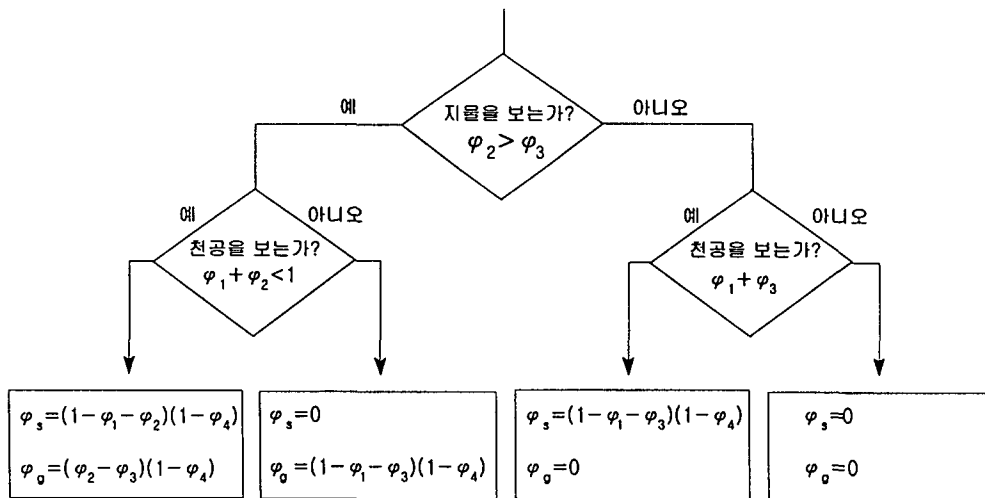


그림 3.3.16 외면에서 제물체를 보는 방법의 분류와  $\varphi_s, \varphi_g$  값

#### ④ 일사수열량

기상데이터에서 읽어온 법선면직달일사량  $I_{ON}$ , 수평면천공일사량  $I_{OS}$  을 이용하여 임의의 경사면에 대한 일사수열량을 성분별로 구하면 다음과 같다.

직달일사량 성분을  $I_D$  라 하면

$$I_D = I_{ON} \cdot \cos i \cdot f_s \quad (\text{W/ m}^2) \quad (3.3.67)$$

여기서,  $\cos i$  : 입사각의 여현,  $\cos i = \sin h^*$

$f_s$  : 외면의 입조면적을

산란일사량 성분  $I_s$  는

$$I_s = I_{OS} \cdot \varphi_s \quad (\text{W/ m}^2) \quad (3.3.68)$$

여기서,  $\varphi_s$  는 외면에서 천공을 보는 전형태계수이다.

반사일사량 성분  $I_R$  는

$$I_R = (I_{DN} \sin h + I_{OS}) \rho_G \cdot \varphi_g \quad (\text{W/ m}^2) \quad (3.3.69)$$

여기서,  $\rho_G$  : 지면반사율

$\varphi_g$  : 외면에서 지표면을 보는 전형태계수

장파방사열성분  $I_L$  는

$$I_L = I_{OL} \cdot \varphi_s \quad (\text{W/ m}^2) \quad (3.3.70)$$

여기서,  $I_L$  는 장파방사열량으로 Brunt의 식으로 구한다.

$$I_{OL} = 5.67544 \cdot \left(\frac{t_0}{100}\right)^4 \cdot \left(1 - 0.51 - 2.1 \cdot \sqrt{\frac{x}{622 + x}}\right) \cdot (1 - 0.062C)$$

여기서,  $t_0$  : 외기온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$x$  : 외기의 절대습도 (g/kg)

$c$  : 운량(0 ~10 사이의 정수)

#### (다) 표면열전달계수

##### ① 내표면열전달계수

실내측표면의 열전달계수는 표면근처의 기류의 상태, 표면의 방사율 및 열류의 방향에 따라 변한다. 그러나 본 연구에서는 ASHRAE 편람<sup>1)</sup>에서 대표적으로 사용하는  $h_i = 8.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  을 기준으로 하여 모든 내표면에 대하여 다음의 일정값을 적용한다.

$$h_i = 8.3 \quad (\text{W/ m}^2) \quad (3.3.72)$$

##### ② 외표면열전달계수

외표면열전달계수는 외표면 근처의 풍속과 열류의 방향 및 외표면의 거칠기 등에 따라 달라지며, 특히 외표면 근처의 풍속은 건물의 형상과 풍향에 따라 크게 좌우되므로 일정한 값을 적용하기는 어렵다. 따라서 풍속, 풍향 및 표면의 거칠기를 고려하여 계산한 대류성분 열전달계수와 표면온도와 방사율을 고려하여 계산한 복사성분 열전달계수를 합하여 산출한다.

##### ㉠ 외벽, 지붕의 경우

외벽이나 지붕은 구조체 자체의 열저항이 매우 크기 때문에 외표면열저항은 그다지 큰 영향을 주지 못한다. 따라서 벽체의 열관류, 응답계수, 전도열전달함수 및 일사열취득 등은 일정한 외표면 열전달계수를 기준으로 계산하는데,

ASHRAE<sup>1)</sup>와 일본 공기조화·위생공학회<sup>8)</sup>를 참조하여 다음 값을 적용한다.

$$h_0 = 23.0 \quad (W/m^2) \quad (3.3.73)$$

㉔ 유리창의 경우

유리창의 열관류율은 유리자체의 열저항이 그다지 크지 않기 때문에 유리창 외 표면 열전달계수는 대류성분과 복사성분을 분리하여 구한다.

외표면 열전달계수를 계산하는 알고리즘은 DOE-2<sup>9)</sup>의 Subroutine FILM2(유리창, ISURO=6)와 HASP/ACLD의 알고리즘<sup>10)</sup>을 비교검토하여, 풍속에 과도하게 영향을 받지 않는 HASP/ACLD의 알고리즘을 채택하였다. 표 3.3.14은 두 알고리즘으로 계산한 외표면 열전달계수를 비교한 것이다.

표 3.3.14 유리창의 외표면열전달계수  $h_0$  의 비교

단위:  $W/m^2 \cdot K$

알고리즘 \ 풍속(m/s)	0.	1.0	3.35	6.70	10.0	15.0
DOE-2	8.0	9.3	14.4	21.7	28.5	38.4
HASP/ACLD	14.3	14.3	16.8	23.1	29.4	38.8

외표면의 전열전달계수  $h_0$  는 대류성분  $h_c$  와 복사성분  $h_r$  의 합으로 구한다.

$$h_0 = h_r + h_c \quad (W/m^2 \cdot K) \quad (3.3.74)$$

복사성분  $h_r$ 은 다음 식으로 계산한다.

$$h_r = 0.5 \epsilon \sigma \cdot (T_a + T_g)^3 \quad (W/m^2 \cdot K) \quad (3.3.75)$$

여기서,  $\sigma$  : 스테판볼츠만 상수,  $\sigma = 5.6697 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$

$T_a, T_g$  : 외기와 유리창 면의 절대온도(K)

$\epsilon$  : 유리면의 방사율

대류성분  $h_c$  는

$$h_c = 4.652 + 7.56 V_c \quad (W/m^2 \cdot K) \quad (3.3.76)$$

여기서,  $V_c$  : 유리면 근방풍속 (m/s)

유리면 근방풍속  $V_c$  는 유리면의 방향과 풍향이 이루는 각과 풍속  $V$  의 크기에 따라 다르며, 다음과 같이 계산한다.

유리면에 대한 풍향  $\delta_w$  는

$$\delta_w = ABS(A + 180 - I_{WD} \cdot 22.5) \quad (3.3.77)$$

만약,  $\delta_w > 180$  이면



$$\delta_w = 360 - \delta_w$$

여기서, A : 유리면의 방위각 (도)

$I_{WD}$  : 풍향코드(동: 4, 남: 8, 북: 16 등)

유리면근방풍속  $V_C$  는 다음식으로 구한다.

유리면이 풍향내에 있을 때 ( $\delta_w < 90$ )

$$\left. \begin{array}{l} V_C = 0.25 V \\ V_C = 0.5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} , V > 2 \text{ m/s} \\ , V \leq 2 \text{ m/s} \end{array} \quad (3.3.78a)$$

유리면의 풍향의 이면에 있을 때 ( $\delta_w \geq 90$ )

$$V_C = 0.3 + 0.05 \cdot V \quad (3.3.78b)$$

(라) 열취득계산

① 외벽의 관류열취득

외벽 및 지붕을 통한 관류열취득에 의한 냉방부하는 대류와 복사성분으로 분리한 후, 복사성분은 실전달함수를 이용하여 냉방부하로 변환하고 여기에 즉시 냉방부하가 되는 대류성분을 합하여 구한다.

$n$  시의 벽의 상당온도차는 실제 외기온도에 일사수열량과 장파방사열을 온도로 환산한 값을 합한 상당외기온도와 설정 실내온도와의 차이이다.

$$\Delta t_{e,n} = t_{o,n} - t_r + (I_{D,n} + I_{s,n} + I_{R,n}) \cdot \frac{\epsilon_s}{h_0} - \frac{\epsilon_l}{h_0} \cdot I_{L,n} \quad (3.3.79)$$

여기서,  $t_{o,n}$  : 외기온도 (°C)

$t_r$  : 설정 실내온도 (°C)

$I_{D,n}$  : 직달일사량 ( $W/m^2 \cdot k$ ), 식(3.3.67)

$I_{s,n}$  : 산란일사량 ( $W/m^2 \cdot k$ ), 식(3.3.68)

$I_{R,n}$  : 반사일사량 ( $W/m^2 \cdot k$ ), 식(3.3.69)

$I_{L,n}$  : 장파방사량 ( $W/m^2 \cdot k$ ), 식(3.3.70)

$h_0$  : 외표면열전달계수 ( $W/m^2 \cdot k$ )

$\epsilon_s$  : 외표면 흡수율

$\epsilon_l$  : 장파방사율

$n$  시의 열취득  $q_{W,n}$  은

$$q_{W,n} = A \left[ \sum_{i=0} b_i \cdot \Delta t_{e,n-i} - \sum_{i=1} d_i \cdot (q_{W,n-i}/A) \right] \quad (3.3.80)$$

여기서,  $b_i, d_i$  : 전도전달함수

$A$  : 외벽면적 ( $m^2$ )

$q_{W,n-i}$  :  $n-i$  시의 열 취득 ( $W$ )

$\Delta t_{e,n-i}$  :  $n-i$  시의 상당온도차 ( $^{\circ}C$ )

② 내벽의 관류열취득

간막이, 마루, 천장 등은 인접실의 온도가 계산실의 실온과 같을 때는 열취득이 없으나, 다를 때는 외벽과 마찬가지로 식(3.3.80)으로 계산한다. 이 때, 상당온도차는

$$\Delta t_{e,n} = \alpha(t_{o,n} - t_r) \quad (3.3.81)$$

여기서,  $\alpha$  : 인실조건

$t_{o,n}$  : 외기온도( $^{\circ}C$ )

$t_r$  : 설정실온도( $^{\circ}C$ )

인실조건은  $\alpha = 0$  이면  $\Delta t_{e,n} = 0$  이므로 냉방부하가 발생하지 않고,  $\alpha = 1$  이면 외벽과 동일함을 알 수 있다.

③ 지중벽 관류열취득

지중에 있는 내벽, 마루 등은 지중온도가 하루 중에 크게 변하지 않으므로 정상상태 전도로 취급하여 계산한다.

$$Q_{GW} = U_g \cdot (t_g - t_r) \quad (3.3.82)$$

여기서,  $U_g$  : 지중벽, 마루등의 열관류율 ( $W/m^2 \cdot K$ )

$A$  : 지중벽, 마루등의 면적 ( $m^2$ )

$t_g$  : 지중온도 ( $^{\circ}C$ )

$t_r$  : 설정실온 ( $^{\circ}C$ )

지중벽열취득은 모두 그 즉시의 냉방부하가 된다.

#### ④ 유리창 전도열취득

유리창을 통한 전도열취득  $q_{WC,n}$  은 정상열전도로 계산하고, 그 전부를 즉시 냉방부하  $Q_{WC,n}$  로 처리한다.

$$q_{WC,n} = U_w \cdot A(t_{o,n} - I_{L,n} \cdot \epsilon_l / h_0 - t_r) \quad (3.3.83)$$

$$Q_{WC,n} = q_{WC,n} \quad (3.3.84)$$

여기서,  $U_w$  : 유리창의 열관류율 ( $W/m^2 \cdot K$ )

$L_L$  : 장파방사열 (식 3.3.70)

$\epsilon_l$  : 장파방사율

$h_0$  : 외면열전달계수

유리창의 열관류율  $U_w$ 는 내부차폐물의 유무에 따라 다르며, 그 크기는 유리창

재번코드와 같다. 이것은 풍속 6.7m/s, 외기온도 -18℃, 실온 21℃에서 일사량을 무시한 상태를 기준으로 한 값이기 때문에 외기조건에 따라 수정해야 하는데 그 절차는 다음과 같다.

유리창열저항과 내표면열저항의 합,  $R_w$ 를 구한다.

$$R_w = \frac{1}{U_w} - \frac{1}{h_0} \quad (3.3.85)$$

여기서,  $h_0$ 는 기준 외표면열전달계수이며,  $h_0 = 23.0$  이다.

실제 외기조건에 맞는 전열전달계수  $h_0'$ 를 식(3.3.74)~(3.3.76)으로 다시 계산한 후, 유리창 표면온도  $T_g'$ 를 계산한다.

$$T_g' = (t_{o,n} \cdot h_0' + T_r/R_w + I_{SOL,n}) / (h_0' + 1/R_w) \quad (3.3.86)$$

여기서,  $t_{o,n}$  : 외기온도

$t_r$  : 실내온도

$I_{SOL,n}$  : 유리창 일사흡수열량

흡수율  $\epsilon_s$  인 유리창의 일사흡수율  $I_{SOL}$  은 다음식으로 구한다.

$$I_{SOL,n} = (I_{D,n} + I_{S,n} + I_{R,n}) \cdot \epsilon_s \quad (3.3.87)$$

새로 구한 유리면온도  $T_g'$  를 식(2.2.75)에 대입하여  $h_r$  을 구하고, 여기서 식 (3.3.76)으로 구한  $h_c$  를 합하여 새로운  $h_0'$  를 구한다.

$h_0'$  를 식(3.3.86)에 대입하여 새로운  $T_g'$  를 구하여, 그 이전의  $T_g'$ 와 비교하고 수렴할 때까지 반복 계산한다.

### ⑤ 유리창 투과일사열취득

투과일사열취득의 계산은 차폐계수법을 이용하였다. 이것은 표준유리창의 입사각별 열취득을  $g_d$  와 유리창 종류별 차폐계수  $SC$  를 조합하여 계산하는 방법이다. 직달일사열취득율의 계산에는 유리면에 입사하는 일사의 입사각의 함수로 계산하는 HASP/ACLD<sup>4)</sup>, 일본공기조화·위생공학 편람<sup>8)</sup>, ASHRAE편람<sup>1)</sup> 등의 알고리즘이 있으나 주광이용을 위해 최근에 작성된 DOE-2.1E<sup>11)</sup>의 유리창 라이브러리인 W4LIB.TMP의 데이터를 회귀분석한 다음식을 이용한다.

$$g_d = 2.77356 \cdot \cos i - 1.18302 \cdot \cos i^2 - 7.33754 \cdot \cos i^3 + 14.1506 \cdot \cos i^4 - 10.2813 \cdot \cos i^5 + 2.73780 \cdot \cos i^6 \quad (3.3.88)$$

여기서,  $g_d$  : 3mm 표준투명유리의 직달일사의 열취득율

$\cos i$  : 유리면의 입사각의 여현,  $\cos i = \sin h^*$

천공일사열취득율  $g_s$  는 천공일사가 천천공에 균등분포되므로 위 식을 적분하여 구한다. 그 값은 ASHRAE 편람, 일본 공조위생공학회편람 등에서는 대체로 0.808~0.813의 범위이나 여기서는 W4LIB.TMP의 값을 채택한다.

$$g_s = 0.782$$

(3.3.89)

차폐계수 SC는 3mm 단층 표준유리창의 일사열취득에 대한 임의의 유리창의 일사열취득의 비이며, 그 값은 부록A.2 유리창 재번호와 같다.

주광이용시에는 차폐계수의 대류성분 SCC 와 복사성분 SCR이 필요한데, 본 프로그램에서는 유리창데이터 입력양식에 따라 다음과 같이 계산한다. 유리창 재번호를 입력하는 경우에는 일본 공기조화위생공학회를 참조하여 작성한 표 3.3.15를 이용한다.

표 3.3.15 복사차폐계수, SCR

차폐여부	구분	SCR	SCC
차폐	$51 \leq M1 \leq 75$	0.500	0.500
	$76 \leq M1 \leq 100$	0.550	0.450
	$101 \leq M1 \leq 125$	0.400	0.600
	$M1 \geq 126$	0.440	0.560
무차폐	$M2 \leq 7$	0.990	0.001
	$M2 \leq 31$	0.965	0.075
	$M2 > 31$	0.955	0.045
<p>여기서, <math>M1</math> : 유리창 코드번호  <math>M2</math> : 유리창 코드번호를 50의 배수로 나눈 나머지 값  (예) <math>M1=81</math>이면 <math>M2=31</math> , <math>M1=120</math>이면 <math>M2=20</math></p>			

유리창 라이브러리의 재번호를 입력하기 곤란한 경우에는 열관류율과 전차폐계수 SC 및 차폐종류를 직접 입력해야 되는데 이 경우에는 전차폐계수에 대한 복사차폐계수의 비를 다음과 같이 계산한다.

무차폐일때는 전차폐계수  $SC > 0.90$ 이면 0.980으로,  $SC \leq 0.9$ 이면 0.955로 하고, 차폐시에는 차폐종류가 밝은색 블라인드이면 0.510으로 그 외에는 0.410으로 한다.

유리창의 일사열취득은 다음과 같다.

$$q_{WR,n} = \{I_{D,n} \cdot g_d + (I_{S,n} + I_{R,n}) \cdot g_s\} \cdot SC \cdot A \quad (3.3.90)$$

여기서,  $I_{D,n}$  : 직달일사량  $(W/m^2)$

$I_{S,n}$  : 산란일사량  $(W/m^2)$

$I_{R,n}$  : 반사일사량  $(W/m^2)$

$g_s$  : 산란일사열취득율

$SC$  : 차폐계수

#### ⑥ 침입외기에 의한 열취득

침입외기에 의한 열취득은 현열과 잠열로 구분되며, 모두가 즉시 냉방부하가 된다.

침입외기량을 계산하는 방법에는 환기회수법, 크랙법 및 면적법이 있는데, 여기서는 환기회수법과 크랙법을 채택하였다. 환기회수법은 실의 체적과 시간당 환기회수를 곱하여 침입외기량  $V$ 를 쉽게 구할 수 있으며, 크랙법은 다음식으로 계산한다.

$$V = aLDP^{2/3}/3.6 \quad (l/s) \quad (3.3.91)$$



$$\Delta P = C_w \cdot \frac{\gamma_0}{2g} \cdot v_h^2 + (\gamma_R - \gamma_0) \left( h - \frac{1}{2} h_B \right) \quad (3.3.92)$$

여기서,  $a$  : 샤시정수 (표 3.3.15)

$l$  : 틈새길이 (m)

$\Delta P$  : 압력차

$C_w$  : 풍압계수

$V_h$  : 마루면의 지상고에서의 풍속

$\gamma_0, \gamma_R$  : 외기온도 및 기준실온에서의 공기의 비중량

$h$  : 실의 마루면의 지상높이

$h_B$  : 건물높이

풍압계수  $C_w$  는 다음 식으로 구한다.

$$C_w \cdot \frac{\gamma_0}{2g} = -0.01107 + 0.03675 \cos \delta_w + 0.02332 \cos^2 \delta_w \quad (3.3.93)$$

여기서,

$$\delta_w = \text{벽방위각} - \text{풍향방위각, 식(2.2.77)}$$

샤시정수는 표 3.3.16의 HASP/ACLD/8501의 값을 사용한다.

표 3.3.16 샷시의 극간특성

등급	I	II	III	IV
샷시 정수	0.2	0.9	3.2	12.9
적용 예	기밀기구 부착	기밀 패킹부착이 오르내림, 한쪽열림 샷시, Weather strip을 부착한 목재 상하부 샷시	기밀 패킹이 부착된 미닫이 샷시, 상급의 목재샷시	기밀 패킹이 없는 샷시, 중급이하의 목재 샷시

현열부하  $q_{IS,n}$  와 잠열부하  $q_{IL,n}$  은 다음과 같다.

$$q_{IS,n} = 1.23 V(t_{o,n} - t_r) \quad (3.3.94)$$

$$q_{IL,n} = 3010 V(x_{o,n} - x_r) \quad (3.3.95)$$

여기서,  $t_{o,n}, t_r$  : 외기와 실내온도(℃)

$x_{o,n}, x_r$  : 외기와 실온의 절대습도(kg/kg)

⑦ 조명열취득

조명기구에 의한 열취득은 전부 현열이며, 조명형식이 형광등인 경우에는 ballast계수를 고려해야 된다.

$$q_{L,n} = f_b \cdot W \cdot S_{L,n} \cdot (1 - f_{RA}) \cdot (1 - f_{L,n}) \quad (3.3.96)$$

여기서,  $f_b$  : ballast계수 (형광등 1.15, 백열등 1.0)

$W$  : 조명발열량 ( W )

$S_{L,n}$  : n 시의 조명기구의 점등스케줄(0~1.0)

$f_{L,n}$  : n 시의 주광이용시 소등면적비

$f_{RA}$  : 귀환공기가 갖고 나가는 조명열량의 비(표 3.3.16)

조명기구에 의한 냉방부하는 대류성분과 복사성분으로 구분하여 계산한다.

표 3.3.17 조명형식별  $f_{RA}$

조명코드	내 용	$f_{RA}$
1	매단 형광등	0.0
2	매입 형광등(환기 없음)	0.2
3	매입 형광등(귀환 공기를 통한 환기)	0.2
4	매입 형광등(귀환 및 급기를 통한 환기)	0.0
5	백열등 (부착 또는 매달기)	0.0

### ⑧ 인체 열취득

인체에 의한 열취득은 현열  $q_{PS,n}$  과 잠열  $q_{PL,n}$  성분으로 구분되며, 잠열취득은 그 순간의 냉방부하로 간주한다.

$$q_{PS,n} = \rho \cdot A_F \cdot W_{bs} \cdot S_{P,n} \quad (W) \quad (3.3.97)$$

$$q_{PL,n} = \rho \cdot A_F \cdot W_{PL} \cdot S_{P,n} \quad (W) \quad (3.3.98)$$

여기서,  $n$  : 시각

$A_F$  : 마루면적 ( $m^2$ )

$\rho$  : 마루면적당 인수 (인/ $m^2$ )

$W_{PS}$  : 현열방열량 (W/인)

$W_{PL}$  : 잠열방열량 (W/인)

$S_{P,n}$  :  $n$  시의 재실율 (0~1.0)

현열취득에 의한 냉방부하는 대류, 복사성분으로 나누어 계산한다.

#### ⑨ 기구열취득

사무기구, 전기, 가스등 실내에서 사용하는 기구로부터 발생하는 열취득은 현열  $q_{ES,n}$  과 잠열  $q_{EL,n}$  성분으로 구분되며, 잠열취득은 그 순간의 냉방부하로 간주한다.

$$q_{ES,n} = W_{ES} \cdot S_{e,n} \quad (W) \quad (3.3.99)$$

$$q_{EL,n} = W_{EL} \cdot S_{e,n} \quad (W) \quad (3.3.100)$$

여기서,  $n$  : 시각

$W_{ES}, W_{EL}$  : 기구현열방열량 및 잠열방열량 (W)

$S_{E,n}$  :  $n$  시의 기구사용율 (0~1.0)

(마) 냉방부하 계산

실이 취득한 열량은 그 순간에 모두 실내로 방열되는 것이 아니고 실내에 저장되어 있다가 점차로 방열되기 때문에 임의의 순간에 실내로 들어오는 열량인 냉방부하는 점화식(Convolution)으로 계산해야 하는데, 여기서는 실전달함수법을 사용한다.

열취득 중에서 대류성분은 그 순간의 냉방부하로 간주하고, 복사성분만 실전달함수를 이용한 다음식으로 계산한다.

$$Q_{R,n} = \nu_0 \cdot q_{R,n} + \nu_1 q_{R,n-1} - w_1 Q_{R,n-1} \quad (3.3.101)$$

$$q_{R,n} = q_{S,n} \cdot f_R \quad (3.3.102)$$

여기서,  $Q_{R,n}, Q_{R,n-1}$  :  $n$  및  $n-1$  시의 복사냉방부하 ( $W$ )

$q_{R,n}, q_{R,n-1}$  :  $n$  및  $n-1$  시의 복사열취득 ( $W$ )

$\nu_0, \nu_1, w_1$  : 실전달함수

$q_{S,n}$  : 현열취득 ( $W$ )

$f_R$  : 복사성분의 비

여기서, 전열취득중의 복사성분비  $f_R$  은 ASHRAE 부하계산 매뉴얼<sup>12)</sup>의 값을 적용하며, 표 3.3.18과 같다.

표 3.3.18 열취득 종류별 복사성분비,  $f_R$

종 류	$f_R$	종 류	$f_R$
외벽, 지붕, 내벽 열취득	0.63	조명 매단 형광등	0.67
지붕 열취득	0.83	매입형광등(환기 없음)	0.67
유리창 투과일사열취득	0.63	매입형광등(귀환공기 환기식)	0.59
인체, 기기 열취득	0.70	매입형광등(귀환 및 급기 환기식)	0.19
		백열등	0.71

실전달함수  $w_1$  은 모든 열취득에 공통적으로 적용되지만,  $\nu_0, \nu_1$  은 부하발생 요소에 따라 표 3.3.8 및 표 3.3.9 의 값을 사용한다.

대류성분의 냉방부하  $Q_{C,n}$  은

$$Q_{C,n} = (1 - f_R) \cdot q_{S,n} \quad (3.3.103)$$

그러면 n 시의 전현열냉방부하  $Q_{S,n}$  은 다음과 같다.

$$Q_{S,n} = Q_{R,n} + Q_{C,n} \quad (3.3.104)$$

또 n 시의 전잠열냉방부하  $Q_{L,n}$  은 다음과 같다.

$$Q_{L,n} = \sum_{i=1} q_{L,n} \quad (3.3.105)$$

## 2. 공조시스템 알고리즘 개발

### 가. 개요

#### (1) 계산 알고리즘의 개요

시스템 계산 알고리즘의 기본 개념은 공조시스템(실·공조기·유니트·냉동기·보일러·냉각탑·축열조 등)을 구성하는 전체 요소에 대해서 기본방정식을 세워 매시의 부하조건과 운전조건에서 온도, 습도, 풍량, 유량, 열량이 전체의 요소에서 균형을 잡는 조건을 계산값으로 하는 것이다.

일반적으로, 시간간격을  $\Delta\tau$ 으로하여 이산적(離散的)으로 해를 구하는 방법으로서 차분법과 시분할법(TIME SLICE)이 있다.

차분법은 방정식계에 시간미분항을 가질 경우의 방정식이며 n시점에서 계의 상태를 해로 잡을 때에 n-1시점의 결과를 초기조건으로 하여 방정식을 적분하여 n시점의 해를 얻는 방법이다.

시분할법은 방정식계에서 시간미분항을 가지지 않는 경우의 방법이며, 이 경우는 과거의 결과에는 관계없이 n시점의 조건만으로 n시점의 값이 결정된다.

공조시스템이나 기기는 두세개의 예외를 제외하고 대체로 후자의 부류에 속한다.

본 프로그램에서는 열용량이 큰 축열조는 차분법으로 계산하고, 그 외에는 시분할법으로 계산한다.

공조시스템의 방정식 계는 복잡하며, 기기마다 방정식의 형식이 다르고, 온도조건 등이 제어동작이나 기기특성 등에 의한 비선형요소를 많이 포함하고 있기 때문에 해석적으로 해를 얻는 것은 어렵다. 따라서, 정해를 얻자면 반복계산이 필요하다.

반복법에 의한 해법으로서는 n-1 시점에서 해를 이용하여 n시점의 해를 얻는 근사적해법의 “준정상법”과 n시점에 대해서 전체가 열평형이 이루어지도록 해를 얻는 “수렴법”이 있다.

준정상법은 시점마다 열평형이 반드시 성립되지 않으나 시간간극  $\Delta\tau$ 마다 상태변화가 적을 경우는 오차가 적다. 상태변화가 클 경우, 예를 들면 공조 운전개시 일

때 등에는 오차가 발생하지만, 시간간격  $\Delta\tau$ 를 짧게 하면 정해에 가까워진다. 단, 기기의 능력을 초과하는 과부하상태의 경우는 시간간격  $\Delta\tau$ 을 짧게 하여도 오차는 없어지지 않는다. 이러한 오차는 n시점 이후의 해에도 영향을 미친다. n시점이후에 과부하 상태가 해소되면 에너지량 등의 적산값의 오차는 상쇄되나 과부하 상태가 해소되지 않으면 오차가 남는다.

수렴법은 어느 시점에서든 열평형이 성립하도록 해를 얻는 방법으로 의정상법의 시간간격을  $\Delta\tau \rightarrow 0$ 에 가까워 질 때의 해를 매시의 정해값으로 하여 해를 얻는다.

본 프로그램에서는 열매온도의 변화에 따른 기기 성능의 영향을 고려한 현실적인 시뮬레이션을 하는 것이 목적이다. 따라서, 과부하 상태에 있어서 양호한 해를 얻기 위해 수렴법을 채용해서 1시간마다 계산을 진행하여 1시간마다 시스템 전체의 열평형이 성립할 해를 얻는 것으로 한다.

## (2) 시스템 구성 알고리즘의 개요

공조시스템 전체를 포괄하는 방정식을 생각하면 상당히 복잡하다. 따라서 본 프로그램에서는 공조시스템을 실·공조기·축열조·열원기기·냉각탑의 5가지 서브시스템으로 나누어 서브시스템과 그 사이를 연결해 반송계라는 연쇄구조의 모델로 일반화하여 서브시스템의 열적 불평형을 반송계의 상태값(온도, 유량 등)을 통해서 인접하는 서브시스템에 전달되도록 구성 하였다.

계산은 하류의 서브시스템(실측)에서 시작하여 순차적으로 상류(열원측)로 향해 오르는 방향으로 진행한다. 계산의 목적은 하류에서 요구되는 온도나 유량 등을 공급하기 위해 서브시스템이 행할 동작을 결정하는 것이다.

하류의 요구에 해당하는 서브시스템이 작동하게 되면(경부하), 계산은 문제없이 진행하고 원리상은 반복하는 일이 없이 완료된다. 하류에서 요구에 응하지 않을 때는(과부하) 그 정보는 하류로 반환되어 하류 서브시스템의 계산을 다시 하게 되는 것이다. 즉, 반복법에 따라 계전체의 열평형이 실현할 때까지 수렴계산을 계속한다. 이와 같이 매시간마다 열평형을 확인하면서 계산을 진행하기 위해서는 반복계산에 수렴성이 좋은 알고리즘을 사용할 필요가 있다. 그렇지 않으면, 반복횟수가



증가하여 계산효율상 실용성이 없는 프로그램이 된다. 일 예로서 공조기의 제습냉각코일은 연쇄구조의 중심에 위치하는 중요한 서브시스템이다.

그림 3.3.17은 서브시스템의 일반형을 나타낸다.

① 계산의 첫단계는 하류반송계의 유량( $G_L$ ), 입구온도( $T_{L2}$ ), 출구온도( $T_{L1}$ )가 요구값으로 부여되고 상류반송계에 있어서는 유량( $G_H$ ), 입구온도( $T_{H1}$ )가 부여된다.

② 열부하 및 기기능력을 다음 식으로 계산한다.

$$Q_{req} = G_L \cdot (T_{L2} - T_{L1})$$

$$Q_{cap} = f(G_L, T_{L2}, G_H, T_{H1}, \text{내부파라메타})$$

③ 경·과부하 판정을 한다.

$$Q_{req} \leq Q_{cap} \text{ 되면(경부하)}$$

$$Q_{req} \geq Q_{cap} \text{ 되면(과부하)}$$

④ 위의 결과에 따라서 반송계의 관련 값이 다음과 같이 수정되고, 그 결과가 상류·하류의 서브시스템에 정보로서 전달된다.

하류반송계출구온도

$$T_{L1}^* = T_{L1} \quad (\text{경부하})$$

$$= T_{L2} + Q_{cap}/G_L \quad (\text{과부하})$$

상류반송계유량

$$G_H^* = f(Q_{req}, T_{L2}, T_{H1}) \quad (\text{경부하})$$

$$= G_H \text{ max} \quad (\text{과부하})$$

상류반송계출구온도

$$T_{H2}^* = T_{H1} + Q_{req}/G_H^* \quad (\text{경부하})$$

$$= T_{H1} + Q_{cap}/G_H \quad (\text{과부하})$$

⑤ 마지막으로 서브시스템에 관한 수렴판정을 다음 식으로 행한다.

$$\left| \frac{Q_{req} - Q_{cap}}{Q_{req}} \right| \leq \delta$$

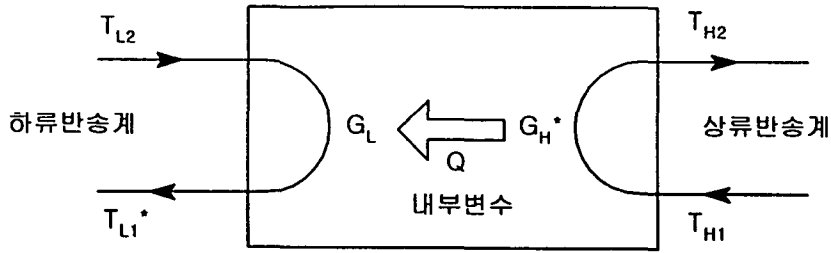


그림 3.3.17 서브시스템의 일반형

### (3) 알고리즘 계산의 진행 방법

계산순서의 원칙은 하류의 서브시스템부터 시작하여 순차적으로 상류의 서브시스템으로 이동하나, 실제로는 그림 3.3.17에 나타난 것과 같이 공조서브시스템을 최초로 계산하고 다음으로 실의 계산을 한다. 이러한 이유는 실은 제어기구를 가지지 않으므로(수동적서브시스템) 제어기구를 가지는 공조서브시스템(능동적서브시스템)부터 취출상태를 가정하여 계산을 시작하는 편이 수렴계산에서는 좋기 때문이다.

공조서브시스템 가운데에서도 외조기를 우선적으로 계산하는데 이것은 외조기가 2차공조기의 입구조건을 결정하기 때문이다. 유닛은 실의 부하를 2차적으로 처리하기 때문에 공조기 계산 후에 계산한다. 실의 계산 후에는 열원기기, 냉각탑, 증기보일러의 순서로 계산된다.

축열조가 있을 경우에는 열원의 계산 전에 축열조수온으로 운전판정을 한다. 축열조의 열 균형을 맞추기 위한 계산은 서브시스템의 상태가 수렴된 후에 계산한다. 각 서브시스템의 계산 사이에는 반드시 반송계의 계산이 들어간다. 반송계를 경유하여 상류·하류의 정보전달이 된다. 또, 반송계 자신의 동력과 열손실 등도 계산된다.

모든 기기의 계산이 한차례 이루어진 후에 오차판정을 행한다. 하나라도 수렴상태에 도달하지 않으면 한번더 위의 계산을 처음부터 반복한다. 일반적으로 공조시스템이 있으면 거의 모든 시간은 경부하상태에 있을 것이므로 반복횟수는 그다지 많지 않을 것이다. 공조 운전시작 일 때에는 과부하가 되는 것이 보통이므로 이러한 때에는 반복계산을 피할 수 없다.

그림 3.3.18은 본 프로그램의 개략계산 흐름도를 나타낸다.

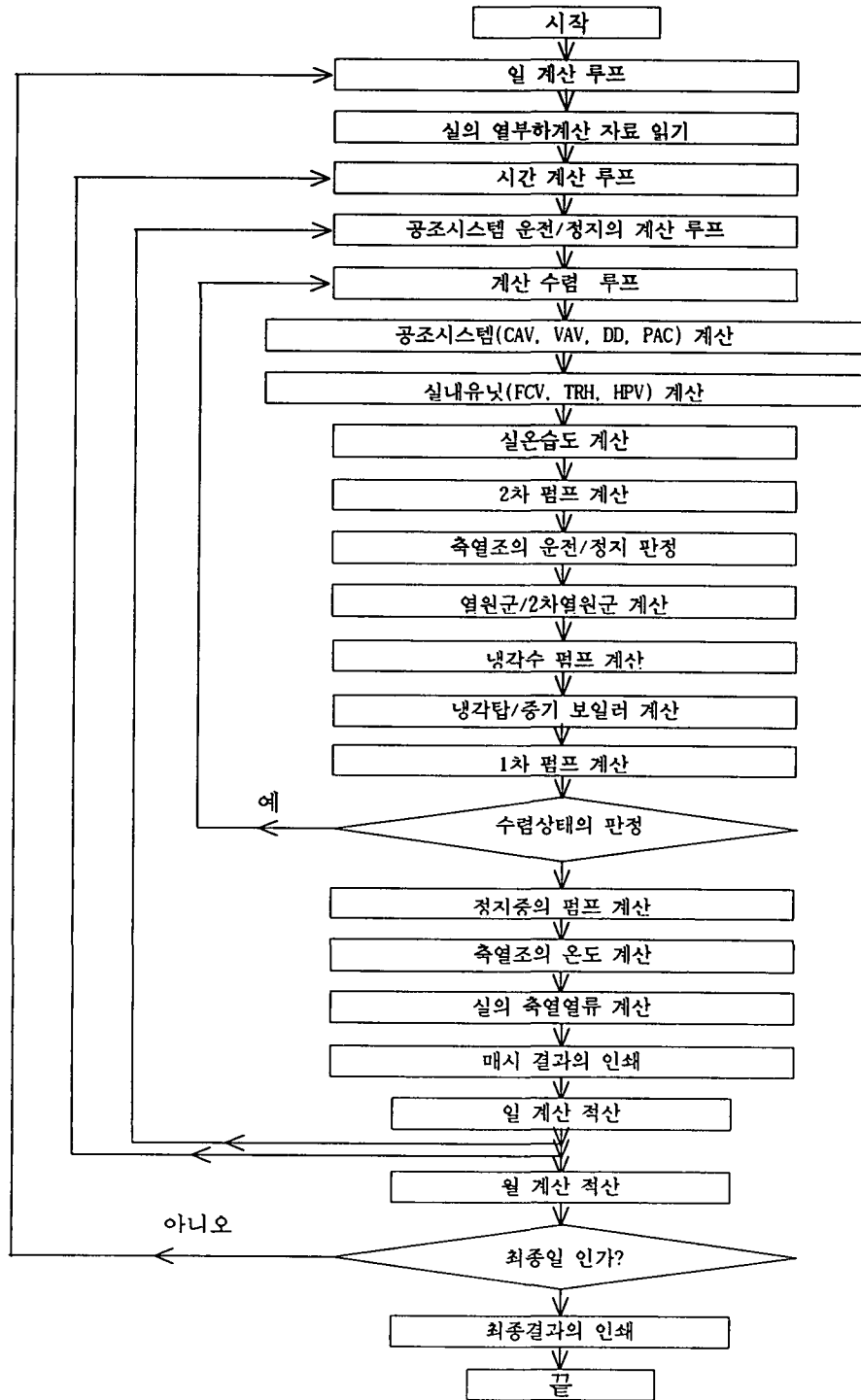


그림 3.3.18 공조시스템 개략 계산 흐름도

(4) 서브시스템 사이의 정보전달

서브시스템사이에 실제로 전달되는 온도, 습도, 풍량, 유량을 그림 3.3.19에 나타낸다. 열량은 온도와 유량으로 분해해서 전달된다. 증기부하는 예외로 열량만을 하류에서 상류로 전달하고 하류에서는 피드백이 되지 않는다.

온도, 습도, 유량, 풍량 외에도 이러한 변화상태나 운전상태를 서브시스템 사이에 정보를 전달하기 위한 지표를 표 3.3.19에 나타낸다.

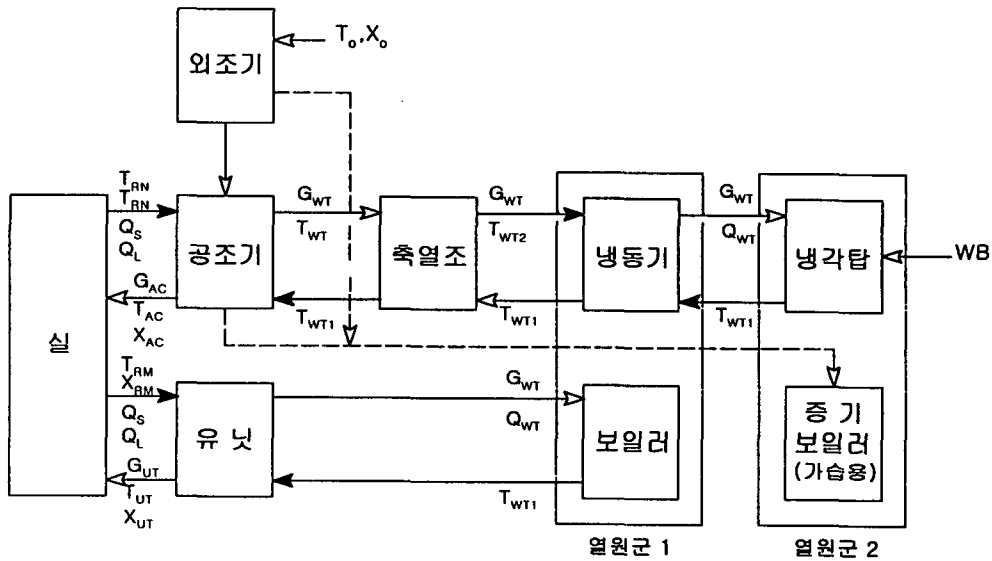


그림 3.3.19 서브시스템의 계산순서와 정보전달

표 3.3.19 운전상태 및 상태변화를 전달하는 지표

지표의 종류	서브시스템사이의 전달정보	지표의 값과 의미
상류·하류의 상태변화	KSWAC 실→공조기 : 실온습도의 변화 JSWAC 공조기→실 : 취출온습도의 변화 KSWUT 실→유닛 : 실온습도의 변화 KSWWT 하류→상류 : 유량·열부하의 변화 JSWWT 상류→하류 : 공급온도의 변화	0 = 불변 1 = 계속상승중 2 = 하강→상승 -1 = 계속상승중 2 = 상승→하강
하류서브시스템의 운전요구	IWT 하류→상류 : 운전모드요구	-1, 0 = 정지중 16위의 값 <레벨> 1 = 공조기, 유닛 2 = 축열조 4 = 열원기기 0 = 축열조의 열회수 受入가능 1位の 값 <레벨> 1 = 냉방 2 = 난방 3= 냉난방
코일의 과부하 상황	TWTL 공조기, 유닛→열원 : 경부하의 경우는 과부하로 변한다. 한계수은	0 = 하류계의 코일이 과부하 0 ≠ 하류계의 코일이 경부하 TWTL의 값이 한계수은
	KSO 공조기코일의 내부지표 KUT 유닛코일의 내부지표	-1, 1 = 경부하 -2, 2 ≥ 과부하
상류열원의 운전 모드	JWT 열원군→공조기, 유닛 : 열원군에서 설정하고 있는 가능한 운전모드 [주] 무모한 반복계산을 하지 않기 위해 열원에서 입력하지 않는 운전모드를 공조기에서 운전시키지 않는다.	0 = 정지 1 = 냉방운전 2 = 난방운전 3 = 냉방·난방동시운전
운전·정지	IONAC 공조기가 운전시간중·정지중 IONUT 유닛이 운전시간중·정지중	1 = 운전시간중 2 = 기동직후 -1 = 정지중 -2 = 정지직후
	IONGP 열원군의 운전결과 IONMC 열원기기의 운전결과 IONCT 냉각탑의 운전결과 IONSB 증기보일러의 운전결과	0 = 정지 1 = 냉방일 때 4 = 온열회수일 때 2 = 난방일 때 8 = 냉열회수일 때 3 = 냉방과 난방일 때
수온의 진동상황	MSWWT 반복계산중, 열원군의 출구수온이 진동상태에 들어 갔을 때에는 2분법으로 수렴시킨다.	0 = 진동하지 않음. -1, 1 = 진동을 시작함 2 ≥ 2 분법 수정으로 전환

(5) 반복계산 중에 계산을 반복중지(skip) 시키는 판정

반복계산 중이라도 모든 기기의 계산을 반복할 필요가 없는 경우(경부하에서 계산을 반복하여도 결과가 변함없는 경우)가 있다. 이것을 표 3.3.19의 지표에서 판정할 수 있다. 이와 같은 상태에 있는 기기에 대해서는 반복계산 중이라도 반복을 중지시킨다.

(가) 공조서브시스템 및 유닛의 경우

다음의 요건을 모두 만족하는 경우에 계산을 skip시킨다.

- ① 계산된 코일이 경부하일 경우 ( $-1 \leq KSO, KUT \leq 1$ )
- ② 계 하류의 실온습도가 변함 없는 경우 ( $KSWAC=0, KSWUT=0$ )
- ③ 상류에서의 공급수온이 변함 없는 경우( $JSWWT=0$ )

또는, 한계수온(TWTL)의 범위를 초과하지 않는 경우(단, VWV의 경우는 공급수온이 변화면 반복계산이 필요)

(나) 실의 경우

상류(공조기, 유닛)의 취출온습도가 변화지 않는 경우 ( $KSWAC=0, KSWUT=0$ )

(다) 열원군의 경우

하류의 부하조건이 변함 없는 경우 ( $KSWWT=0$ )

상류의 공급수온이 변함 없는 경우 ( $JSWWT=0$ )

이와 같은 판정은 각 실, 공조기, 유닛, 열원군마다 행하며, 반복 계산 중에 개별적으로 계산의 반복을 중지시킨다. 계산의 반복을 중지한 요소는 앞 단계의 결과를 그대로 유지함과 동시에 상류 혹은 하류에서 상태변화가 없음을 전달하는 지표를 포함한다.

## (6) 오차판정

반복계산의 경우 오차판정은 열량의 오차가 1%이하로 되었을 때에 수렴한 것으로 간주한다. 열량은 공조시스템의 전체기기의 전체요소, 즉 실(현열·잠열제거열량), 공조기(냉각·가열·가습), 유닛 존(냉각·가열), 열원군(냉각·가열), 냉각탑(냉각), 증기보일러(가열) 등의 각각에 대해서 오차판정을 행한다. 전체가 수렴상태에 도달한 때에 그 시간의 계산을 완료한다. 또, 오차판정은 다음 2가지의 조건으로 판정한다.

### (가) 앞 단계 열량과의 오차

온도 등의 상태변화가 없어진 안정한 상태에 도달한 것을 조사하는 것

### (나) 하류 열부하와의 오차

상류·하류의 열균형을 조사하는 것으로 열균형은 반송계에서의 열손실이나 발열을 포함한 것이다. 오차의 허용범위는 1%를 표준으로 하고 있으며, 반복계산의 최대횟수는 30회(표준값)로서 최대횟수반복을 하여도 수렴상태에 도달하지 않는 경우는 계산을 중지하고, 다음 계산을 수행한다.

## 나. 실의 계산

### (1) 기본식

동적열부하계산이론에 기초한 실온습도변동의 계산법에 의한다. 기본식은 식(3.3.106, 3.3.107)과 같다. 좌변은 제거열량이며, 일반적으로 동적열부하계산에서는 제거열량을 열량의 단위로 받아들여지지만 시뮬레이션에서는 풍량과 온도로 분해하여 취급한다. 온도는 중요한 변수(VAV, DD, VWV에서는 풍량과 유량도 변수로 된다.)가 되어 장치의 성능에 관계하여 시스템 전체가 비선형의 방정식계를 형성한다.

좌변의 제1항은 1차공조기, 제2항은 2차유닛에 따른 실 제거열량을 나타낸다.

병용시스템 이외의 경우는 한쪽 항의 풍량이 0이 된다. 우변 제1항의 연속공조부하 (CL)는 이미 동적열부하계산으로 구한 건물 축 부하이다.

건축적인 요인만으로(사람·조명 등 사용방식을 포함하여) 결정되는 연속공조부하 까지를 동적열부하계산에 의해 계산한다. 이것에 운전방식, 기기의 능력 등의 시스템 축의 조건을 추가하여 시뮬레이션 시켜 간헐공조시의 제거열량, 실온습도의 변동, 축열열류 등을 구한다. 우변 제2항은 축열열류(과거의 실온습도변동에 따른 열부하)이다.  $(T_B - T_{RM})$ ,  $(X_B - X_{RM})$ 은 기준온습도에서의 변위량이며, 우변 제3항은 실온습도의 변화에 따른 흡열응답을 나타낸다.

$$\begin{aligned} & CP_S \cdot G_A \cdot (T_{RM} - T_{AC}) + CP_S \cdot G_U \cdot (T_{RM} - T_{UT}) \\ & = CL_S + ST_S + W_{ZO} \cdot (T_B - T_{RM}) \end{aligned} \quad (3.3.106)$$

$$\begin{aligned} & CP_L \cdot G_A \cdot (X_{RM} - X_{AC}) + CP_L \cdot G_U \cdot (X_{RM} - X_{UT}) \\ & = CL_L + ST_L + W_{LO} \cdot (X_B - X_{RM}) \end{aligned} \quad (3.3.107)$$

여기서,  $G_A, G_U$  : 풍량  $T_{AC}, X_{AC}$  : 공조기 취출온습도  
 $T_{UT}, X_{UT}$  : 유닛취출온습도  $T_{RM}, X_{RM}$  : 실온습도  
 $T_B, X_B$  : 기준온습도  $CL_S, CL_L$  : 연속공조부하  
 $ST_S, ST_L$  : 축열열류  $W_{ZO}, W_{LO}$  : 실온습도변동의 가중계수  
 $CP_L$  : 잠열비열  $CP_S$  : 현열비열

## (2) 실의 열부하 계산

### (가) 실열부하의 계산

실 i의 열부하 현열  $Q_{Si}$ , 잠열  $Q_{Li}$ 를 구하는 식은 다음 식(3.3.108) 및 식(3.3.109)와 같다. 이식에서 연속공조부하( $CL_S, CL_L$ ) 및 실온습도변동 가중계수( $WF_S, WF_L$ ), 실온습도변동 가중계수의 보정항( $\Delta WF_S, \Delta WF_L$ )은 부하계산자료에 있으며, 축열열류( $ST_S, ST_L$ )는 시스템 계산에 저장되어 있다.

여기서, 우변 제1항과 제2항은 실의 열부하이다.



$$Q_{Si} = ST_{Si, i, \Delta} + ST_{Si, i, \Delta} + CL_{Sj, k} \cdot m_i \quad (3.3.108)$$

$$Q_{Li} = ST_{Li, i, \Delta} + ST_{Li, i, \Delta} + CL_{Lj, k} \cdot m_i \quad (3.3.109)$$

여기서,  $ST_{Si, i}, ST_{Li, i}$  :  $i$  실의  $j$ 시에 대한 축열열류의 1항의 값  
( $\Delta$ 파와  $\Delta$ 파)

$CL_{Sj, k}, CL_{Lj, k}$  :  $j$ 시에 대한  $k$  실의 연속공조부하

$m_i$  : 실의 배율

#### (나) 실온습도변동의 가중계수 0항의 보정

브라인드의 개폐, 침입외기량의 변화에 의한 실온습도의 변동에 따라 가중계수를 보정한다. 계산식은 식(3.3.110, 3.3.111)과 같다.

$$W_{Zoi} = \{WF_{S0, k} + \Delta WF_{Sk}\} \cdot m_i \quad (3.3.110)$$

$$W_{Loi} = \{WF_{L0, k} + \Delta WF_{Lk}\} \cdot m_i \quad (3.3.111)$$

여기서,  $\Delta WF_{Sk}, \Delta WF_{Lk}$  :  $k$ 실의 실온습도변동에 따른 가중계수의 보정항

#### (3) $\Delta$ 파의 계산에 의한 실의 축열부하

공조시스템의 운전상태가 정지→운전 혹은 운전→정지로 전환되는 시각에서는 초기에 계속정지 혹은 계속운전으로 가정한  $\Delta$ 파의 계산을 행한다. 같은 시각에서 운전상태가 변화한 후의  $\Delta$ 파의 계산을 행한다. 이때에  $\Delta$ 파에서는 계산종료시의 제거열량을 알고 있으므로,  $\Delta$ 파의 축열부하를 다음 식(3.3.112, 3.3.113)에서 구한다. ( $\Delta$ 파로 기술되나 실제로는 우측직각삼각파)

$$Q_{S\Delta} = (Q_{S, \Delta} - H_{s, \Delta}) \cdot W_{Z0\Delta} / W_{Z0\Delta} + H_{s\Delta} \quad (3.3.112)$$

$$Q_{L\Delta} = (Q_{L, \Delta} - H_{L, \Delta}) \cdot W_{L0\Delta} / W_{L0\Delta} + H_{L\Delta} \quad (3.3.113)$$

여기서,  $Q_{S\Delta}, Q_{L\Delta}$  :  $\Delta$ 파의 계산시 축열부하  
 $Q_{S\Delta}, Q_{L\Delta}$  :  $\Delta$ 파의 계산시 축열부하  
 $H_{S\Delta}, H_{L\Delta}$  :  $\Delta$ 파의 계산시 제거열량(계산종료)  
 $W_{ZO\Delta}, W_{LO\Delta}$  :  $\Delta$ 파의 실온습도변동의 WF 제0항(보정종료)  
 $W_{ZO\Delta}, W_{LO\Delta}$  :  $\Delta$ 파의 실온습도변동의 WF 제0항(보정종료)

$\Delta$ 파의 실 축열부하를 이와 같이 구하면, 식(3.3.106) 및 식(3.3.107)의 기본식을  $\Delta$ 파 계산에서 그대로 사용할 수 있다.

#### (4) 순환제어 일 때의 가상실 계산

일반적으로 여러실계의 계산에서는 각각의 실을 독립적으로 취급한다. 공조기가 순환온습도로 취출온습도를 제어할 때에 그것은 존 전체의 평균실온습도를 제어하는 것과 근사함으로 존 전체의 열부하와 실온습도변동의 가중계수를 집계한 가상의 실을 만든다. 존 전체가 한 개의 실인 것처럼 가상해서 해를 구한다. 가상실에 I라는 번호를 붙인다.

$$Q_{SI} = \sum Q_{Si}, \quad Q_{LI} = \sum Q_{Li} \quad (3.3.114)$$

$$W_{ZOI} = \sum W_{ZOi}, \quad W_{LOI} = \sum W_{LOi} \quad (3.3.115)$$

이렇게 하면, 대표실의 온습도와 순환온습도의 제어도 같은 계산방법으로 처리할 수 있다. 또, 가상실은 취출온습도를 결정하기 위한 실이며, 취출 후의 개개의 실에 온습도나 축열열류는 개개의 실에서 제각각 구하는 것이 된다.

#### (5) 실 온습도의 계산

공조기와 유닛의 취출온습도와 풍량이 선정되는 순서로 식(3.3.116) 및 식(3.3.117)는 실온( $T_{RM}$ )과 실습도( $X_{RM}$ )에 대한 해이다.

$$T_{RM} = (Q_S + W_{Z0} \cdot T_B + CP_S \cdot G_A \cdot T_{AC} + CP_S \cdot G_U \cdot T_{UT}) / (W_{Z0} + CP_S \cdot G_A + CP_S \cdot G_U) \quad (3.3.116)$$

$$X_{RM} = (Q_L + W_{L0} \cdot X_B + CP_L \cdot G_A \cdot X_{AC} + CP_L \cdot G_U \cdot X_{UT}) / (W_{L0} + CP_L \cdot G_A + CP_L \cdot G_U) \quad (3.3.117)$$

유닛에서 제습을 하지 않을 때, 혹은 가열할 때에  $X_{UT}$ 의 값이 전 단계 계산의 실습도로 되어 있어서 식(3.3.116)을 그대로 해로 잡으면 제거열량이 발생한다. 이것을 방지하기 위해, 이와 같은 경우를 판별하여  $G_U$ 의 항을 무시한다.

### (6) 축열열류의 계산

실온습도( $T_{RM}$ ,  $X_{RM}$ )의 기준온습도( $T_B$ ,  $X_B$ )에 대한 변위량에서  $\Delta$ 파의 축열열류를 계산한다.

$\Delta$ 파의 변위량은 다음 식에 의한다.

$$\Delta T = T_{RMi} - T_B, \quad \Delta X = X_{RMi} - X_B \quad (3.3.118)$$

$\Delta$ 파에서는  $\Delta$ 파의 실온습도( $T_{RMi}$ ,  $X_{RMi}$ )에 대한  $\Delta$ 파의 온습도의 변위량에서 축열열류를 계산한다.  $\Delta$ 파의 변위량은 다음 식에 의한다.

$$\Delta T = T_{RMi \Delta} - T_{RMi \Delta}, \quad \Delta X = X_{RMi \Delta} - X_{RMi \Delta} \quad (3.3.119)$$

단,  $\Delta$ 파의 계산이 없을 때에는  $\Delta T = 0$ ,  $\Delta X = 0$  이다.

축열열류는 다음 식에 의한다.

$$ST_{Sj, i} = ST_{Sj, i} + \Delta T \cdot WF_{Sjk} \cdot m_i \quad \text{단, } j = 1 \dots n \quad (3.3.120)$$

$$ST_{Sn+1, i} = (ST_{Sn+1, i} + \Delta T \cdot WF_{Sn, k} \cdot m_i) \cdot CR_S \quad (3.3.121)$$

$$ST_{Lj, i} = ST_{Lj, i} + \Delta X \cdot WF_{Lj, k} \cdot m_i \quad \text{단, } j = 1 \dots n \quad (3.3.122)$$

$$ST_{Ln+1, i} = \{ST_{Ln+1, i} + \Delta X \cdot WF_{L, n, k} \cdot m_i\} \cdot CR_L \quad (3.3.123)$$

여기서,  $n$  : 항수 = 7,  $CR_s, CR_L$  : 공비(7항 이하는 등비급수로서 구한다.)

$i$  : HASP/ACSS의 실번호,  $k$  : HASP/ACLD의 실번호,  $j$  : 시각

$\Delta$ 파와  $\triangle$ 파에서는 실의 온습도 가중계수와 공비가 다른 값을 가지므로 식(3.3.119) ~ 식(3.3.123)에 나타난 축열열류는  $\Delta$ 파와  $\triangle$ 파 별로 구한다.

### (7) 비공조시의 실통합

비공조시에 실통합을 하는 경우에는 통합된 실이 모두 같은 실온습도를 가진다. 비공조시이므로 풍량을 0으로 하고 기본식으로 해를 구하면 식(3.3.124, 3.3.125)과 같다.

$$T_R = ( \sum Q_S + \sum W_{Z0} \cdot T_B ) / \sum W_{Z0} \quad (3.3.124)$$

$$X_R = ( \sum Q_L + \sum W_{L0} \cdot X_B ) / \sum W_{L0} \quad (3.3.125)$$

여기서,  $T_R, X_R$  : 통합된 실의 공통의 실습도( $\sum$ 는 통합실의 합을 나타낸다.)

실의 온습도는 공통이지만 축열열류는 각각의 실에서 구한다. 그렇지 않으면, 다시 공조상태로 돌아갈 시에 축열열류를 분리할 수 없게 된다.

## 다. 공조시스템의 계산

### (1) 공조시스템 계산의 개요

공조시스템에서는 하류 실에서의 환기온습도조건과 열부하조건, 상류열원(또는,

축열조)에서 공급된 냉온수의 온도를 부여조건으로 하고 이것에 외기처리·코일에 의한 열처리 등의 프로세스를 거쳐서 취출공기를 하류의 실로 되돌린다. 한편, 상류열원에서는 열처리에 소요되는 열량을 계산한다.

(가) 정풍량공조(CAV) 및 패키지에어콘(PAC)시스템의 계산

① 시스템의 개요

㉞ 개요

이 방식은 공조기가 담당하는 존의 각 실에 1개의 덕트를 통하여 냉풍 또는 온풍을 취출하는 방식으로 가장 기본적인 공조방식이다. 다음의 그림 3.3.20은 정풍량 단일덕트 방식의 구성을 나타낸다.

이 시스템의 주요 개념은 다음과 같다.

- ① 공조기에 의해 공조되는 대상 공간을 단일구역으로 하여 1개의 서모스탯(Thermostat)에 의해 냉·난방 용량을 조절한다.
- ② 1개의 방 또는 부하특성이 유사한 여러 개의 방을 군구분(Grouping) 한다.
- ③ 여러 개의 방을 공조하는 경우 서모스탯은 대표적인 부하특성을 가지는 방에 설치하거나 공통환기 덕트 내에 설치한다.
- ④ 급기풍량을 일정하게 유지하고 부분 부하시에는 급기온도를 조절한다.
- ⑤ 냉난방용량조절은 보통 냉, 온수코일의 유량조절밸브에 의한다.

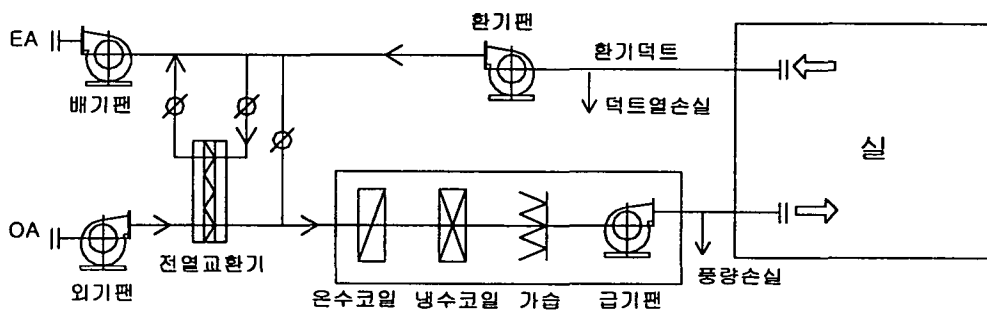


그림 3.3.20 정풍량 단일 덕트방식

㉞ 특징

정풍량방식의 특징은 다음과 같다.

- ① 공조부하특성이 다른 실을 군 구분하면 제어특성이 나빠진다.
- ② 재열 또는 혼합에 의한 에너지 손실은 없다.
- ③ 시스템이 간단하고 제어도 단순하므로 경제적이다.
- ④ 부분부하시 냉수코일의 유량을 감소시키면 제습이 부족해질 우려가 있으며, 특히 실내부하의 현열비가 낮거나 외기의 상대습도가 높은 지역에서는 부분부하 운전 시 실내상대습도가 제어범위를 벗어나서 높게 되는 경우가 많다.
- ⑤ 부분부하시의 제습성능저하를 방지하기 위해서 공조기내에서 풍량을 Face-and-Bypass 댐퍼로 분할하여 제어하는 경우도 있다.
- ⑥ 댐퍼제어일 경우 유량제어 방식보다 공조기의 비용 및 설치 공간이 증가 하지만 추운지방에서는 온수 및 증기가열코일의 유량이 일정하게 유지되므로 코일 동파의 확률이 낮아지는 이점도 있다.

㉞ 습공기 과정

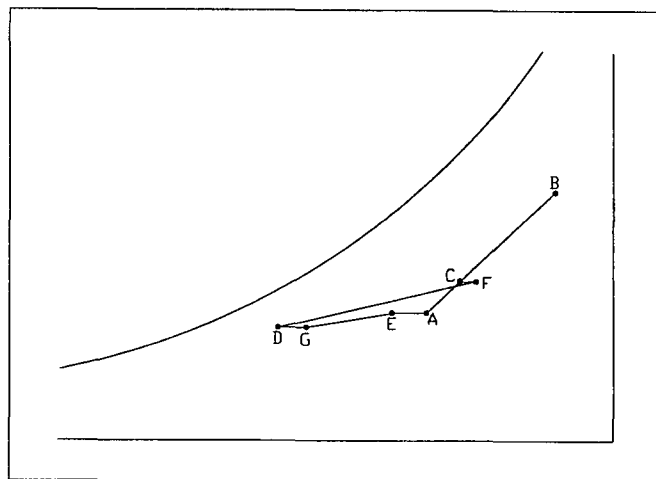


그림 3.3.21 CAV 방식에서 팬, 덕트 등의 장치 부하를 고려한 습공기 과정

- A : 실내상태
- B : 외기상태
- C : 혼합공기상태
- D : 냉각코일 출구상태
- AE : 재순환공기에서의 온도상승
- CF : 팬에 의한 공기온도상승(Blow-Thru일 경우)
- DG : 팬에 의한 공기온도상승(Draw-Thru일 경우)

② 계산 순서

CAV 및 PAC 시스템은 정풍량 방식이다. 기본적인 계산은 다음의 순서로 매시의 취출온도 및 습도  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ 를 구한다.

- ㉑ 목표 취출공기 온습도( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ) 계산
- ㉒ 환기온습도( $T_{RN}$ ,  $X_{RN}$ ) 계산
- ㉓ 환기와 외기를 혼합한 후의 코일입구공기 온, 습도 ( $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ ) 계산
- ㉔ 풍량 손실을 고려한 코일통과 풍량을 계산

$$G_A' = G_A \cdot (1 + \phi_{GA})$$

- 급기팬 발열에 의한 온도상승 계산

$$\Delta T_{SF} = P_{SF} \cdot 1000 \cdot \phi_{SF} / G_A'$$

- 목표취출온도를 팬발열분만큼 수정

$$T_{AC3}' = T_{AC3} - \Delta T_{SF}$$

- ㉕ 코일 출입구공기의 관계에 따른 처리프로세스를 판정
- ㉖ 코일의 경·과부하 판정
  - 경부하→목표취출온습도 조건을 정할 수 있다.  
변유량이 되면 최소유량 $G_W$ 를 계산한다.
  - 과부하→코일출구조건을 수정한다.
- ㉗ 급기팬의 발열을 추가하여 취출온도 계산

$$T_{AC1} = T_{AC3}' + \Delta T_{SF}$$

③ 계산 흐름도

그림 3.3.22는 정풍량 공조시스템의 계산 흐름도를 나타낸다.

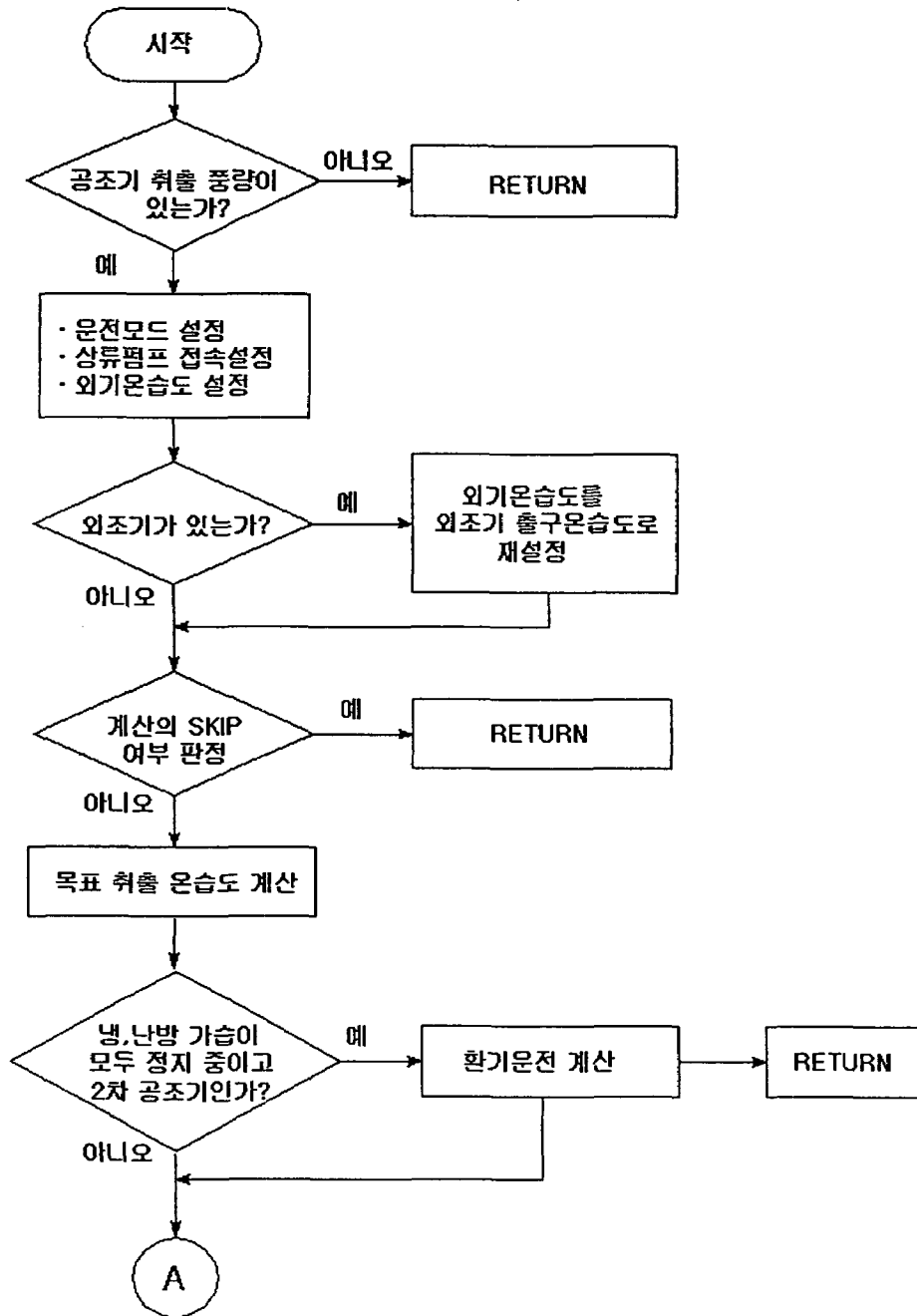


그림 3.3.22 정풍량 공조시스템의 계산 흐름도(1)



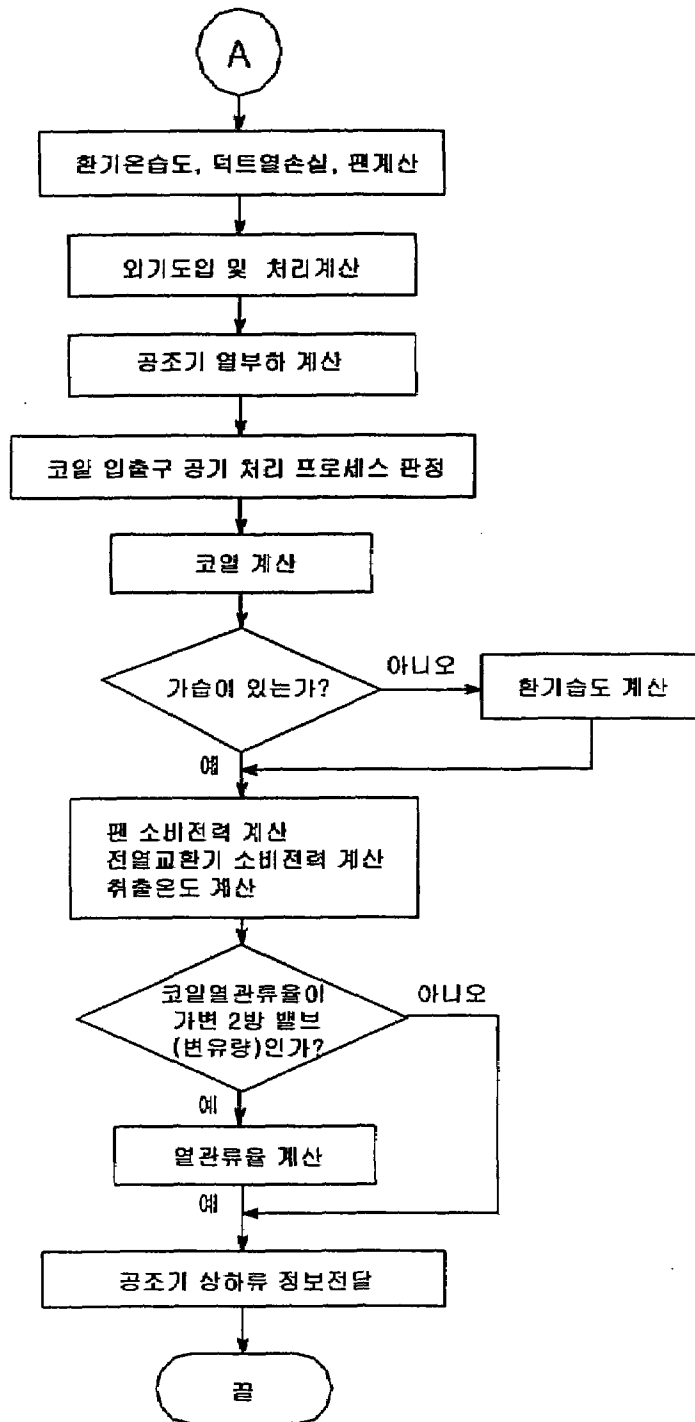


그림 3.3.22 정풍량 공조시스템의 계산 흐름도(2)

(나) 변풍량공조(VAV)시스템의 계산

① 시스템의 개요

㉞ 개요

변풍량공조시스템은 취출온도를 일정하게 하고 부하의 변동에 따라 송풍량을 변화시켜 실온을 제어하는 것으로 중앙공조기, 변풍량 유닛, 덕트 등으로 구성된다. 그림 3.3.23은 시스템 구성의 개념도이다. 이 시스템의 개념은 다음과 같다.

1. 실내부하가 감소되면 미리 설정된 터미널 유닛의 최소 풍량이 될 때까지 급기풍량을 감소시켜 실내온도를 조절한다.
2. 계속 부하가 감소하여 터미널 유닛의 최소 댐퍼개도 설정점까지 풍량이 감소되면 급기온도를 조절한다.
3. 난방시에는 터미널 유닛의 풍량을 일정하게 유지하고 재열코일이 있는 경우에는 재열코일 용량을 조절하거나 일정한 난방급기 온도를 유지하면서 부하에 따라 터미널 유닛의 풍량을 증가시킬 수도 있다.

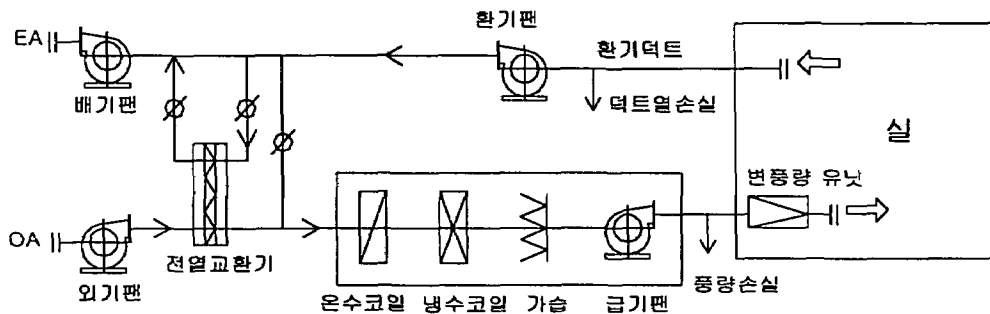


그림 3.3.23 변풍량 단일덕트 시스템의 구성도

#### ㉔ 특징

변풍량공조시스템은 다음과 같은 특징이 있다.

1. 실내 쾌적도가 향상되고, 에너지 효율도 비교적 좋으나 초기 설치비가 약간 높다.
2. 변풍량 방식이므로 팬의 동력절감 및 덕트 설치공간도 절약된다.
3. 실의 용도나 부하특성에 따라 유연한 대응이 가능하다.
4. All-Air 시스템과 유사하여 실내공간 활용면에서 유리하다.
5. 재열코일을 설치할 경우 배관 계통의 설치가 필요하다.
6. 터미널 유닛의 최소풍량 설정점이 너무 낮은 경우 저부하시 실내 기류분포가 나쁘고, IAQ 문제가 야기될 수 있으므로 주의해야 한다.
7. 난방시 CAV 방식보다 급기풍량이 작으므로 난방 급기온도가 크게 되는 경향이 있는데, 불쾌감이 생기지 않도록 적절한 제어방식을 선택해야 한다.

#### ② 계산 순서

VAV가 CAV와 다른 점은 풍량이 변화하는 점이다.

풍량변화 일 때의 반복횟수(IV)는 초기값을 0으로 설정한다.

㉔ 목표취출공기온도( $T_{AC}$ ) 계산 (풍량을 가정한다.)

㉔ 각실의 풍량( $G_{RMI}$ ) 계산

- IV > 1의 풍량수정 루틴의 경우

전체풍량이 변화지 않을 경우 : 각실의 풍량이 한계값이

됨으로 → ㉔로 이동

전체풍량이 변화한 경우 : 목표취출온도( $T_{AC3}$ ) 계산

㉔ 목표습도( $X_{AC3}$ ) 계산

㉔ 환기 온습도( $T_{RN}$ ,  $X_{RN}$ ) 계산

㉔ 환기와 외기를 혼합하여 코일입구공기의 온습도

( $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ ) 계산

㉞ 풍량 손실을 고려한 코일통과 풍량 계산

$$G_A' = G_A \cdot (1 + \phi_{GA})$$

- 급기팬 발열에 의한 온도상승 계산

$$\Delta T_{SF} = P_{SF} \cdot 1000 \cdot \phi_{SF} / G_A'$$

- 목표취출온도를 팬발열분 만큼 수정

$$T_{AC3}' = T_{AC3} - \Delta T_{SF}$$

㉟ 코일 출입구공기의 관계에 따른 처리프로세스 판정

㉠ 코일의 경·과부하 판정

- 경부하 → 목표취출 조건 및 가정한 풍량을 정할 수 있다

변유량이 되면 최소유량  $G_w$ 를 계산한다. → ㉡로 이동

- 과부하 →  $IV = IV+1$  ( $IV$ 에 1을 추가한다.)

$IV \leq 3$ 로 되면 변화한 취출온도에 따라서 풍량을 수정한다.

→ ㉢로 이동

$IV > 3$ 로 되면 코일출구조건을 수정할 뿐 풍량의 수정은 하지 않는다. (풍량의 수정은 3회까지로 후에는 반복계산으로 수정한다.) → ㉡로 이동

㉢ 급기팬 발열을 추가하여 취출온도 계산

$$T_{AC3} = T_{AC3}' + \Delta T_{SF}$$

③ 계산 흐름도

그림 3.3.24는 변풍량 공조시스템의 계산 흐름도를 나타낸다.

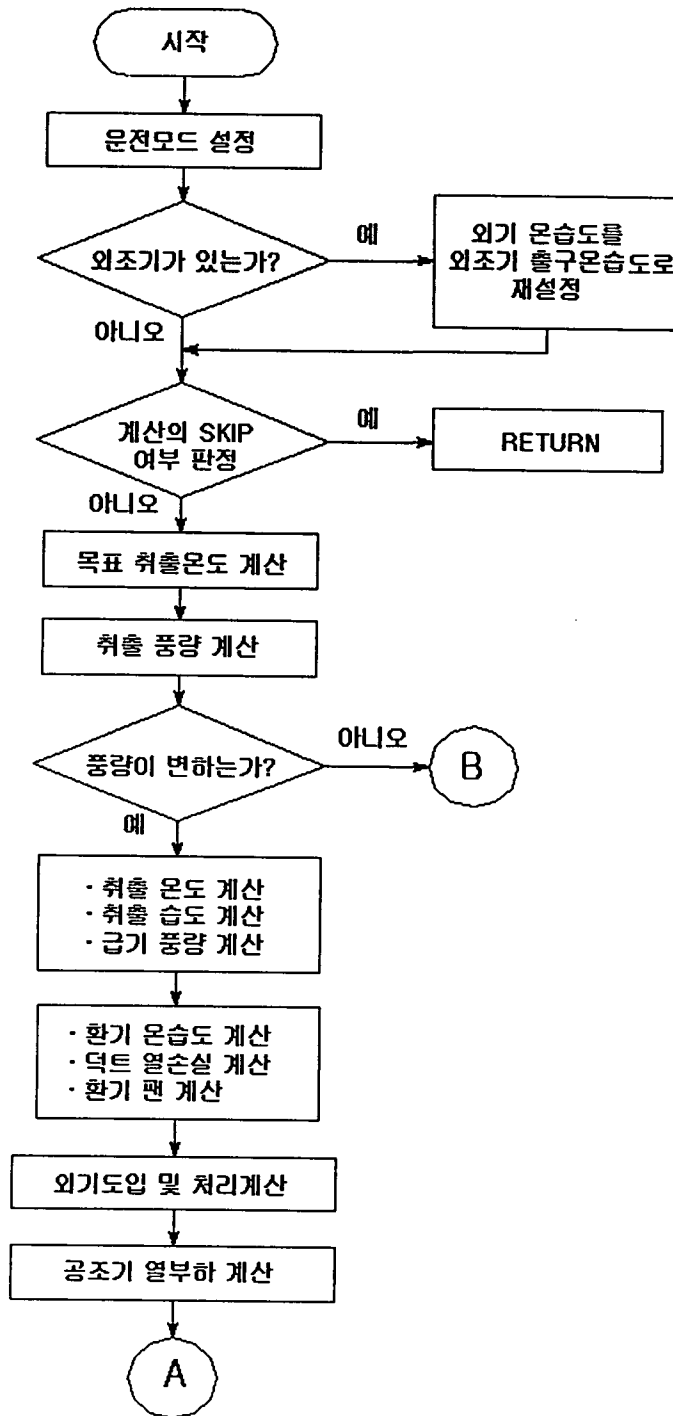


그림 3.3.24 변풍량 공조시스템의 계산 흐름도(1)

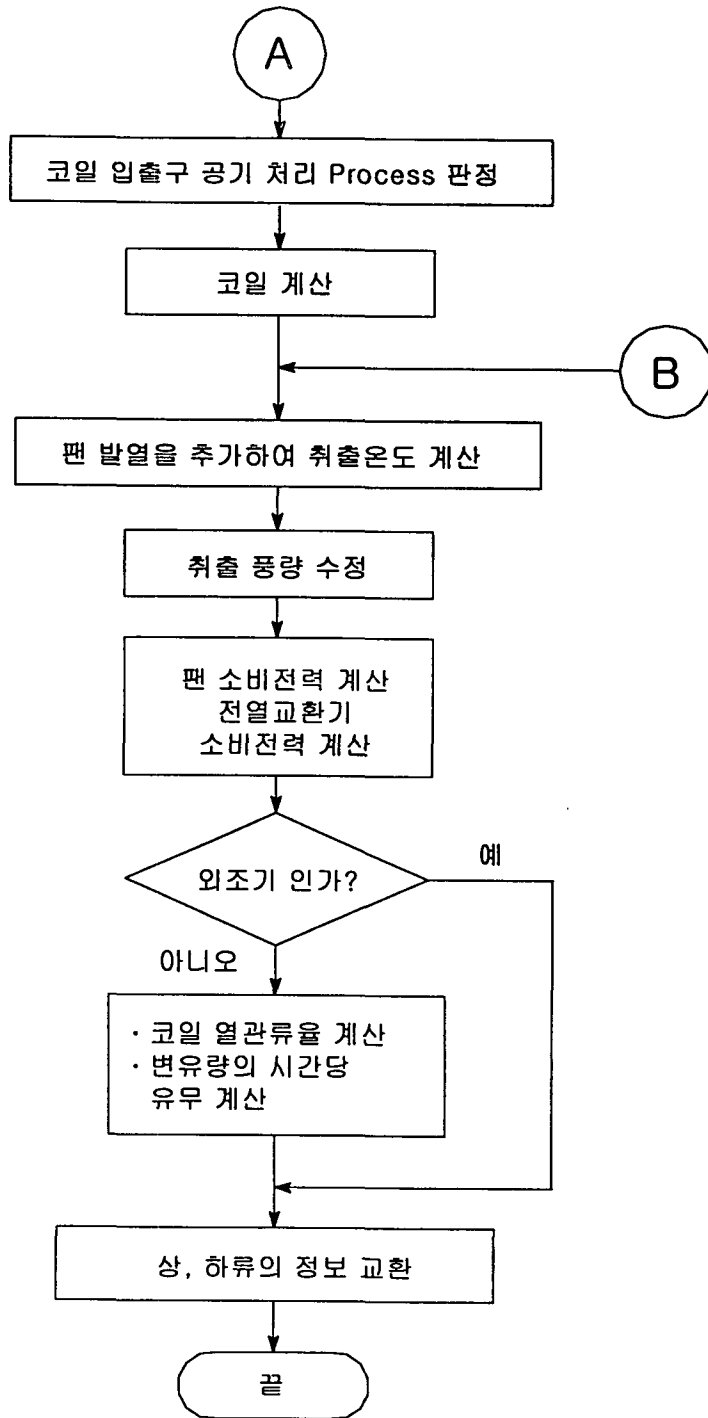


그림 3.3.24 변풍량 공조시스템의 계산 흐름도(2)

(다) 이중덕트(DD)시스템의 계산

① 시스템의 개요

㉞ 개요

중앙의 공조기에서 냉풍과 온풍을 만들어 별도로 이루어진 덕트로 송풍하여 각 실의 혼합상자에서 실온에 따라 혼합하여 취출하는 방법이다. 이 방식은 인테리어 부분이 개실로 나누어져 있을 때, 또는 창면적이 작은 건물의 페리미터 부분과 같이 각 실마다 부하의 변동이 있고 그 변동의 폭이 크지 않으며, 최대부하가 크지 않을 경우에 적합하다. 다음의 그림 3.3.25는 이중덕트시스템의 구성도 이다.

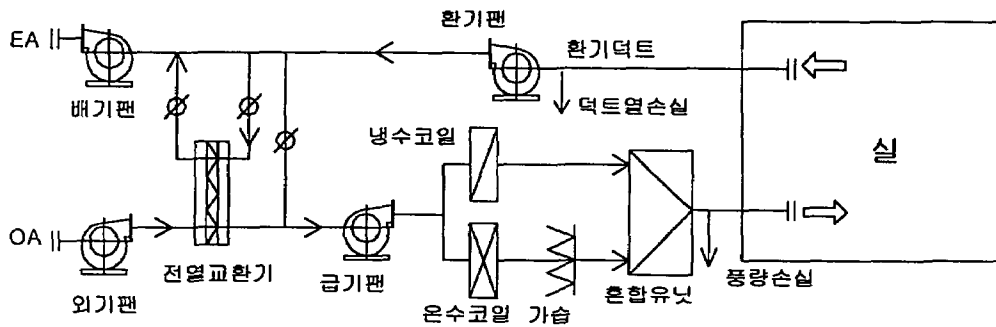


그림 3.3.25 이중덕트시스템의 구성도

㉟ 특징

이중덕트시스템은 다음과 같다.

- ① 유닛 등이 실내에 노출되지 않으며 보수관리가 유리하다.
- ② 실내 온습도 유지를 위하여 여름에도 보일러를 운전할 필요가 있다.
- ③ 주 덕트의 풍속이 빠르므로 송풍동력이 단일덕트방식보다 크며, 연간에너지소비량도 증가한다.

② 계산 순서

이중덕트시스템의 전체풍량은 일정하며, 냉풍과 온풍의 비율이 변화한다.

㉔ 냉풍과 온풍의 목표취출공기온습도( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ) 계산

㉕ 각실의 냉풍풍량과 온풍풍량( $G_{ARM}(C)$ ,  $i$ ,  $G_{ARM}(H)$ ) 계산

-  $IV > 1$ 의 풍량수정 루틴의 경우

풍량이 한계값에 도달하고 있는 경우 :

전풍량이 변화지 않으므로 → ㉔로 이동

전체풍량이 변화한 경우 :

목표취출온도( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ) 계산

㉖ 목표습도( $X_{AC3}$ ) 계산

㉗ 환기 온습도( $T_{RN}$ ,  $X_{RN}$ ) 계산

㉘ 외기와 환기를 혼합하여 코일입구공기 온습도

( $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ ) 계산

㉙ 풍량 손실을 고려한 코일통과 풍량 계산

$$G_A' = G_A \cdot (1 + \phi_{GA}) \quad (3.3.126)$$

- 코일입구공기온도를 팬발열 분만큼 수정

$$T_{AC1}' = T_{AC1} - \Delta T_{SF}$$

㉚ 코일 출입구공기의 관계에 따른 처리프로세스 판정

- 냉풍과 온풍

㉛ 코일의 경·과부하 판정

- 냉풍과 온풍이 모두 경부하

→ 목표취출 조건 및 가정한 풍량에 도달된다.

- 변유량이 되면 최소유량  $G_W$ 를 계산

→ ㉔로 이동

- 과부하 →  $IV = IV+1$  ( $IV$ 에 1을 추가한다.)

-  $IV \leq 3$  로 되면 변화한 취출온도에 따라서 풍량을 수정

→ ㉔로 이동

-  $IV > 3$  로 되면 코일출구조건을 수정할 뿐 풍량의 수정

은 중지한다. (풍량의 수정은 3회까지로 후에는 반복계산

으로 수정한다.) → ㉔로 이동



㉔ 냉풍과 온풍을 취출 한다.

(2) 목표취출 온습도와 취출풍량

(가) 환기온습도 및 대표실 온습도 제어 계산

식(3.3.127), 식(3.3.128)은 공조기의 취출온도에 대한 식이다. 또, 병용시스템 일 때는 1차공조기에 처리 우선권이 있으므로 좌변 제2항은 무시한다. 이렇게 하여 얻은 해  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ 가 목표취출 온도 및 습도이다.

$$T_{AC3} = T_d - \{Q_{Si} + W_{ZOi} \cdot (T_B - T_d)\} / (C_{Ps} \cdot G_{ARMi}) \quad (3.3.127)$$

$$X_{AC3} = X_d - \{Q_{Li} + W_{LOi} \cdot (X_B - X_d)\} / (C_{PL} \cdot G_{ARMi}) \quad (3.3.128)$$

여기서,  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$  : 목표취출온습도

$T_d$ ,  $X_d$  : 실의 온습도

$Q_{Si}$ ,  $Q_{Li}$  : 실의 열부하

$W_{ZOi}$ ,  $W_{LOi}$  : 실온습도변동의 가중계수 0항

$T_B$ ,  $X_B$  : 기준온습도

$G_{ARMi}$  : 실의 취출풍량,  $i$  : 실번호

공조기가 환기온습도제어 일 때는 실번호  $i$ 는 가상실의 I로 된다.

실온습도는 설정온습도  $T_d$ ,  $X_d$ 로 둔다. CAV, PAC, DD의 경우는 항상 최대(max) 풍량이며, VAV의 경우는 일반적으로 최소풍량(min)으로 가정하나 풍량수정 루틴에 들어간 경우는 수정된 풍량으로 한다. 습도는 VAV에 있어서 온도조건에 따른 풍량이 확정된 후에 구한다. DD의 습도에 대해서는 (4)절에서 논한다.

(나) VAV의 최소풍량 보상과 최대풍량 보상 제어

최소풍량보상이 있으면 식(3.3.127)에 실 풍량을 min으로 잡고 각 실의 요구취출 온도를 구한다. 최대풍량보상으로 있으면 실 풍량으로 max를 잡고 각 실의 요구취출 온도를 구한다. 냉방모드의 최소풍량보상 및 난방모드의 최대풍량보상의 목표취

출온도는 식(3.3.129)와 같다.

$$T_{AC3} = \max\{T_{AC3i}\} \quad (3.3.129)$$

냉방모드의 최대풍량보상 및 난방모드의 최소풍량보상의 목표취출온도는 식(3.3.130)과 같다.

$$T_{AC3} = \min\{T_{AC3i}\} \quad (3.3.130)$$

단,  $T_{AC3i}$  : 식(3.3.127)에 따라서 구한 각실  $i$ 의 목표취출온도

(다) 이중덕트의 최저온도보상과 최고온도보상 제어

식(3.3.127)에서 실풍량으로  $\max$  풍량을 부여하여 각 실의 취출온도를 구하고, 최저온도보상의 목표취출온도는 식(3.3.130)에서, 최고온도보상의 목표취출온도는 식(3.3.130)에 의해 계산한다.

(라) 이중덕트의 환기습도 및 대표실습도

이중덕트에서는 가습장치를 온풍측에만 설치한다. 따라서, 냉풍으로 제습을 할지 안할지를 확정된 후에 제습을 했을 시는 제습분량만큼을 온풍측에 보상하도록 식(3.3.131)의 목표취출습도를 계산한다.

$$X_{AH3} = X_d - \{Q_{Li} + W_{Loi} \cdot (X_B - X_d) - C_{PL} \cdot G_{ARM}(C)_i \cdot (X_d - X_{AC3})\} / \{C_{PL} \cdot G_{ARM}(H)_i\} \quad (3.3.131)$$

여기서,  $X_{AH3}$  : 목표취출습도,  $X_d$  : 실습도,  
 $Q_{Li}$  : 실의 열부하,  $X_B$  : 기준습도  
 $G_{ARM}(H)_i$  : 실의 온풍풍량,  $X_{AC3}$  : 냉풍취출습도  
 $W_{Loi}$  : 실습도변동의 가중계수 0항  
 $i$  : 실번호  $G_{ARM}(C)_i$  : 실의 냉풍풍량

환기온습도 일 때는 실번호  $i$ 는 가상실  $I$ 로 된다.

(마) 취출온습도 일정제어

목표취출온습도의 입력에 따른 설정값을 부여한다.

(바) VAV의 취출풍량

(가)~(마)절에서 취출온도  $T_{AC3}$ 를 이미 구했으므로 실의 열평형식에 의해 각실  $i$ 의 풍량  $G_{ARMi}$ 를 구한다.

$$G_{ARMi} = \{Q_{Si} + W_{Zoi} \cdot (T_B - T_d)\} / \{CP_S \cdot (T_d - T_{AC3})\} \quad (3.3.132)$$

단,  $\min$  풍량  $\leq G_{ARMi} \leq \max$  풍량의 체크를 한다.

여기서,  $T_B$  : 기준온도,  $T_d$  : 설정실온,  $T_{AC3}$  : 취출온도

VAV가 자동절환모드로 되면 식(3.3.132)에서 얻은 VAV 모드의 풍량을 그대로 각실의 취출풍량으로 사용할 수 있으나, 냉방(C)상태 또는 난방(H)상태에서는 아래와 같은 판정을 한다.

#### ① 실부하의 상태와 취출공기의 상태 조사

$$\text{실의 부하상태} \quad Q_R = Q_S + W_{Z0} \cdot (T_B - T_d) \quad (3.3.133)$$

$Q_R > 0$  일 때는 냉방부하,  $Q_R < 0$ 일 때는 난방부하

$$\text{취출공기상태} \quad Q_A = CP_S \cdot (T_d - T_{AC3}) \quad (3.3.134)$$

$Q_A > 0$  일 때는 냉풍취출,  $Q_A < 0$  일 때는 온풍취출

#### ② VAV가 냉방상태인 경우

$Q_A < 0$  (온풍) 일 때는  $\rightarrow \max$  풍량이 된다.

$Q_A > 0$  (냉풍) 일 때는  $Q_R > 0$  (냉방)일 때  $\rightarrow$  VAV

$Q_R < 0$  (난방)일 때  $\rightarrow \min$ 풍량

③ VAV가 난방상태인 경우

$Q_A > 0$  (냉풍) 일 때는  $\rightarrow$  max 풍량이 된다.

$Q_A < 0$  (온풍) 일 때는  $Q_R < 0$  (난방)일 때  $\rightarrow$  VAV

$Q_R > 0$  (냉방)일 때  $\rightarrow$  min풍량

(바) 이중덕트의 취출풍량 계산

(가)~(마)절에서 냉온풍취출온도( $T_{AC3}$ ,  $T_{AH3}$ )를 이미 구했으므로, 실의 열평형식에 의한 각 실  $i$ 의 냉풍풍량  $G_{ARM}(C)_i$ 를 구한다.

$$G_{ARM}(C)_i = \{Q_{Si} + W_{ZOi} \cdot (T_B - T_d) - CP_S \cdot G_{ARMi} \cdot (T_d - T_{AH3})\} / \{CP_S \cdot (T_{AH3} - T_{AC3})\} \quad (3.3.135)$$

$$G_{ARM}(H)_i = G_{ARMi} - G_{ARM}(C)_i \quad (3.3.136)$$

단,  $0 \leq G_{ARM}(C)_i \leq G_{ARMi}$  사이의 해를 가진다.

$G_{ARMi}$  : 실의 설정풍량,  $G_{ARM}(H)_i$  : 온풍풍량

(사) 급기팬에 의한 취출온도의 상승 계산

급기팬뿐만 아니라 모든 팬은 팬의 위치에서 발열하여 공기의 온도를 상승시킨다. CAV, VAV, PAC 등은 코일의 출구측에 급기팬이 있으므로 앞 절에서 구한 목표 취출 공기온도에 팬의 발열분 만큼을 내린 온도를 코일출구의 목표공기온도로 정한다. 코일 계산 후에 팬 발열분의 온도를 가산해서 취출 한다.

DD의 경우는 코일입구측에 급기팬이 있으므로 코일입구공기에 팬 발열을 추가한다. 급기팬과 코일의 통과풍량사이에 손실풍량이 발생한다.

$$Q_{SF} = P_{SF} \cdot fX \{G_A \cdot (1 + \phi_{LK}) / G_{ASF}\} \cdot 1000 \cdot \phi_{SF} \quad (3.3.137)$$

$$\Delta T_{SF} = Q_{SF} / \{CP_S \cdot G_A \cdot (1 + \phi_{LK})\} \quad (3.3.138)$$

단,  $Q_{SF}$  : 팬발열량,  $\Delta T_{SF}$  : 팬에 의한 온도상승,  $P_{SF}$  : 정격동력  
 $G_A$  : 취출풍량,  $\phi_{LK}$  : 풍량손실율,  $G_{ASF}$  : 팬정격풍량  
 $fX$  : 팬특성 (VAV 이외에서는  $fX=1.0$ ),  $\phi_{SF}$  : 팬발열비율

### (3) 환기와 외기도입, 덕트의 열손실 계산

#### (가) 환기의 온습도 계산

환기온습도( $T_{RN}$ ,  $X_{RN}$ )는 존 전체의 평균값(풍량가중평균값)으로 다음의 식 (3.3.139) ~ 식(3.3.141)로 계산한다.

$$T_{RN} = \Sigma \{ T_{RMi} \cdot G_{ARMi} \cdot m_i \} / G_A \quad (3.3.139)$$

$$X_{RN} = \Sigma \{ X_{RMi} \cdot G_{ARMi} \cdot m_i \} / G_A \quad (3.3.140)$$

$$G_A = \Sigma \{ G_{ARMi} \cdot m_i \} \quad (3.3.141)$$

여기서,  $m_i$  : 실의 배수

#### (나) 덕트의 열손실

덕트의 열손실은 부하에 대한 비율에서 주어지는 방법과 온도강하율에 의한 2가지의 방법이 있다.

##### ① 부하에 대한 비율에서 얻어지는 방법

$$Q_{LI} = Q_{AC} \cdot \phi_q \quad (3.3.142)$$

여기서,  $Q_{AC}$  : 코일부하,  $\phi_q$  : 코일부하에 대한 열손실의 비율  
 또, 코일부하는 이 단계에서는 아직 알 수 없으므로 전단계의 값을 사용한다.

##### ② 온도강하율에 의한 방법

덕트내외의 온도차와 온도강하율에 따라서 열손실량을 구한다.

$$Q_{L2} = CP_S \cdot G_A \cdot \{T_A - (T_{RN} + T_{AC3}) / 2\} \cdot \phi_T \quad (3.3.143)$$

여기서,  $\phi_T$  : 온도강하율,  $T_A$  : 주위온도,  $T_{RN}$  : 환기온도  
 $T_{AC3}$  : 취출온도,  $G_A$  : 풍량,

취출온도는 그 단계에서는 아직 모르는 값이므로 전단계의 값을 사용한다.  
 일반적으로는 온도강하율을 정수로 입력하거나 덕트열손실계수(UA값)를 입력하면,  
 온도강하율  $\phi_T$ 를 시뮬레이션상에서 계산한다.  
 VAV의 경우, UA값을 넣으면 온도강하율  $\phi_T$ 가 풍량에 의해 변수로 된다.  
 즉,

$$\phi_T = 1 - \exp\{-UA / (CP_S \cdot G_A)\} \quad (3.3.144)$$

덕트의 UA값은 계의 분지를 포함한 전표면적과 열손실율을 적산한다.

(다) 환기팬·배기팬·외기팬의 발열량 계산

① 환기팬의 발열량( $Q_{RF}$ ) 계산

$$Q_{RF} = P_{RF} \cdot fx\{G_R / G_{ARF}\} \cdot 1000 \cdot \phi_{RF} \quad (3.3.145)$$

여기서,  $fx$  : 환기팬의 부분부하특성 (단, VAV이외 일 때는,  $fx=1.0$  이다.)

$P_{RF}$  : 팬의 동력,  $\phi_{RF}$  : 팬의 발열비율 (정의),

$G_{ARF}$  : 환기팬의 정격풍량 ( $G_R/G_{ARF}$ 가 팬의 부하율)

환기팬의 풍량  $G_R$ 은 급기풍량  $G_A$ 와 환기팬 정격풍량  $G_{ARF}$  값 중 적은 값으로 한다.

단, 외기 CUT 운전 시는 환기팬 정격풍량에 관계없이 급기풍량  $G_A$ 와 같은 값으로 한다. 환기팬 대신에 배기팬을 선정하는 경우는  $Q_{RF} = 0$ 으로 한다.

② 외기팬에 의한 온도상승 계산

$$\Delta T_{OF} = \{P_{OF} \cdot 1000 \cdot \phi_{OF}\} / \{CP_S \cdot G_0\} \quad (3.3.146)$$

여기서,  $P_{OF}$  : 팬의 동력,  $\phi_{OF}$  : 팬의 발열비율 (정수)  
 $G_0$  : 외기풍량

외기팬 운전은 외기도입이 min OA모드 및 전열교환기모드의 경우이다. 외기가 max OA모드의 경우는 외기팬을 정지한다.

③ 배기팬에 의한 발열 계산

전열교환기 입구측에 배기팬이 설치된 경우, 배기팬에 의한 온도상승  $\Delta T_{EX}$ 는 식 (3.3.147)로 계산한다.

$$\Delta T_{EX} = \{P_{EX} \cdot 1000 \cdot \phi_{EX}\} / \{CP_S \cdot G_{EX}\} \quad (3.3.147)$$

여기에서,  $P_{EX}$  : 팬의 동력,  $\phi_{EX}$  : 팬의 발열비율 (정수)  
 $G_{EX}$  : 배기풍량 (외기량과 같다.)

일반적으로, 전열교환기의 출구측에 설치하는 것으로서  $\phi_{EX} = 0$ ,  $\Delta T_{EX} = 0$  이다.

(라) 덕트열손실과 환기팬의 발열을 보정한 환기온도 계산

덕트열손실, 환기팬의 발열을 보정한 환기온도  $T_{RN}'$ 은 다음 식에 의한다.

$$T_{RN}' = T_{RN} + \{Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{RF}\} / \{CP_S \cdot G_{RF}\} \quad (3.3.148)$$

또, 급기덕트의 열손실을 환기측에 보정하기 위해 주위온도 이상으로(또는 이하로) 환기온도가 변화하는 일이 있다.

(마) 외기도입량

외기는 일반적으로 최소외기량(min OA)을 도입한다. 외기의 운전모드에 의해 (가)min OA의 시간 패턴, (나)전열교환기, (다)max OA의 도입을 선택할 수 있다.

① min OA의 시간패턴

min. OA로 시각별도입비율 ( $\phi$  OA)을 곱한다.

$$G_0 = \text{min OA} \cdot \phi \text{ OA} \quad (3.3.149)$$

도입비율을  $\phi \text{ OA} = 0$ 으로 하면 외기량은 0이 된다. 외기 덕트는 이와 같이 설정한다. 외기량이 0의 시간대에서는 나) 전열교환기와 다) max.OA의 도입은 작동하지 않는다.

② 전열교환기

가)의 외기도입량에 배기에서의 열회수를 한다.

③ max. OA의 도입

max OA (전외기)로 한다.

(바) 전열교환기와 max OA의 ON/OFF 제어 판정

표 3.3.20과 같이 제어모드(온도, 습도, 엔탈피)와 제어범위를 설정하여 외기조건에 따른 ON/OFF제어를 한다.



표 3.3.20 외기도입의 제어

(1) 기본제어	① 최소OA	② 전열교환기	③ 최대OA
부가 자료	시간 유형	효율	- - -
운전에 필요한 조건	- - -	운전지정 모드(E)	운전지정 모드(M)
부가제어	- - -	(가) 또는 (나)	(가) 또는 (나)
(2) 부가제어	(가) 외기에 의한 ON/OFF 제어		(나) 비례제어
제어내용	외기조건 범위내 ON 외기조건 범위외 OFF	외기조건 범위내 OFF 외기조건 범위외 ON	R 출구조건과 연동하여 제어
부가 자료 <sup>*1</sup>	범위의 상한과 하한	범위의 상한과 하한	- - -
제어 모드 <sup>*2</sup>	1. 온도 (TON) 2. 절대습도 (XON) 3. 엔탈피 (EON)	1. 온도 (TOF) 2. 절대습도 (XOF) 3. 엔탈피 (EOF)	1. 온도 (TOP) 2. 절대습도 (XOP) 3. 엔탈피 (EOP)

주) 1 : ON/OFF 범위의 상한과 하한은 계절마다 변한다.

2 : (가)의 부가제어의 제어모드는 2개까지 선택함. 또, 2개 제어모드의 AND 또는 OR의 조합이 가능. (나)의 부가제어의 제어모드는 1개 선택됨. 또, 이것과 (가)의 제어모드 1개와 조합될 수 있다.

(사) 전열교환기에 따른 열회수

배기를 열원으로 전열회수를 한다. 효율을  $\eta_{EV}$ 로 할 때, 전열교환기의 출구외기 조건은 식(3.3.150) ~ 식(3.3.151)으로 구한다.

$$T_0' = \eta_{EV} \cdot (T_{RN}' + \Delta T_{EX}) + (1 - \eta_{EV}) \cdot (T_0 + \Delta T_{OF}) \quad (3.3.150)$$

$$X_0' = \eta_{EV} \cdot X_{RN} + (1 - \eta_{EV}) \cdot X_0 \quad (3.3.151)$$

여기서,  $T_0'$ ,  $X_0'$  : 전열교환기 출구외기조건,  $T_{RN}'$ ,  $X_{RN}$  : 환기온습도

$T_0$ ,  $X_0$  : 외기온습도,  $\Delta T_{EX}$ ,  $\Delta T_{OF}$  : 배기 및 외기팬의 온도상승

(아) 전열교환기와 max OA의 비례제어

표 3.3.20에 나타낸 것과 같이 외기와 환기의 혼합조건을 코일출구목표온도  $T_{AC3}$ , 습도  $X_{AC}$ , 또는 엔탈피  $H_{AC3}$ 에 일치하도록 비례제어 한다.

① 전열교환기에서는 효율을  $0 \sim \eta_{EV}$ (정격효율)의 사이에 제어가 가능하다.

온도로 제어하는 경우에 대해서 나타내면, (3.3.150)과 (3.3.154)식을 효율  $\eta_{EV}$ 에 대해서 해를 구하면 좋다.

$$\eta_{EV}^* = \{G_A \cdot T_{AC3} - (G_A - G_0) \cdot T_{RN}' - G_0 \cdot (T_0 + \Delta T_{OF})\} / \{G_0 \cdot (T_{RN}' - T_Z - \Delta T_{OF})\} \quad (3.3.152)$$

단,  $0 \leq \eta_{EV}^* \leq \eta_{EV}$  에서 해를 가진다.

② max OA의 경우도 같은 사양이며 외기량  $G_0$ 를 min OA~ $G_A$ (전외기)의 사이가 제어 가능하다. 온도로 제어하는 경우에 대해서 나타내면,

$$G_0 = (T_{AC3} - T_{RN}') / (T_0 - T_{RN}') \quad (3.3.153)$$

단,  $\min OA \leq G_0 \leq \max OA$ 에서 해를 얻는다.

③ 환기와 외기의 혼합 후 코일입구공기의 온습도 계산  
환기와 외기의 혼합후의 코일입구공기  $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ 은 다음식으로 계산한다.

$$T_{AC1} = \{T_0' \cdot G_0 + (G_A - G_0) \cdot T_{RN}'\} / G_A \quad (3.3.154)$$

$$X_{AC1} = \{X_0' \cdot G_0 + (G_A - G_0) \cdot X_{RN}'\} / G_A \quad (3.3.155)$$

#### (4) 냉온수 코일의 계산

##### (가) 냉온수 코일의 처리 프로세스 판정

코일입구공기상태( $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ ,  $H_{AC1}$ ,  $RH_1$ )와 코일목표출구공기조건( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ,  $H_{AC3}$ ,  $RH_3$ )이 결정된 상태에서 가습운전 모드, 제습코일의 건습경계상대습도(RHS)에 의한



① 가습 운전 모드가 없을 때의 처리 프로세스  
 가습이 없는 경우에는 온도만의 제어가 된다.

㉓  $T_{AC3} < T_{RHS}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → C → D (제습냉각)

출구온도의 목표치 :  $X_{AC3} = PSY(T_{AC3}, RHS)$ 로 수정

중간점(C)의 건습경계 :  $T_{AC2} = T_{RHS}, X_{AC2} = X_{AC1}$

단,  $T_{RHS}$ (건습경계의 온도) =  $PSY(X_{AC1}, RHS)$

PSY : 공기선도의 함수

㉔  $T_{RHS} \leq T_{AC3} < T_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → B (건구냉각)

출구습도 :  $X_{AC3} = X_{AC1}$ 로 수정

㉕  $T_{AC3} > T_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → H (가열)

목표출구온도는 수정되며,  $X_{AC3} = X_{AC1}$ 로 된다.

② 가습이 물분무 일 때의 처리 프로세스

㉖  $T_{AC3} > T_{RHS}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → C → D (가)의 1)과 동일)

㉗  $T_{RHS} < T_{AC3} < T_{AC1}$  그리고  $H_{AC3} < H_{AC1}$ 의 경우

처리프로세스  $X_{AC3} < X_{AC1}$ 이면, 0 → B

$X_{AC3} > X_{AC1}$ 이면, 0 → B' → E(냉각후가습)

가습한계 초과시 ( $RH3 > RHS$ 의 경우)

$X_{AC3} = PSY(T_{AC3}, RHS)$

$H_{AC3} = PSY(X_{AC3}, RHS)$ 로 수정(E')

중간점(B')의 냉각목표

$T_{AC2} = PSY(H_{AC3}, X_{AC3}), X_{AC2} = X_{AC1}$

㉘  $H_{AC3} > H_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} > X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 0 → H' → S(가열후가습)

가습한계 초과시 (RH3 > RHS의 경우)

$X_{AC3} = \text{PSY}(T_{AC3}, \text{RHS})$ 로 수정(S').

수정후에  $H_{AC3} < H_{AC1}$  이 되면 → (2)로 이동

중간점(H')의 가습목표

$T_{AC2} = \text{PSY}(H_{AC3}, X_{AC1}), X_{AC2} = X_{AC1}$

㉞  $T_{AC3} > T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} < X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 0 → H (가열만) (가)의 (3)과 같다

③ 가습이 증기분무 일 때의 처리 프로세스

㉞  $T_{AC3} < T_{RHS}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → C → D (가), 나)의 (1)과 같다

㉞  $T_{RHS} < T_{AC3} < T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} < X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → B (가), 나)의 (2)와 같다

㉞  $T_{RHS} < T_{AC3} < T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} > X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → B → E (냉각후가습)

가습한계 초과시 (RH3 > RHS의 경우)

$X_{AC3} = \text{PSY}(T_{AC3}, \text{RHS})$ 로 수정(E')

중간점(B)의 냉각목표

$T_{AC2} = T_{AC3}, X_{AC2} = X_{AC1}$

㉞  $T_{AC3} > T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} > X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → H → S (가열후가습)

가습한계 초과시 (RH3 > RHS의 경우)

$X_{AC3} = \text{PSY}(T_{AC3}, \text{RHS})$ 로 수정(S')

중간점의 가열목표

$T_{AC2} = T_{AC3}, X_{AC2} = X_{AC1}$

㉞  $T_{AC3} > T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} < X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 → H (가열만)



① 공기측의 열부하

$$\text{건코일} \quad Q_D = CP_S \cdot G_A(T_{AC1} - T_{AC2}) \quad (3.3.156)$$

$$\text{습코일} \quad Q_W = \rho \cdot G_A(H_{AC2} - H_{AC3}) \quad (3.3.157)$$

② 수측의 상태

$$\text{건습경계점의 수온} \quad T_{W2} = T_{W1} + Q_W/G_W \quad (3.3.158)$$

$$\text{코일 출구의 수온} \quad T_{W3} = T_{W2} + Q_D/G_W \quad (3.3.159)$$

또, 공기선도의 상태값에 따라,

$$H_{W1} = \text{PSY}(T_{W1}, \text{RHS}) \quad \text{건습경계상대습도선상}$$

$$H_{W2} = \text{PSY}(T_{W2}, \text{RHS}) \quad \text{건습경계상대습도선상}$$

$$H_{W3} = \text{PSY}(T_{W3}, X_{AC1}) \quad \text{입구공기절대습도선상}$$

③ 필요코일 면적

$$\text{건코일} : S_D = Q_D / (U_D \cdot \text{ETD}) \quad (3.3.160)$$

$$\text{습코일} : S_W = Q_W / (U_W \cdot \text{EHD}) \quad (3.3.161)$$

단,  $S_D, S_W$  : 건, 습구 코일의 필요면적

ETD : 건코일의 대수평균온도차

EHD : 습코일의 대수평균 엔탈피차

$$\text{ETD} = (T_{AC1} - T_{W3} - T_{AC2} + T_{W2}) / \text{Log}\{(T_{AC1} - T_{W3}) / (T_{AC2} - T_{W2})\} \quad (3.3.162)$$

$$\text{EHD} = (H_{AC2} - H_{W2} - H_{AC3} + H_{W1}) / \text{Log}\{(H_{AC2} - H_{W2}) / (H_{AC3} - H_{W1})\} \quad (3.3.163)$$

④ 과부하 판정

경부하 :  $S_D + S_W \leq S_0$  일 경우 => 코일 출구공기온습도 실현 가능

과부하 :  $S_D + S_W > S_0$  일 경우 => 코일 출구공기온습도 실현 불가

(다) 등가단순 코일의 계산

그림 3.3.28에 건·습코일과 이것과 등가인 건·습의 구별이 없는 등가단순코일을 나타낸다. 등가단순코일로 대치하여 과부하시 출구공기의 온습도를 수정한다. 또, 경부하 일 때에 변유량제어를 할 경우에는 등가단순코일로 변동유량의 계산을 한다.

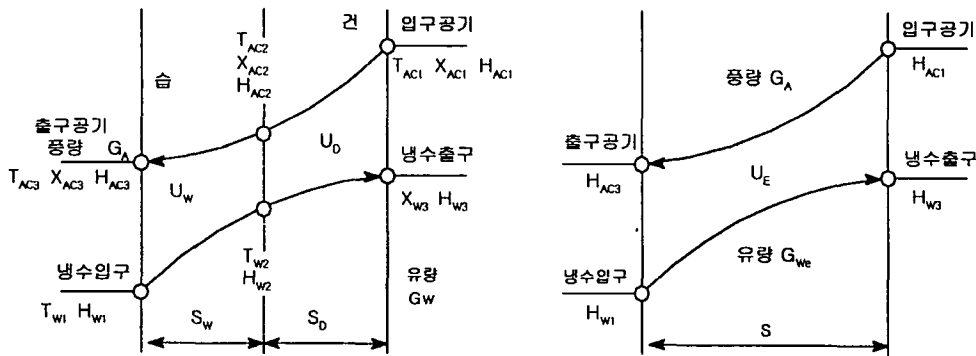


그림 3.3.28 건코일 및 습코일과 등가단순코일

앞절의 (나)의 ① ~ ③의 관계를 등가단순코일의 열평형식으로 표현하면,

$$Q_D + Q_W = \rho \cdot G_A (H_{AC1} - H_{AC3}) \quad (3.3.164)$$

$$= G_{We} \cdot (H_{W3} - H_{W1}) \quad (3.3.165)$$

$$= U_e \cdot S \cdot (H_{AC1} - H_{W3} - H_{AC3} + H_{W1}) / \text{Log}\{(H_{AC1} - H_{W3}) / (H_{AC3} + H_{W1})\} \quad (3.3.166)$$

$$G_{We} = G_W(T_{W3} - T_{W1}) / (H_{W3} - H_{W1}) \quad (3.3.167)$$

여기서,  $G_{We}$  : 외관 유량 (엔탈피 영역에서 환산된 유량)

$U_e$  : 건·습 코일을 엔탈피 영역에서 환산될 때의 등가열관류율)



$$U_e = (Q_D + Q_W) / \{(S_D + S_W) \cdot (H_{AC1} - H_{W3} - H_{AC3} + H_{W1}) / \text{Log}[(H_{AC1} - H_{W3}) / (H_{AC3} - H_{W1})]\} \quad (3.3.168)$$

(라) 과부하시 출구공기 온습도의 수정

코일 면적이  $S_D + S_W \rightarrow S_o$ 로 축소된 결과, 교환열량이  $Q_D + Q_W \rightarrow Q^*$ 로 감소하고, 그 결과 출구공기조건이  $H_{AC3} \rightarrow H_{AC3}^*$ , 출구수온이  $H_{W3} \rightarrow H_{W3}^*$ 로 변화한다. 또한, 코일 입구조건( $H_{AC1}$ ,  $H_{W1}$ ), 풍량( $G_A$ ), 외관유량 ( $G_{We}$ ), 등가열관류율( $U_e$ )은 변하지 않으므로 식(3.3.164) ~ 식(3.3.166)의 연립방정식으로 구하면,

$$H_{AC3}^* = \{H_{AC1} \cdot (\rho \cdot G_A / G_{We} - 1) + H_{W1}(1 - \varepsilon)\} / \{\rho \cdot G_A / G_{We} - \varepsilon\} \quad (3.3.169)$$

$$\text{단, } \varepsilon = \exp \{U_e \cdot S_o \cdot [G_{We} - \rho \cdot G_A] / (\rho \cdot G_A \cdot G_{We})\} \quad (3.3.170)$$

식(3.3.169) ~ 식(3.3.170)을 과부하시의 출구공기 상태값을 구하는 함수 fov로 일반화하면 식(3.3.171)과 같다.

$$\text{즉, } H_{AC3}^* = \text{fov} \{S_o, U_e, \rho \cdot G_A, G_{We}, H_{AC1}, H_{W1}\} \quad (3.3.171)$$

출구공기온습도(공기선도의 상태값에서)

$$T_{AC3}^* = \text{PSY}(H_{AC3}^*, \text{RHS}) \quad (3.3.172)$$

$$X_{AC3}^* = \text{PSY}(T_{AC3}^*, H_{AC3}^*) \quad (3.3.173)$$

코일부하(교환열량)

$$Q^* = \rho \cdot G_A (H_{AC1} - H_{AC3}^*) \quad (3.3.174)$$

(마) 경부하시의 변동유량 계산

변유량의 경우 코일면적이  $S_D + S_W \rightarrow S_0$ 로 확대되며, 유량은  $G_{we} \rightarrow G_{we}^*$ 로 대체된다. 그 결과, 출구수온의 상태값이  $H_{W3} \rightarrow H_{W3}^*$ 로 변화한다.

또한, 교환열량( $Q = Q_D + Q_W$ ), 입구조건( $H_{AC1}, H_{W1}$ ), 출구공기조건( $H_{AC3}$ ), 풍량 ( $G_A$ ), 등가열관류율( $U_e$ )는 변하지 않으므로 식(3.3.164) ~ 식(3.3.166)의 연립방정식으로 구한다. 그러나, 이 연립방정식은 미지수  $G_{we}^*, H_{W3}^*$ 의 관계에서 초월방정식이 된다.

$$Z = (H_{AC1} - H_{W3}) / (H_{AC3} - H_{W1}),$$

$$a = (Q_D + Q_W) / \{U_e \cdot S_0 (H_{AC3} - H_{W1})\} \quad (3.3.175)$$

$$a \cdot \text{Log}Z = Z - 1 \quad (3.3.176)$$

이것을 Z에 관한 해 근사식 함수 fz에서의 해로

$$Z = fz(a) \quad (3.3.177)$$

$$H_{W3}^* = H_{AC1} - Z \cdot (H_{AC3} - H_{W1}) \quad (3.3.178)$$

$$G_{we}^* = (Q_D + Q_W) / (H_{W3}^* - H_{W1}) \quad (3.3.179)$$

식(3.3.175) ~ 식(3.3.179)를 함수  $fvw$ 로 일반화하면 식(3.3.180)와 같다.

$$\text{즉, } G_{we}^* = fvw \{Q_D + Q_W, U_e, S_0, H_{AC1}, H_{W1}\} \quad (3.3.180)$$

출구수온 및 열량은

$$T_{W3}^* = PSY(H_{W3}, X_{AC1}) \quad (3.3.181)$$

$$G_W^* = (Q_D + Q_W) / (T_{W3}^* - T_{W1}) \quad (3.3.182)$$

또한, 변동유량의 한계를 정격유량의 10%로 규정, 변동유량이 한계유량보다 적을 때는, 상기의 계산결과에 관계없이 변동유량에 한계유량을 부여한다.

(바) 경부하 코일이 과부하 상태로 작동되는 한계수온 예측

코일의 계산과 직접관계는 없으나, 열원군이 과부하 일 때에 수렴계산을 조속히 하기 위해서 코일이 경부하에서 과부하로 작동하는 한계수온을 계산한다.

$S_D + S_W \leq S_0$ 로 되는 경부하일 때에 식(3.3.164) ~ 식(3.3.166)의 연립방정식에 있어서 입구수온을 미지수로서 해의 수온이 경부하에서 과부하로 작동되는 한계수온이다. 또, 공기측의 온습도상태, 풍량, 유량, 교환열량, 등가 열관류율은 변하지 않는다. 코일면적은 안전을 고려해,  $S = (S_0 + S_D + S_W) / 2$ 라 한다.

$$H_{WL} = \frac{\{H_{AC1} \cdot (\rho \cdot G_A / G_{We} - 1) + H_{AC3} \cdot (\varepsilon - \rho \cdot G_A / G_{We})\}}{\{\varepsilon - 1\}} \quad (3.3.183)$$

$$\varepsilon = \exp\{U_E \cdot S \cdot (G_{We} - \rho \cdot G_A) / (\rho \cdot G_A \cdot G_{We})\} \quad (3.3.184)$$

식(3.3.183) ~ 식(3.3.184)를 함수 fTL로 일반화하면 식(3.3.185)와 같다.

$$H_{WL} = fTL\{S, U_e, \rho \cdot G_A, G_{We}, H_{AC1}, H_{AC3}\} \quad (3.3.185)$$

$$T_{WL} = PSY(H_{WL}, RHS) \quad (3.3.186)$$

(사) 습코일의 경우 과부하 판정

입구공기가 건·습코일경계상대습도를 상회하고 있는 경우에는 입구공기의 상대습도를 유지한 상태로 냉각된다. 판정을 위한 입력조건은 표 3.3.22와 같다. 그림 3.3.29는 습코일 모델인 공기선도상의 프로세스를 나타낸다.

표 3.3.22 습코일의 과부하 판정을 위한 입력조건

	항 목	입력 변수명
상 태 량	코일 입구공기	$T_{AC1}, X_{AC1}, H_{AC1}, RH_1$
	코일목표출구공기조건	$T_{AC3}, X_{AC3}, H_{AC3}, RH_3$
	상류공급냉수온도	$T_{W1}$
코일 의 사양	코일면적(fin 표면적)	$S_0$
	코일 열관류율	$U_W$ (습)
	냉수유량	$G_W$
	풍량	$G_A$



③ 필요 코일면적

$$S_w = Q_w / (U_w \cdot EHD) \quad (3.3.189)$$

단, 대수평균 엔탈피차

$$EHD = (H_{AC1} - H_{W3} - H_{AC3} + H_{W1}) / \text{Log}\{(H_{AC1} - H_{W3}) / (H_{AC3} - H_{W1})\} \quad (3.3.190)$$

④ 과부하판정

경부하 :  $S_w \leq S_0$ , 코일출구공기온습도 실현 가능

과부하 :  $S_w > S_0$ , 코일출구공기온습도 실현 불가

⑤ 과부하시의 출구공기 엔탈피

식(3.3.171)의 함수 fov를 사용해서 계산하면 식(3.3.191)과 같다.

$$H_{AC3}^* = \text{fov}\{S_0, U_w, \rho \cdot G_A, G_{we}, H_{AC1}, H_{W1}\} \quad (3.3.191)$$

$$T_{AC3}^* = \text{PSY}(H_{AC3}^*, RH_3)$$

$$X_{AC3}^* = \text{PSY}(T_{AC3}^*, H_{AC3}^*)$$

⑥ 경부하시의 변동유량

식(3.3.180)의 함수 fvW를 사용한 해

$$G_{we}^* = \text{fvW}\{Q_w, U_w, S_0, H_{AC1}, H_{W1}\} \quad (3.3.192)$$

⑦ 경부하시의 한계수온

식(3.3.186)의 함수 fTL을 사용한 해

$$H_{WL} = \text{fTL}\{(S_w + S_0)/2, U_w, \rho \cdot G_A, G_{we}, H_{AC1}, H_{AC3}\} \quad (3.3.193)$$

$$T_{WL} = \text{PSY}(H_{WL}, RH_1) \quad (3.3.194)$$

(아) 가열코일의 계산

가열코일의 경우 온도의 변화를 동반하지 않는다. 계산을 위한 입력조건은 표 3.3.23과 같다. 그림 3.3.30은 가열코일 모델의 공기선도상 프로세스를 나타낸다.

표 3.3.23 가열코일의 과부하 판정을 위한 입력조건

	항 목	입력 변수명
상 태 량	코일 입구공기	$T_{AC1}, X_{AC1}, H_{AC1}, RH_1$
	코일목표출구공기조건	$T_{AC3}, X_{AC3}, H_{AC3}, RH_3$
	상류공급냉수온도	$T_{W1}$
코일 의 사양	코일면적(fin 표면적)	$S_0$
	코일 열관류율	$U_0(\text{건조})$
	냉수유량	$G_w$
	풍량	$G_A$

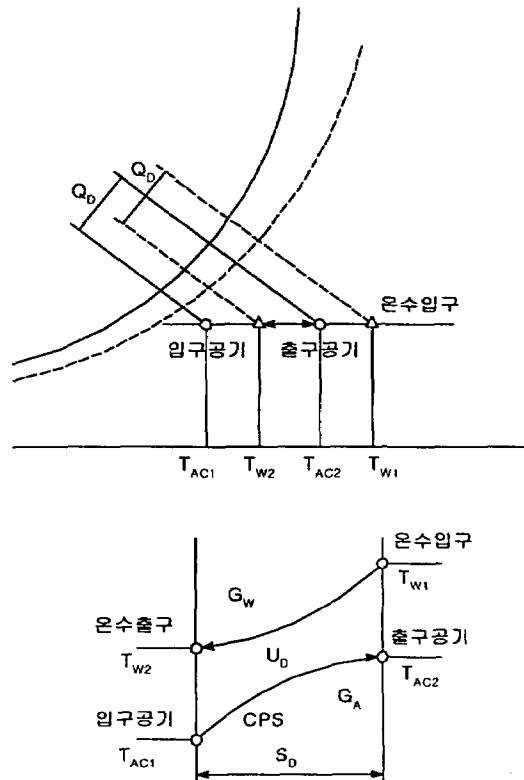


그림 3.3.30 가열코일의 모델

① 공기측의 열부하

$$Q_D = CP_S \cdot G_A (T_{AC1} - T_{AC2}) \quad (3.3.195)$$

② 코일출구 수측의 상태

$$T_{W2} = T_{W1} + Q_D/G_W \quad (3.3.196)$$

③ 필요 코일면적

$$S_D = Q_D/(U_D \cdot ETD) \quad (3.3.197)$$

단, 대수평균온도차

$$ETD = (T_{AC1} - T_{W2} - T_{AC2} + T_{W1}) / \text{Log}\{(T_{AC1} - T_{W2})/(T_{AC2} - T_{W1})\} \quad (3.3.198)$$

④ 과부하판정

경부하 :  $S_D \leq S_0$ , 코일출구공기온습도 실현 가능

과부하 :  $S_D > S_0$ , 코일출구공기온습도 실현 불가

⑤ 과부하시의 출구공기온도

식(3.3.171)의 함수 fov를 사용한 해

$$T_{AC2}^* = \text{fov}\{S_0, U_D, CP_S, G_A, G_W, T_{AC1}, T_{W1}\} \quad (3.3.199)$$

⑥ 경부하시의 변동유량

식(3.3.180)의 함수 fvW를 사용한 해

$$G_w^* = f_{vw}\{Q_w, U_D, S_0, T_{AC1}, T_{w1}\} \quad (3.3.200)$$

⑦ 경부하시의 한계수온

식(3.3.185)의 함수 fTL을 사용한 해

$$T_{wL} = fTL\{(S_D + S_0)/2, U_D, CP_S \cdot G_A, G_w, T_{AC1}, T_{AC2}\} \quad (3.3.201)$$

(5) 직접팽창코일의 계산

(가) 직접팽창코일의 처리 프로세스

직접팽창 코일에서는 건습경계상대습도 대신에 BF(By-pass Factor)를 사용한 점이 냉온수 코일과 다르다.

코일의 입구공기상태( $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ ,  $H_{AC1}$ , RH1)와 코일목표출구공기조건( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ,  $H_{AC3}$ , RH3)이 결정된 단계로서, 코일의 처리 프로세스를 판정한다. 이 단계에서는 코일이 능동적으로 처리 가능한지, 어떤지에 따라서 다른 문제를 가지는 점은 냉온수코일과 같다. 그림 3.3.31에 처리 프로세스를 나타낸다.

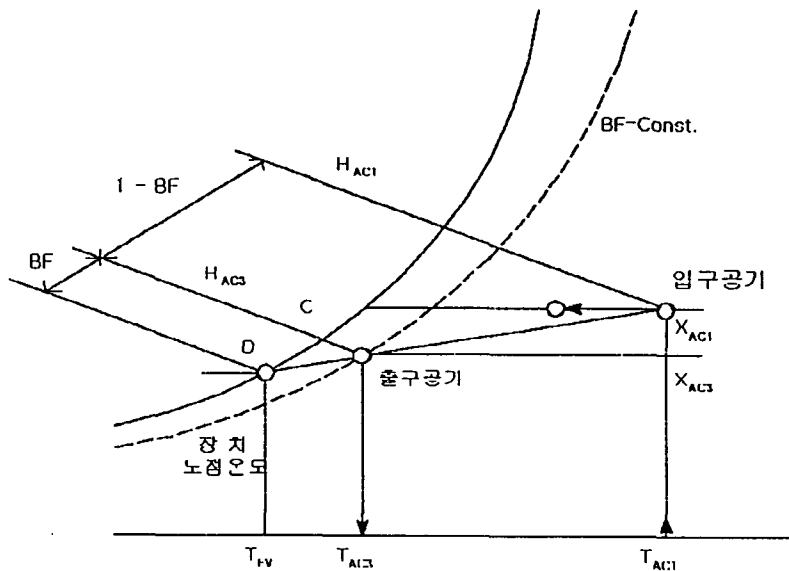


그림 3.3.31 직접팽창 코일의 처리 프로세스



코일처리 프로세스의 공기측 상태변화에 다음의 가정을 설정한다.

① 냉각의 경우

출구공기는 장치노점온도와 입구공기를 연결한 선상에서 항상 BF 일정의 선상에 있다. 장치노점온도(D)는 포화공기선도상에 있고, 코일의 용량제어에 따라서 포화 공기선상에서 움직인다.

㉞  $T_{AC3} < T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} \leq X_{AC1}$  일 경우

처리프로세스 : 0 -> C (제습냉각)

장치노점온도

$$T_E = \{T_{AC3} - T_{AC1} \cdot BF\} / (1 - BF)$$

$$X_E = \text{PSY}(T_E, RH), \text{ 단 } RH = 100\%$$

코일의 출구습도

$$X_{AC3} = X_{AC1} \cdot BF + (1 - BF) \cdot X_E$$

$X_E > X_{AC}$  일 경우

처리 프로세스 : 0 -> B (건냉각)

코일출구습도 :  $X_{AC3} = X_{AC1}$ 으로 수정

㉟  $T_{AC3} < T_{AC1}$  그리고  $X_{AC3} > X_{AC1}$  일 경우

- 가습운전 모드가 없는 경우

처리프로세스 : 0 -> B(건구냉각)

- 물분무 일 때 경우

처리프로세스 : 0 -> B' -> E

- 증기분무 일 경우

처리프로세스 : O → B → E

② 가열의 경우

절대습도 일정한 상태로 가열된다. 처리 프로세스는 냉온수코일과 같다.

- 가열이 없는 경우 : O → H
- 물분무의 경우 : O → H' → S
- 증기분무의 경우 : O → H → S

(나) 냉각코일의 과부하 판정

냉각코일의 계산을 위한 입력조건은 표 3.3.24와 같다.

표 3.3.24 직팽냉각코일의 과부하 판정을 위한 입력조건

	항 목	입력 변수명
상 태 량	코일 입구공기	$T_{AC1}, X_{AC1}, H_{AC1}$
	코일목표출구공기조건	$T_{AC3}, X_{AC3}, H_{AC3}, RH_3$
	상류공급냉수온도	$T_{W1}$
코일 의 사양	정격냉방능력	$Q_{EC}$
	By-pass Factor	BF
	증발온도의 하한치	$T_{EC}$
	풍량	$G_A$

① 장치노점온도 계산

$$T_{EDP} = \{T_{AC3} - T_{AC1} \cdot BF\} / (1 - BF) \quad (3.3.202)$$

$T_{EDP} < T_{EC}$  일 경우 증발온도의 하한값  $T_{EC}$  보다 적을때는 과부하가 되며, 출구공기 온도를 수정한다.

$$T_{AC3} = T_{EC}(1 - BF) + T_{AC1} \cdot BF \quad (3.3.203)$$

$$X_{AC3} = X_{EC}(1 - BF) + X_{AC1} \cdot BF \quad (3.3.204)$$

### ② 공기측 열부하

$$Q_R = \rho \cdot G_A(H_{AC1} - H_{AC3}) \quad (3.3.205)$$

### ③ 냉방능력 및 최대입력

정격능력을 기기특성식으로 수정해서 구한다.

$$Q_C^* = Q_{EC} \cdot fc(WB_1, T_{W1}) \quad (3.3.206)$$

$$P_C^* = P_{EC} \cdot fP(WB_1, T_{W1}) \quad (3.3.207)$$

여기서,  $Q_C^*$  : 최대능력,  $P_C^*$  : 최대입력,  $Q_{EC}$  : 정격능력,  $P_{EC}$  : 정격입력

$WB_1$  : 입구공기의 습구온도 =  $PSY(T_{AC1}, X_{AC1})$ ,  $fc$ ,  $fP$  : 기기특성

PHA(공기열원 PACKAGE)일 때에는  $T_{W1}$  대신에  $T_0$ (외기온도)를 사용한다.

### ④ 과부하 판정

경부하 :  $Q_R \leq Q_C^*$  일 경우  $\Rightarrow$  코일의 목표출구공기온습도 실현 가능

과부하 :  $Q_R > Q_C^*$  일 경우  $\Rightarrow$  코일의 목표출구공기온습도 실현 불가

### ⑤ 과부하의 경우 출구공기온습도 수정

$$H_{AC3}^* = H_{AC1} - Q_{C^*}/(\rho \cdot G_A) \quad (3.3.208)$$

$$T_{AC3}^* = PSY(H_{AC3}^*, RH_3)$$

$$X_{AC3}^* = PSY(T_{AC3}^*, H_{AC3}^*)$$

$X_{AC3}^* > X_{AC1}$  경우는 제습이 되지 않으므로

$$T_{AC3}^* = PSY(H_{AC3}^*, X_{AC1}), X_{AC3}^* = X_{AC1} \text{로 수정}$$

(다) 가열코일의 과부하 판정

가열코일의 계산을 위한 입력조건은 표 3.3.25와 같다.

표 3.3.25 직팽 가열코일의 과부하 판정을 위한 입력조건

	항 목	입력 변수명
상 태 량	코일 입구공기	T <sub>AC1</sub>
	코일목표출구공기조건	T <sub>AC2</sub>
	상류공급냉수온도	T <sub>w1</sub>
코일 의 사양	정격난방능력	Q <sub>EH</sub>
	By-pass Factor	BF
	응축온도의 상한치	T <sub>EH</sub>
	풍량	G <sub>A</sub>

① 응축온도 계산

$$T_{EDP} = \{T_{AC3} - T_{AC} \cdot BF\} / (1 - BF) \quad (3.3.209)$$

T<sub>EDP</sub> > T<sub>EH</sub> 경우, 응축온도의 상한치 T<sub>EH</sub>보다 적은 과부하가 되며, 출구공기온도를 수정한다.

$$T_{AC2} = T_{EH}(1 - BF) + T_{AC1} \cdot BF \quad (3.3.210)$$

② 열부하 계산

$$Q_R = CP_S \cdot G_A(T_{AC2} - T_{AC1}) \quad (3.3.211)$$

③ 난방능력 Q<sub>C</sub>\* 및 최대능력 P<sub>E</sub>\* 계산

정격능력을 기기특성식으로 보정하여 계산 한다.

$$Q_C^* = Q_{EH} \cdot fc(T_{AC1}, T_{w1}) \quad (3.3.212)$$

$$P_C^* = P_{EC} \cdot fP(T_{ACI}, T_{W1}) \quad (3.3.213)$$

여기서,  $Q_{EC}$  : 정격능력,  $P_{EC}$  : 정격입력,  $T_{ACI}$  : 입구공기온도  
 $f_c, fP$  : 기기특성

단, PHA (공기열원) 일 때에  $T_{W1}$  대신에  $T_0$  (외기온도)를 사용한다.

#### ④ 과부하 판정

경부하 :  $Q_R \leq Q_C^*$  일 경우 => 코일의 목표출구공기온습도 실현 가능

과부하 :  $Q_R > Q_C^*$  일 경우 => 코일의 목표출구공기온습도 실현 불가

#### ⑤ 과부하의 경우 출구공기온도 수정

$$T_{AC2}^* = T_{AC1} + Q_C^* / (CPS \cdot G_A) \quad (3.3.214)$$

(라) 전력소비량과 상류에서의 요구부하

부하율을  $x = Q_R / Q_C^*$ 로 될 경우, 전력소비량  $E$ 와 상류에서의 요구부하  $Q_D$ 는 다음 식(3.3.215 ~ 3.3.217)으로 계산한다.

$$E = P_C \cdot fX(x) \quad (3.3.215)$$

$$Q_D = Q_C \cdot x + E \cdot \phi_E \text{ (냉방시)} \quad (3.3.216)$$

$$Q_D = Q_C \cdot x - E \cdot \phi_E \text{ (난방시)} \quad (3.3.217)$$

여기서,  $fX$  : 부분부하특성

$\phi_E$  : 입력(전력소비량)에서 부하가 되는 비율

#### (6) 가습의 계산

가습에는 공기선도상의 가습한계(상대습도 RHS)가 있을 뿐, 코일과 같은 장치능

력에 의한 제한은 없으며, 필요한 만큼 가습 할 수 있다.

계산을 위해 부여된 조건은 가열후(또는 냉각후)의 공기 상태량( $T_{AC2}$ ,  $X_{AC2}$ ,  $H_{AC2}$ ), 가습목표공기 상태량( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ,  $H_{AC3}$ ), 풍량( $G_A$ ) 이다.

(가) 코일 경부하의 경우

가습목표는 실현할 수 있으며 열량은 다음 식(3.3.218, 3.3.219)으로 계산한다.

$$\text{가열량} \quad G_{SP} = \rho \cdot G_A (X_{AC3} - X_{AC2}) \quad (3.3.218)$$

$$\text{가습열량} \quad Q_{SP} = \rho \cdot G_A (H_{AC3} - H_{AC2}) \quad (3.3.219)$$

단, 물분무 일 때는  $H_{AC3} = H_{AC2}$  이며,  $Q_{SP} = 0$  이다.

(나) 코일 과부하의 경우

가습은 실의 상대습도가 일정하게 되도록 제어하는 것이다. (토출습도 일정제어를 제외한다.) 코일이 과부하 때문에 목표토출온도를 얻을 수 없을 때에는 토출온도를 이것에 맞추어 변화 시켜야 한다. 그림 3.3.32에 나타난 것과 같이 가습을 대표실에서 제어할 경우, 과부하 상태에서는 실온이  $T_{RM} \rightarrow T_{RM}^*$  로 변화한다. 이때에 실내온도는 변화하며 상대습도는 항상 설정치 RHd 로 유지된다. 이와 같은 조건을 만족하도록 토출온도를 수정한다.

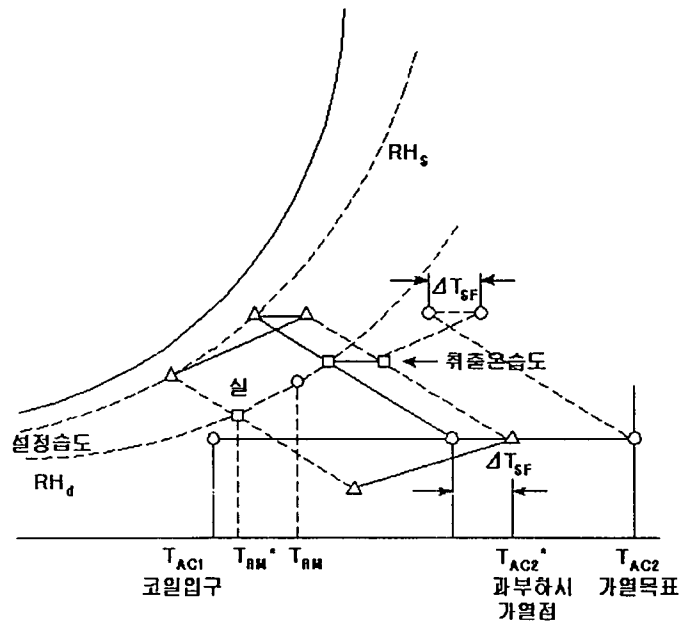


그림 3.3.32 과부하시 가습점의 수정

① 실 온습도의 평형식

$$T_{RM}^* = \{Q_S + WZO \cdot T_B + CP_S \cdot G_{ARM} \cdot (T^* + \Delta T_{SF}) + CP_S \cdot G_{URM} \cdot T_{UT3}\} / \{WZO + CP_S \cdot G_{ARM} + CP_S \cdot G_{URM}\} \quad (3.3.220)$$

$$X_{RM}^* = \{Q_L + WLO \cdot X_B + CP_L \cdot G_{ARM} \cdot X^* + CP_L \cdot G_{URM} \cdot X_{UT3}\} / \{WLO + CP_L \cdot G_{ARM} + CP_L \cdot G_{URM}\} \quad (3.3.221)$$

$$RH_{RM}^* = PSY(T_{RM}^*, X_{RM}^*) \quad (3.3.222)$$

여기서,  $T_{RM}^*$ ,  $X_{RM}^*$ ,  $RH_{RM}^*$  : 실의 온습도 (과부하시)

$Q_S$ ,  $Q_L$  : 실의 열부하

$WZO$ ,  $WLO$  : 실온습도변동의 가중계수

$T_B$ ,  $X_B$  : 기준온습도

$G_{ARM}$  : 토출풍량

$T^*$ ,  $X^*$  : 토출온습도(과부하시)

$\Delta T_{SF}$  : 급기팬에 의한 온도상승

$Q_{URM}$  : 2차 유닛풍량

$T_{UT3}$ ,  $X_{UT3}$  : 2차 유닛토출온습도

2차 유닛항이 인입된 것은 유닛에 제습이 있을 때에 이것을 보상하도록 1차공조기에 가습할 필요가 있기 때문이다. 단, 이 단계에서는 2차 유닛의 운전상태는 알 수 없으므로 앞의 단계 값을 사용한다.

② 실의 상대습도

$RH_{RM}^*$ 가 설정값  $RH_d$ 와 동등하게 되도록 토출온습도  $T^*$ ,  $X^*$ 를 정하는게 좋다. 단, 토출온도 $T^*$ 는 증기분무라면,  $T_{AC2}^* + \Delta T_{SF}$  ( $\Delta T_{SF}$  : 급기팬에 의한 온도상승)와 동등하며, 물분무에서는 가습이 결정되지 않는한 정할 수 없다.  $T^*$ ,  $X^*$ 는 그림 3.3.32

에 나타난 것과 같이, 가습이 없는 토출상태(①점)와 가습한계까지 가습한 상태(②점)과의 사이에 있으므로, 반복법에 의해  $T^*$ ,  $X^*$ 의 값을 구한다.

㉑ 가습이 없는 상태에서 식(3.3.220) ~ 식(3.3.222)에 의해 실의 상대습도  $RH_1$ 을 구한다.

$$T^* = T_1 = T_{AC2}^* \quad (3.3.223)$$

$$X^* = X_1 = X_{AC2}^* \quad (3.3.224)$$

$RH_1 \geq RH_D$  일 경우는 가습이 불필요

$RH_1 < RH_D$  일 경우는 가습이 필요

㉒ 가습한계까지 가습해서, 실의 상대습도  $RH_2$ 를 계산한다.

$$T^* = T_2 = PSY(H_{AC2}^*, RHS) \quad (3.3.225)$$

$$X^* = X_1 = PSY(T_2, H_{AC2}^*) \quad (3.3.226)$$

$RH_2 \leq RH_D$  일 때에,  $T_2$ ,  $X_2$ 를 가습점  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ 로 선택한다.

$RH_2 > RH_D$  일 때에, 가습점은  $T_1$ ,  $X_1$ (점)과  $T_2$ ,  $X_2$ (점) 사이에 있다.

㉓ 비열보간으로 토출온도를 수정한다.

$$T^* = T_3 = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot (RH_D - RH_1)/(RH_2 - RH_1) \quad (3.3.227)$$

$$X^* = X_3 = X_1 + (X_2 - X_1) \cdot (RH_D - RH_1)/(RH_2 - RH_1) \quad (3.3.228)$$

㉔ 실의 상대습도  $RH_3$ 을 구한다.

$RH_3 \approx RH_D$  일 경우는  $T_3$ ,  $X_3$ 을 가습점  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ 로 선택한다.



$RH_1 > RH_d$  일 경우는  $T_2 = T_3$ ,  $X_2 = X_3$ ,  $RH_2 = RH_3$ 로 대치한다.

$RH_1 < RH_d$  일 경우는  $T_1 = T_3$ ,  $X_1 = X_3$ ,  $RH_1 = RH_3$ 로 대치한다.

Ⓞ으로 되돌아감,  $T^*$ ,  $X^*$ 를 최대 2회까지 반복해서 수정한다.

### (7) 실내 유닛의 계산

계산 알고리즘, 특히 코일주위의 계산법은 일반적인 공조기와 동일하다.

실내 유닛이 공조기 계산과 다른 점은 다음과 같다.

- ① 실과 유닛이 1대1로 대응한다. 따라서, 유닛은 하나의 실에 대해서 개별적으로 계산한다.
- ② 실의 온도를 개별적으로 제어한다.
- ③ 가습이 없는 점이 공조기와 다르다.
- ④ 병용시스템에서는 공조기에 부하처리의 우선권이 있으며, 유닛은 2차적으로 과부족 부하를 처리한다.
- ⑤ 유닛의 팬에 의한 발열은 무시한다.

#### (가) 목표취출공기온도 계산

FCU(팬 코일 유닛)와 HPU(유닛형 HEAT 펌프)의 경우, 1차공조기(만약 있으면)가 처리한 열량을 제외한 과부족열량이 처리대상이 된다. 따라서, 목표취출공기온도는 식(3.3.106)을  $T_{Ur2}$ 에 대하여 구하는 해는 다음과 같다.

$$T_{Ur2} = T_d - \{Q_s + WZ0 \cdot (T_b - T_d) - CP_s \cdot G_A \cdot (T_d - T_{Ac3})\} / (CP_s \cdot G_U) \quad (3.3.229)$$

여기서,  $T_{Ur2}$  : 유닛의 목표취출공기온도

$G_U$  : 유닛의 풍량

$Q_s$  : 실의 열부하

$T_d$  : 실의 설정온도

$G_A$  : 1차 공조기의 풍량

$T_{AC}$  : 1차 공조기의 취출온도

TRH(Terminal Reheat)의 경우도 과부족열량을 처리하므로, 취출풍량이 1차공조기의 취출풍량  $G_A$ 와 공통이며, 그것을 재가열 함에 따라 다음 식(3.3.230)로 계산된다.

$$T_{UT2} = T_d - (Q_s + WZO \cdot (T_B - T_d)) / \{CPs \cdot G_A\} \quad (3.3.230)$$

여기서,  $T_{UT2} \leq T_{AC3}$ 로 되면, 1차공조기만으로 부하를 처리할 수 있음을 나타낸다.

(나) 코일 입구공기의 온습도

FCU, HPU의 경우는 실내온습도가 직접 코일의 입구공기로 된다.

$$T_{UT1} = T_{RM}, \quad X_{UT1} = X_{RM} \quad (3.3.231)$$

여기서,  $T_{RM}$ ,  $X_{RM}$  : 실내온습도 (전단계의 값)

TRH의 경우는 1차공조기의 취출온습도( $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ )가 코일입구공기로 된다.

$$T_{UT1} = T_{AC3}, \quad X_{UT1} = X_{AC3} \quad (3.3.232)$$

(다) 과부하의 판정

코일출입구의 공기조건이 결정된 이후의 계산은 FCU, TRH와 CAV, HPU는 PACKAGE AIRCON과 같다.

(8) 환기운전시 반복계산 없이 해를 구하는 알고리즘

(가) 반복계산 없는 해의 조건

냉난방운전시에 반복법으로 해를 구하는 것은 부득이하며, 환기운전시에 실내의 상태에 따른 실온습도를 반복계산으로 구하면 반복회수가 상당히 많아진다.

환기 운전시에는 실과 공조기는 밀접히 연결되어 있으며, 상류기기와는 열결되어 있지 않으므로, 반복 계산함이 없이 실과 공조기의 해가 구해지는 경우가 있다.

반복계산 없이 구하는 것은 다음의 조건을 완전히 만족하는 경우이다.

① CAV, PAC 형의 공조기(VAV 경우는 풍량이 변하므로, 반복법으로 해를 얻을 수 없다)

② 코일의 운전 모드가 완전히 OFF의 환기운전시(가습도 OFF이어야 한다.)

③ 1차공조기 + 2차유닛의 경우는 2차유닛도 OFF 이어야 한다.

(2차유닛이 ON의 경우는 종래의 반복법으로 구한다.)

이러한 계산법은 DD에도 사용할 수 있다. DD 환기의 경우는 냉풍과 온풍의 구별이 없다. 외기도입에 대해서는 minOA외에 전열교환기, maxOA 일지라도 상관없다. 또, 전열교환기, maxOA는 비례제어도 가능하다.

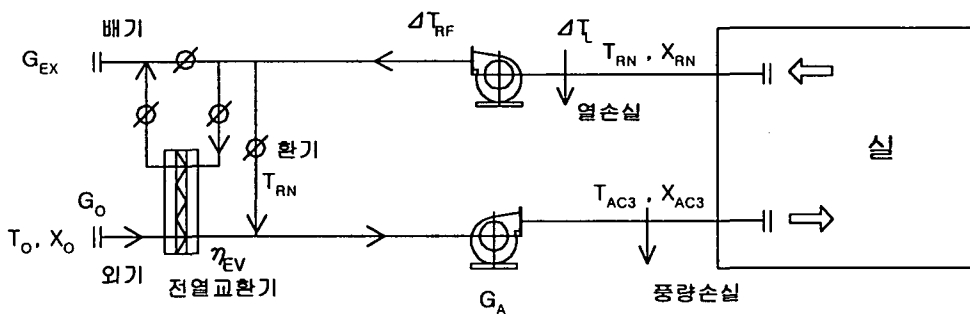


그림 3.3.33 환기운전시의 실과 공조기

(나) 기본식

실과 공조기의 흐름에 따른 기본식을 배열하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{실내온도} \quad T_{RMi} = & \{ Q_{Si} + WZO_i \cdot T_B + CPS \cdot G_{ARMi} \cdot T_{AC3} \} \\
 & / \{ WZO_i + CPS \cdot G_{ARMi} \} \quad (3.3.233)
 \end{aligned}$$

$$\text{실내습도} \quad X_{RMi} = \frac{\{Q_{Li} + WLO_i \cdot X_B + CPL \cdot G_{ARMi} \cdot X_{AC3}\}}{\{WLO_i + CPs \cdot G_{ARMi}\}} \quad (3.3.234)$$

$$\text{환기온도} \quad T_{RN} = \sum \{T_{RMi} \cdot G_{ARMi} \cdot m_i\} / G_A \quad (3.3.235)$$

$$\text{환기습도} \quad X_{RN} = \sum \{X_{RMi} \cdot G_{ARMi} \cdot m_i\} / G_A \quad (3.3.236)$$

$$\text{환기팬} \quad \Delta T_{RF} = P_{RF} \cdot 1000 \cdot \phi_{RF} / \{CPs \cdot G_{RF}\} \quad (3.3.237)$$

$$\text{배기팬} \quad \Delta T_{EX} = P_{EX} \cdot 1000 \cdot \phi_{EX} / \{CPs \cdot G_{EX}\} \quad (3.3.238)$$

$$\text{외기팬} \quad \Delta T_{OF} = P_{OF} \cdot 1000 \cdot \phi_{OF} / \{CPs \cdot G_O\} \quad (3.3.239)$$

$$\text{급기팬} \quad \Delta T_{SF} = P_{SF} \cdot 1000 \cdot \phi_{SF} / \{CPs \cdot G_A \cdot (1 + \phi_{LK})\} \quad (3.3.240)$$

$$\text{덕트열손실} \quad \Delta T_L = \{T_A - (T_{AC3} + T_{RN}) / 2\} \cdot \phi_{TL} \quad (3.3.241)$$

$$\text{환기온도수정} \quad T_{RN} = T_{RN} + \Delta T_L + \Delta T_{RF} \quad (3.3.242)$$

$$\text{전열교환기출구} \quad T_0' = (T_{RN}' + \Delta T_{EX}) \cdot \eta_{EV} + (1 - \eta_{EV}) \cdot (T_0 + \Delta T_{OF}) \quad (3.3.243)$$

$$X_0' = X_{RN} \cdot \eta_{EV} + (1 - \eta_{EV}) \cdot X_0 \quad (3.3.244)$$

$$\text{공조기입구온도} \quad T_{AC1} = \{(G_A - G_0) \cdot T_{RN}' + G_0 \cdot T_0'\} / G_A \quad (3.3.245)$$

$$\text{취출온도} \quad T_{AC3} = T_{AC1} + \Delta T_{SF} \quad (3.3.246)$$

$$\text{취출습도} \quad X_{AC3} = \{(G_A - G_0) \cdot X_{RN}' + G_0 \cdot X_0'\} / G_A \quad (3.3.247)$$

여기서,  $i$  : 실번호,  $m_i$  : 실배수,  $Q_s, Q_L$  : 열부하

WZO · WLO : 실온 · 습도의 가중계수

G<sub>A</sub>, G<sub>0</sub>, G<sub>RF</sub>, G<sub>ARMi</sub> : 공조기취출풍량, 외기량, 환기팬풍량,  
실내취출풍량

P<sub>SF</sub>, P<sub>RF</sub>, P<sub>OF</sub>, P<sub>EX</sub> : 급기 · 환기 · 외기 · 배기의 각팬의 정격입력

φ<sub>SF</sub>, φ<sub>RF</sub>, φ<sub>OF</sub>, φ<sub>EX</sub> : 급기 · 환기 · 외기 · 배기의 각팬의

발열비열

φ<sub>TL</sub> : 덕트온도강하율, φ<sub>LK</sub> : 풍량누설비율,

η<sub>EV</sub> : 전열교환기비율, T<sub>0</sub>, X<sub>0</sub> : 외기온도 · 습도,

T<sub>A</sub> : 주위온도, T<sub>B</sub>, X<sub>B</sub> : 기준온도 · 습도

이 중에서 i, m<sub>i</sub>, Q<sub>S</sub>, Q<sub>L</sub>, WZO, WLO, CP<sub>S</sub>, CP<sub>L</sub>, ρ, G<sub>ARMi</sub>, G<sub>A</sub>(=ΣG<sub>ARMi</sub>), T<sub>0</sub>, X<sub>0</sub>, T<sub>B</sub>, X<sub>B</sub>, T<sub>A</sub>, φ<sub>TL</sub>, φ<sub>LK</sub>, φ<sub>SF</sub>, φ<sub>RF</sub>, φ<sub>OF</sub>, φ<sub>EX</sub>, ΔT<sub>SF</sub>, ΔT<sub>RF</sub>, ΔT<sub>OF</sub>, ΔT<sub>EX</sub>, P<sub>SF</sub>, P<sub>RF</sub>, P<sub>OF</sub>, P<sub>EX</sub>는 정수이며, T<sub>AC3</sub>, X<sub>AC3</sub>은 미지수이고, G<sub>0</sub>, η<sub>EV</sub>는 정수이나 비례제어 할 경우는 변수가 된다.

(다) 열평형을 얻기 위한 취출공기 온습도의 해

식(3.3.233) ~ 식(3.3.247)을 구해서 실의 온습도평균을 얻기 위해 필요한 공조기의 취출온습도 T<sub>AC3</sub>, X<sub>AC3</sub>를 구한다.

$$T_{AC3} = \{G_A(\Phi 0 + \Delta T_{SF}) + G_0(1 - \eta_{EV}) \cdot (T_0 + \Delta T_{OF} - \Phi 0) + G_0 \cdot \eta_{EV} \cdot \Delta T_{EX}\} / \{G_A(1 - \Phi 1) + G_0(1 - \eta_{EV}) \cdot \Phi 1\} \quad (3.3.248)$$

$$X_{AC3} = \{G_A \cdot \Psi 0 + G_0(1 - \eta_{EV})(X_0 - \Psi 0)\} / \{G_A(1 - \Psi 1) + G_0(1 - \eta_{EV}) \cdot \Psi 1\} \quad (3.3.249)$$

단, 정수를 다음과 같이 정의한다.

$$\Phi 1' = \sum \{m_i \cdot G_{ARMi2} / (WZO_i + CP_S \cdot G_{ARMi})\} \cdot CP_S / G_A$$

$$\Phi 0' = \sum \{m_i \cdot G_{ARMi} \cdot (Q_{S_i} + WZO_i \cdot T_B) / (WZO_i + CP_S \cdot G_{ARMi})\} / G_A$$

$$\Phi 1 = (1 - \phi T_L/2) \cdot \Phi 1' - \phi T_L/2$$

$$\Phi 0 = (1 - \phi T_L/2) \cdot \Phi 0' + \phi T_L \cdot T_A + \Delta T_{RF}$$

$$\Psi 1 = \sum \{m_i \cdot G_{ARMi2} / (WLO_i + CPL \cdot G_{ARMi})\} \cdot CPL / G_A$$

$$\Psi 0 = \sum \{m_i \cdot G_{ARMi} \cdot (Q_{Li} + WLO_i \cdot X_B) / (WLO_i + CPL \cdot G_{ARMi})\} / G_A$$

(라) 환기운전시에 전열교환기를 비례제어하는 경우

비례제어시의 전열교환기출구공기의 목표값은 (다. (2) )의 방법으로 구한 공조기의 목표값이 있으며, 제어 모드에 의한 온도 또는 습도, 엔탈피의 어느 것이나 선택한다. 비례제어할 때, 전열교환기효율의 변화범위 0~ $\eta_{EV}$ (정격치) 중에 실의 온습도평균을 얻기 위한 전열교환기의 효율  $\eta_{EV}$ 를 다음 순서로 계산한다.

① 효율을  $\eta_{EV}^* = \eta_{EV}$ (정격치)로 가정

식(3.3.248) ~ 식(3.3.249)에 의해  $T_{AC3}^*$  또는,  $X_{AC3}^*$ 를 계산

엔탈피는  $H_{AC3}^* = PSY(T_{AC3}^*, X_{AC3}^*)$

② 효율을  $\eta_{EV}^* = 0$

식(3.3.248) ~ 식(3.3.249)에 의해,  $T_{AC3}$  또는,  $X_{AC3}$ 을 계산

엔탈피  $H_{AC3} = PSY(T_{AC3}, X_{AC3})$

③  $k = (T - T_{AC3}) / (T_{AC3}^* - T_{AC3})$

또는  $k = (X - X_{AC3}) / (X_{AC3}^* - X_{AC3})$

$k = (H - H_{AC3}) / (H_{AC3}^* - H_{AC3})$

단, k의 식은 제어방식에 의한다.

-  $k \leq 0$  일 때

효율  $\eta_{EV}^* = 0$ , 취출조건  $T_{AC3}, X_{AC3}, H_{AC3}$

-  $k \geq 1$  일 때

효율  $\eta_{EV}^* = \eta_{EV}$ , 취출조건  $T_{AC3}^*, X_{AC3}^*, H_{AC3}^*$

-  $0 < k < 1$  일 때

비례제어가 가능  $\rightarrow$  라)로 이동

④ 목표값 실현 가능

식(3.3.448) 또는 식(3.3.449)의 효율  $\eta_{EV}$ 에 대한 해와 계수를 다음과 같이 놓는다.

$$C1 = \{G_A \cdot (\Phi_0 + \Delta T_{SF}) + G_0 \cdot (T_0 + \Delta T_{OF} - \Phi_0)\}$$

$$C2 = G_0 \cdot (T_0 + \Delta T_{OF} - \Phi_0 + \Delta T_{EX})$$

$$C3 = \{G_A \cdot (1 - \Phi_1) + G_0 \cdot \Phi_1\}$$

$$C4 = G_0 \cdot \Phi_1,$$

$$C5 = \{G_A \cdot \Psi_0 + G_0(X_0 - \Psi_0)\}$$

$$C6 = G_0 \cdot (X_0 - \Psi_0)$$

$$C7 = \{G_A \cdot (1 - \Psi_1) + G_0 \cdot \Psi_1\}$$

$$C8 = G_0 \cdot \Psi_1$$

㉑ 온도로 제어할 경우

식(3.3.248)에 있어서  $T_{AC3}$ 에  $X$ 를 대입, 효율  $\eta_{EV}$ 에 대한 해를 구한다.

$$\eta_{EV} = (C3 \cdot T - C1) / (C4 \cdot T - C2) \quad (3.3.250)$$

㉒ 습도로 제어할 경우

식(3.3.249)에 있어서  $X_{AC3}$ 에  $X$ 를 대입, 효율  $\eta_{EV}$ 에 대한 해를 구한다.

$$\eta_{EV} = (C7 \cdot X - C5) / (C8 \cdot X - C6) \quad (3.3.251)$$

㉓ 엔탈피로 제어할 경우

식(3.3.248)과 식(3.3.249)를 연립하여 해를 구한다.

엔탈피를  $H = (C_{Ps} \cdot T + C_{PL} \cdot X) / \rho$ 로서 선형화 함으로  $\{C_{Ps} \cdot \text{식}(3.3.248) + C_{PL} \cdot \text{식}(3.3.249)\} / \rho$ 로서, 좌변이 엔탈피가 되도록 식(3.3.251)을 유도, 좌변에 목표값  $H$ 를 대입한 효율  $\eta_{EV}$ 에 대한 해를 구한다.

$$H = \{CPS \cdot (C1 - C2 \cdot \eta_{EV})\} / \{\rho \cdot (C3 - C4 \cdot \eta_{EV})\} + \{CPL \cdot (C5 - C6 \cdot \eta_{EV})\} / \{\rho \cdot (C7 - C8 \cdot \eta_{EV})\} \quad (3.3.252)$$

$$a = \rho \cdot H \cdot C4 \cdot C8 - CPS \cdot C2 \cdot C8 - CPL \cdot C4 \cdot C6$$

$$b = \rho \cdot H \cdot (C3 \cdot C8 + C4 \cdot C7) - CPS \cdot (C1 \cdot C8 + C2 \cdot C7) - CPL \cdot (C3 \cdot C6 + C4 \cdot C5)$$

$$c = \rho \cdot H \cdot C3 \cdot C7 - CPS \cdot C1 \cdot C7 - CPL \cdot C3 \cdot C5$$

$$a \cdot \eta_{EV}^2 - b \cdot \eta_{EV} + c = 0$$

$$\eta_{EV} = \{b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}\} / \{2a\} \quad (3.3.253)$$

(마) 환기운전시에 외기량을 비례제어 하는 경우

도입외기량  $G_0$ 는  $\min OA \sim \max OA (=G_A)$ 의 범위에서 변화한다. 비례제어시의 목표값은 제III.2장의 방법으로 구한 공조기의 목표값이 있으며, 제어 모드에 의한 온도 또는 습도, 엔탈피의 어느 것이나 선택한다.

비례제어를 할 때, 실의 온습도에 평형하는(실내온습도를 유지하는) 외기량을 다음의 순서로 구한다. 또한, 외기량을 비례제어 할 경우 전열교환기는 OFF가 되므로  $\eta_{EV}=0$ ,  $\Delta T_{OF}=0$  이다.

① 외기량을  $G_0=G_A$  로 하면

$$T_{AC3}^* = T_0 + \Delta T_{SF},$$

$$X_{AC3}^* = X_0$$

$$H_{AC3}^* = H_0$$

② 외기량을  $G_0=\min OA$ 로 하면

식(3.3.248) 및 식(3.3.249)에 의해,  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ 를 계산한다.

$$\textcircled{3} k = (T - T_{AC3}) / (T_{AC3}^* - T_{AC3})$$

$$k = (X - X_{AC3}) / (X_{AC3}^* - X_{AC3}),$$

$$k = (H - H_{AC3}) / (H_{AC3}^* - H_{AC3})$$



단,  $k$ 의 식은 제어방식에 의한다.

-  $k \leq 0$  일 때, 효율

$G_0 = \min. 0A$ , 취출조건은  $T_{AC3}$ ,  $X_{AC3}$ ,  $H_{AC3}$ 로 된다.

-  $k \geq 1$  일 때, 효율

$G_0 = G_A$ , 취출조건은  $T_{AC3}^*$ ,  $X_{AC3}^*$ ,  $H_{AC3}^*$ 로 된다.

-  $0 < k < 1$  일 때, 비례제어가 가능  $\rightarrow$  라)로 이동

④ 목표값 실현 가능

식(3.3.248) 또는 식(3.3.249)의 외기량  $G_0$ 에 대한 해를 구하고 다음의 계수를 대입한다.

$$C1 = \{G_A \cdot (\Phi_0 + \Delta T_{SF})\}$$

$$C2 = \Phi_0 + T_0$$

$$C3 = G_A \cdot (1 - \Phi_1)$$

$$C4 = -\Phi_1$$

$$C5 = G_A \cdot \Psi_0$$

$$C6 = \Psi_0 - X_0$$

$$C7 = G_A \cdot (1 - \Psi_1)$$

$$C8 = -\Psi_1$$

㉞ 온도로 제어할 경우

식(3.3.248)에 있어서  $T_{AC3}$ 에  $T$ 를 대입

$$G_0 = (C3 \cdot T - C1) / (C4 \cdot T - C2) \quad (3.3.254)$$

㉞ 습도로 제어할 경우

식(3.3.249)에 있어서  $X_{AC3}$ 에  $X$ 를 대입

$$G_0 = (C7 \cdot X - C5) / (C8 \cdot X - C6) \quad (3.3.255)$$

㉔ 엔탈피로 제어할 경우

식(3.3.248)과 식(3.3.249)를 연립한 해

{CPs · 식(3.3.248)+CP<sub>L</sub> · 식(3.3.249)} / ρ로서 식(3.3.256)을 유도해 좌변에 목표값 H를 대입하여 해를 구한다.

$$H = \{CP_s \cdot (C_1 - C_2 \cdot G_0)\} / \{\rho \cdot (C_3 - C_4 \cdot G_0)\} + \{CP_L \cdot (C_5 - C_6 \cdot G_0)\} / \{\rho \cdot (C_7 - C_8 \cdot G_0)\} \quad (3.3.256)$$

여기서,

$$a = \rho \cdot H \cdot C_4 \cdot C_8 - CP_s \cdot C_2 \cdot C_8 - CP_L \cdot C_4 \cdot C_6$$

$$b = \rho \cdot H \cdot (C_3 \cdot C_8 + C_4 \cdot C_7) - CP_s \cdot (C_1 \cdot C_8 + C_2 \cdot C_7) - CP_L \cdot (C_3 \cdot C_6 + C_4 \cdot C_5)$$

$$c = \rho \cdot H \cdot C_3 \cdot C_7 - CP_s \cdot C_1 \cdot C_7 - CP_L \cdot C_3 \cdot C_5$$

$$a \cdot G_0^2 - b \cdot G_0 + c = 0$$

$$G_0 = \{b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}\} / \{2a\} \quad (3.3.257)$$

(바) 건코일 일 경우의 실내 습도

냉방운전중에 있어서도 건코일의 경우 혹은 가열코일로 가습이 없는 경우는 취출 습도를 제어 할 수 없는 상태가 된다. 이러한 상태로 실의 습도가 평형상태가 될 때까지를 반복법으로 구하면 반복회수가 대단히 많아지게 된다.

이러한 경우 습도의 평형상태는 환기운전의 경우와 같은 방법으로 구할 수 있다.

이 계산의 단계에서는 완전히 결정된 값을 사용하므로 CAV TYPE의 공조기에 국한되지 않고 VAV의 경우도 적용할 수 있다. 또, DD에도 적용할 수 있다.

DD환기의 경우는 냉풍과 온풍의 취출습도가 같게 된다.

단, 2차유닛이 운전되는 경우는 반복계산법으로 구한다.

취출온도 T<sub>Ac3</sub> 는 코일의 계산종료값을 나타내므로 식(3.3.249)의 습도에 대해서만 구하면, 취출습도 X<sub>Ac3</sub>이 얻어진다.

단, 냉각코일이 건코일인 것을 전제함으로서 가열점의 습도 X<sub>Ac3</sub>이 습코일로 변하는 한계습도 X<sub>AcS</sub>를 초과할 경우, 즉, X<sub>Ac3</sub> > X<sub>AcS</sub>의 경우는, X<sub>Ac3</sub> = X<sub>AcS</sub>로 대치한다. 습

코일에 의해 변한 한계습도  $X_{ACS}$ 는 코일입구온습도를  $T_{AC1}$ ,  $X_{AC1}$ 으로 하여 계산하면

① 냉수코일의 경우

$$X_{ACS} = PSY(T_{AC3}, RHS)$$

단, RHS : 건습코일 경계상대습도

② 직접팽창코일의 경우

$$EDP = (T_{AC3} - T_{AC1} \cdot BF) / (1 - BF)$$

단, EDP : 장치노점온도

BF : BYPASS FACTOR

$$X_{ACS} = PSY(EDP, RH)$$

단, RH = 100%

취출습도의 하한값은 가습분사의 유무에 의한다. 가습분사가 없는 경우는 식 (3.3.249)의 해가 그대로 사용되며, 가습분사를 가지는 경우는 상태에 따라서 가습의 가능성이 있으므로 가습전의 상태  $X_{AC2}$ 가 하한치이다.  $X_{AC3} < X_{AC2}$ 의 경우는  $X_{AC3} = X_{AC2}$ 로 대체된다.

### 3. 열원장치 및 기타기기 알고리즘 개발

#### 가. 열원군 계산 알고리즘

##### (1) 열원군

복수기기의 집합을 군이라 불리며 제어의 단위이다. 군중에 이종의 특성이 다른 기기가 혼재해도 상관없다. 열원군에 있어서 대수제어, 열회수, 헤더 바이패스 계

산을 한다.

## (2) 하류의 열부하

하류에서의 열부하는 반송계를 거쳐서 전달된다. 복수의 하류는 운전모드와 열량에 따라서 냉방과 난방부하로 나누어진다. 하류 운전모드의 지표 IWT(k) (k : 하류계통번호)를 구별하여 판별한다. 지표 IWT의 16위(16진수)의 값이 하류의 수준(LEVEL)을 나타내고, 1위의 값이 모드를 나타낸다.

IWT의 16위, 0 : 정지

1 : CLOSE, 즉 공조기 또는 유닛

2 : OPEN, 즉 축열조

IWT의 1위, 0 : 정지, 1 : 냉방

2 : 난방, 3 : 냉방과 난방의 혼재

CLOSE의 경우 하나의 하류계통 내에서 냉방과 난방이 혼재하는 경우이다. (예를 들면, HPU가 하류에 있을 때) 이 때는 냉방, 난방부하의 차이가 정보로서 전달되므로, 부하의 부호(냉방은 + 값, 난방은 - 값을 가짐)를 보고 부하를 얻는 쪽의 운전모드로 할당된다.

OPEN의 경우, IWT의 16위의 값이 0으로 1위의 값이 1 또는 2 일 때는 대기(STAND-BY) 상태이며, 규정 축열조가 열회수로 받아들일 수 있는 가능한 상태를 나타낸다.

하류계통에서 환수온도와 유량을 냉방·난방 모드별로 받아들인다. OPEN의 경우는 모드마다 하나의 계통에 국한되어 있으므로,

$$G_w = G_{wTK} \quad (3.3.258)$$

$$T_{w2} = T_{w2K} \quad (3.3.259)$$

여기서, K : 계수,  $G_w$  : 유량,  $T_{w2}$  : 환수온도

CLOSE의 경우는 복수의 하류계통과 접속하므로, 온도는 평균하고 유량은 합계한다.

$$G_w = \sum G_{wTK} \quad (3.3.260)$$

$$T_{w2} = \sum \{T_{wTK} \cdot G_{wTK}\} / \sum G_{wTK} \quad (3.3.261)$$

유량과 온도는 각각의 냉방 모드별로 구하므로,  $T_{w2}\langle C \rangle$ ,  $G_w\langle C \rangle$ ,  $T_{w2}\langle H \rangle$ ,  $G_w\langle H \rangle$ 가 결정된다. 또한, 동일 모드에서는 OPEN과 CLOSE를 혼합 할 수 없으며, 모드가 다르면 하나의 열원군에 OPEN과 CLOSE를 접속할 수 있다.

### (3) 열원군의 운전 모드 결정

군의 운전 모드에는 C, H, CH 또는 HC, CHR(냉방주체의 열회수), HCR(난방주체의 열회수)가 있으며, 하류의 열부하와 조합해서, 실제의 운전 모드를 결정한다. 냉방 또는 난방의 운전은 하류의 부하요구가 있는 모드에 대해서만 운전한다. 하류의 부하요구가 없는 모드에 대해서는 운전하지 않는다.

열회수는 다음의 조건을 완전히 만족할 경우로서, 통상의 냉난방에 우선한다.

- ① 군의 운전 모드가 CHR 또는 HCR이 선택되고 있다.
- ② 주 모드의 요구부하가 있다.
- ③ 종 모드의 요구부하가 있다.

상기의 조건에서, ①과 ②가 만족되고 ③의 조건이 갖추어 지지 않을 때는 열회수 기기는 주 모드의 전용운전으로 전환된다. 단, OPEN계가 대기(STAND-BY)상태일 때는, ①과 ②의 조건이 있으면, 열회수가 가능하므로, 축열계통의 펌프 지표를 가동 상태로 전환한다. ②의 조건이 없을 때는 열회수 기기는 운전할 수 없다.

열회수의 경우는 계산순서가 중요하며, CHR 모드(냉방주체의 열회수)에서는 냉방의 계산을 HCR 모드(난방주체의 열회수)에서는 난방의 계산부터 시작할 필요가 있다. 이상으로 군으로서의 계산순서와 열회수 기기의 운전모드, 냉방·난방의 수준(LEVEL)이 결정된다.

계산순서

MDG : 0=정지, 1=냉방을 우선 계산, 2=난방을 우선 계산

열회수기기의 운전모드 MDR : 0=정지, 1=냉방전용운전, 2=난방전용운전,  
 4=냉방주체의 난방열회수, 8=난방주체의 냉방열회수  
 LEVEL(냉방, 난방별로) MDC : 0=정지, 1=CLOSE운전, 2=OPEN운전  
 MDH : 0=정지, 1=CLOSE운전, 2=OPEN운전

(4) 헤더 바이패스와 기기입구 수온

하류의 유량과 1차 펌프 유량과의 차이 유량을 헤더 바이패스유량이라 한다. 바이패스는 부하가 없는 계통부터 환수로 고려되며, 그 수온은 전단계의 열원군 출구 온도로 한다.

$$G_{WG} = \sum G_{Wp_i} \quad (3.3.262)$$

$$G_{WBP} = G_{WG} - G_W \quad (3.3.263)$$

단,  $G_{WBP} \geq 0$  일때는,  $G_{WBP} = 0$ ,  $G_{WG} = G_W$ 로 대치된다.

$$T_{W2}^* = \{T_{W2} \cdot G_W + T_{W1} \cdot G_{WBP}\} / \{G_W + G_{WBP}\} \quad (3.3.264)$$

여기서,  $G_{WG}$  : 1차유량,  $G_{Wp_i}$  : 개개의 1차펌프의 유량  
 $i$  : 기기번호,  $G_W$  : 하류유량  
 $G_{WBP}$  : 바이패스유량  
 $T_{W2}^*$  : 바이패스를 포함한 환수온도  
 $T_{W2}$  : 하류의 환수온도  
 $T_{W1}$  : 열원군출구온도(전단계의 값)

1차 펌프는 열원기기와 일대일로 대응하고, 또 열원이 대수제어 할 때에는 기기와 1차 펌프의 운전은 연동하므로, 식(3.3.262)의  $\sum$ 는 운전하는 기기에 대해서 합을 의미한다. 또, 헤더 바이패스의 지정이 없을 때, 혹은 1차펌프 유량의 지정이 없을 때, 하류의 유량이 1차 펌프의 유량을 계산상 상회 할 때는 바이패스의 유량을 0으로 한다.

기기입구수온은 상기의 수온  $T_{w2}^*$  에 1차펌프의 발열을 더한 온도로 한다.  
즉,

$$T_{w3} = T_{w2}^* + \sum\{P_i \cdot 1000 \cdot \phi_{P_i}\}/G_{WG} \quad (3.3.265)$$

여기에서,  $T_{w3}$  : 기기입구수온

$P$  : 1차펌프동력 (정유량 펌프로 한다.)

$\phi P$  : 펌프의 발열비율

$i$  : 기기번호

기기입구수온은 열원군 기기의 공통온도로 한다.

#### (5) 열원군에서 처리해야할 부하량

열원군에서 처리해야할 부하량  $Q_R$ 은 기기입구수온을 설정수온  $T_d$ 로 하기 위한 열량이다.

$$Q_{R<C>} = G_{WG<C>} \cdot (T_{w3<C>} - T_{d<C>}) \quad (\text{냉방모드}) \quad (3.3.266)$$

$$Q_{R<H>} = G_{WG<H>} \cdot (T_{d<H>} - T_{w3<H>}) \quad (\text{난방모드}) \quad (3.3.267)$$

#### (6) 기기의 능력

기기의 최대능력 및 최대능력시의 입력값(에너지 소비량)은 입력으로 명시된 정격치를 기기특성식에서 보정한다. 즉,

$$Q_c^* = Q_c \cdot fC(T_{w3}, T_x) \quad (3.3.268)$$

$$P_c^* = P_c \cdot fP(T_{w3}, T_x) \quad (3.3.269)$$

여기에서,  $Q_c^*$  : 기기최대능력,

$Q_c$  : 기기정격능력

$fC$  : 기기능력특성,

$P_c^*$  : 기기최대입력

$P_c$  : 기기정격입력,

$fP$  : 기기입력특성

$T_{w3}$  : 기기입구수온 (하류),       $T_x$  : 상류입구온도

상류입구온도는 냉동기 일 때는 냉각수입구수온( $T_D$ )이며, 열펌프 일 때는 외기온도로 된다. 보일러에서는  $T_x$ 를 변수로서 가질 수 없다.

열회수 운전시에서는 제1변수( $T_{w3}$ )는 냉수입구온도, 제2변수( $T_x$ )는 온수입구온도이다. 단, 계산순서의 경우에 계산의 단계로 종모드의 입구수온은 확정할 수 없으므로 전단계의 값을 사용한다.

### (7) 대수제어

대수제어 할 수 없는 경우는 전기기를 병렬로 운전하며, 대수제어에서는 다음의 2조건을 만족하는 운전대수의 최소값을 나타낸다.

(가) 열원군에서 처리할 부하량  $Q_R$  을 만족하는 운전대수

$$\sum Q_{c^*i} \geq Q_R \quad (3.3.270)$$

(나) 하류유량을 만족하는 운전대수 (단, 이 조건은 옵션)

$$\sum G_{wpi} \geq G_w \quad (3.3.271)$$

여기서,  $Q_{c^*}$  : 기기능력,       $G_{wpi}$  : 1차펌프 유량,       $i$  : 기기번호

운전대수가 변화면 바이패스 유량이 변화고, 그것에 따라서 입구수온이 변화고, 기기능력이 변화함으로 식(3.3.262) ~ 식(3.3.271)를 되풀이하면 해를 구한다. 또, (나)의 조건은 1차펌프의 유량이 입력에 명시되어 있는 경우에만 적용하므로, 1차펌프의 유량이 입력에 명시되어 있지 않을 경우에, 부하와 기기능력만으로 운전대수를 결정한다. 또, OPEN계에서는 대수제어는 고려함이 없이 병렬운전을 한다. 운전의 우선순위는 입력으로 설정하며 열회수기기의 우선순위는 높고, 냉난방전용 기기는 낮다. 같은 종류의 순위에서는 입력순번이 우선 순위로 된다.



(8) 과부하 판정

$\sum Q_{c^*i} \geq Q_R$  일 때는 경부하이다.

$\sum Q_{c^*i} < Q_R$  일 때는 과부하이다.

(가) 경부하일 경우

설정온도  $T_d$ 가 실현된다. 열원출구수온은 다음 식과 같다.

$$T_{W1} = T_d \quad (3.3.272)$$

(나) 과부하일 경우

출구수온은 설정값을 유지할 수 없다. 즉,

$$T_{W1}^* = T_{W3} - \sum Q_{c^*i} / G_{WC} \quad (3.3.273)$$

(9) 에너지 소비량

과부하에서는 기기의 최대입력값이 에너지 소비량이 된다. 경부하시의 기기는 SPARE운전이 되고, 기기의 최대부하시의 입력값에 부분부하특성을 곱한 것이 그 시간의 에너지 소비량이 된다.

부하율의 고려사항은 대수제어의 방식에 따라 다르다.

(가) 대수제어 TYPE I 및 대수제어를 하지 않을 경우

대수제어 TYPE I 및 대수제어를 하지 않을 경우는 병렬 운전함으로 부하율은 기기에 공통이다. 즉,

$$\chi = Q_R / \sum Q_{c^*i} \quad (3.3.274)$$

부분부하시의 입력값(에너지 소비량) EX는,

$$EX_i = P_{c_i}^* \cdot fX(\chi) \quad (3.3.275)$$

여기에서,  $P_c^*$  : 최대입력값,  $fX$  : 부분부하특성,  $i$  : 기기번호

(나) 대수제어 TYPE II의 경우

대수제어 TYPE II의 경우는 운전대수를  $n$ 대로 하면,  $1 \sim n-1$  대까지는 FULL운전이고, 최후의 1대만이 SPARE운전이 된다, 부하율은,

$$1 \sim n-1 \text{ 대까지는 } \chi = 1 \quad (3.3.276)$$

$$\text{최후의 1대는 } \chi = \{Q_R - \sum Q_{c_i}^*\} / Q_{c_K}^* \quad (3.3.277)$$

여기서, 식(2.4.20)의  $\sum$ 는  $n-1$ 대의 합이다.  $K$  : 최후 1대의 기기번호

(다) 보조기기의 에너지 소비량

냉동기의 오일펌프, 보일러 버너, 히트펌프의 팬 등을 보조기기라 한다. 보조기기의 에너지 소비량은 부하율에 비례하는 것과 일정입력의 입력 자료로 나누어 둔다.

$$EA = P_{A1} + P_{A2} \cdot \chi \quad (3.3.278)$$

여기서,  $EA$  : 보조기기의 에너지 소비량

$P_{A1}$  : 일정입력 보조기기

$\chi$  : 부하율

$P_{A2}$  : 부하비례입력 보조기기

또, 열회수운전에서는 주모드의 부하율로 에너지 소비량을 구한다.

(다) 열회수운전

주모드<M>의 계산이 끝나고 운전상태가 결정된 시점에서 종모드<S>의 계산을 입력한다. 회수가능한 열량은 주모드의 부하에 입력값의 일부를 더한 값으로 한다.

즉,

$$Q_c\langle S \rangle : Q_c\langle M \rangle^* \cdot \chi\langle M \rangle + EX\langle M \rangle \cdot \varepsilon \cdot \phi P \quad (3.3.279)$$

여기서,  $Q_c\langle S \rangle$  : 회수가능한 열량,  $Q_c\langle M \rangle^*$  : 주 모드의 능력

$\chi\langle M \rangle$  : 주모드의 부하율,  $EX\langle M \rangle$  : 주모드의 입력(에너지량)

$\varepsilon$  : 발열량,  $\phi P$  : 입력편의 회수열량에 변환된 비율

주 모드가 난방일 때는 식(3.3.279)의 우변 제2항의 입력열은 마이너스 성분이 된다. 회수가능한 열량  $Q_c\langle M \rangle$  이 종모드의 기기 최대능력에 상당한다. 이것을 하류의 부하요구량과 비교해서 다음과 같이 처리한다.

①  $\sum Q_c\langle S \rangle, i \geq Q_R\langle S \rangle$  일 경우

열회수만으로 부하가 처리될 수 있으므로 여유열을 버려야 한다.

②  $\sum Q_c\langle S \rangle, i < Q_R\langle S \rangle$  일 경우

열회수만으로 부하가 처리될 수 없으므로, 다른기기와 병렬운전하여 부하를 처리한다.

(10) 상류에서의 요구부하

전동냉동기 및 흡수냉동기는 상류의 냉각탑에 냉각부하를 요구한다.

요구하는 냉각부하는 기기로 처리된 냉각부하와 입력의 일부이다. 비열을 열회수할 때는 회수열량을 뺀 열량으로 한다.

$$Q_{cd} = \{Q_c^* \cdot \chi\langle C \rangle + EX \cdot \varepsilon \cdot \phi P\} \cdot (1 - \chi\langle H \rangle) \quad (3.3.280)$$

여기서,  $Q_{cd}$  : 요구하는 냉각부하,  $Q_c^*$  : 냉방능력

$\chi\langle C \rangle$  : 냉방의 부하율,  $EX$  : 입력

$\varepsilon$  : 발열량,

$\phi P$  : 입력시 냉각부하로 되는 비율

(전동냉동기 때에는 전동기효율로 한다.)

$\chi\langle H \rangle$  : 열회수의 회수율 (부하율, 열회수 하지않을 때는 = 0)

### (11) 열원군의 직렬 운전

공통의 하류접속계통을 가지면 직렬접속이 가능하다. 계산방법은 1차 열원군과 2차 열원군이 기본적으로는 같다.

1차 열원군이 하류계통으로부터 유량과 환수온도의 정보를 받는 것에 대해서 2차 열원군은 우선 계산된 1차열원군의 출구온도를 환수온도로써 받아들이는 점만이 다르다.

### (12) 흡수냉동기의 냉온 동시취출한 경우의 특례

냉온동시취출은 입력상에서는 열회수 모드로 지정하며, 열회수에서는 없다.

하나의 가열원 능력의 범위에서 냉방과 난방의 양방을 처리하는 것이며, 양방의 부하율의 합은 100%를 초과할 수 없다.

계산은 우선 주모드의 부하를 처리하고, 나머지 여력을 종모드에 사용한다.

주모드의 부하율을  $\chi\langle M \rangle$ 으로 할 때는 종모드에 남은 최대능력과 최대입력은,

$$Q_c^*\langle S \rangle = X\langle S \rangle \cdot Q_c\langle S \rangle \cdot fC(T_{w3}, T_x) \quad (3.3.281)$$

$$P_c^*\langle S \rangle = X\langle S \rangle \cdot P_c\langle S \rangle \cdot fP(T_{w3}, T_x) \quad (3.3.282)$$

$$\text{여기서, } X\langle S \rangle = 1 - 0.9 \cdot \chi\langle M \rangle \quad (3.3.283)$$

$Q_c^*\langle S \rangle$  : 종모드의 최대능력       $Q_c\langle S \rangle$  : 종모드의 정격능력

$P_c^*\langle S \rangle$  : 종모드의 최대입력       $P_c\langle S \rangle$  : 종모드의 정격입력

$fC$  : 기기의 능력특성       $fP$  : 기기의 입력특성

$\chi\langle M \rangle$  : 주모드의 부하율       $X\langle S \rangle$  : 종모드에 남겨진 능력비율

또, 식(3.3.283)은 주모드가 과부하로, 부하율이  $\chi\langle M \rangle = 1$ 의 경우에 있어서도,

종모드에 10%의 능력이 남겨지는 것을 의미한다. 이것은 기기로서의 능력을 초과하는 것이 되며, 종모드의 능력이 0이면 진행 상태가 되고, 반복계산상의 경우에 따른 편의상의 처방이다.

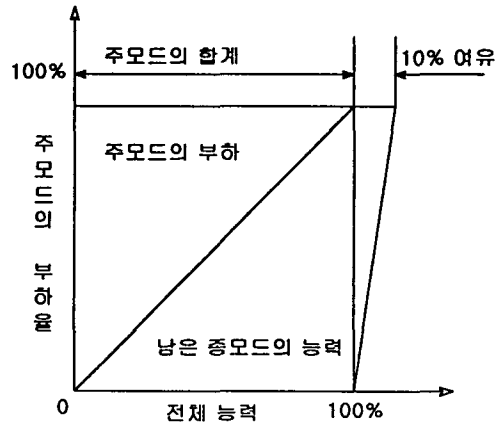


그림 3.3.34 냉온 동시취출의 능력배분

냉온 동시취출일 경우의 입력값(에너지 소비량) EX는

$$EX = P_c^* \langle M \rangle \cdot f_X \{ \chi \langle M \rangle \} + P_c^* \langle S \rangle \cdot f_X \{ \chi \langle S \rangle \} \quad (3.3.284)$$

여기에서,  $P_c^* \langle M \rangle$  : 주모드의 최대입력값,  $\chi \langle M \rangle$  : 주모드의 부하율  
 $P_c^* \langle S \rangle$  : 종모드의 최대입력값,  $\chi \langle S \rangle$  : 종모드의 부하율  
 $f_X$  : 부분부하특성

(13) 한계수온에 의한 열원출구수온의 수정

열원군의 능력이 부족하면 출구수온이 설정값을 유지 할 수 없어 변동한다. 하류의 공조기 또는 유닛장치가 충분히 크면 설정수온이 되지 않아도 부하를 충분히 처리할 수 있으며, 열원으로 큰 부하를 요구한다. 그러나, 멀지않아 부하를 처리할 수 없는 과부하로 변한다. 한편, 열원이 설정온도의 범위를 넘어서, 서서히 능력이 크게 되고, 하류의 부하요구와 균형을 이룬다. 그러나, 열원군과 하류의 능력이 상당히 불균형 일 때는 수렴에 이를 때까지 반복회수가 상당히 많아진다. 여기에, 그

림 3.3.35에 나타난 것과 같이 수렴을 빠르게 하기 위해 하류 경부하에서 과부하로 운전되는 한계온도를 초과하지 않는 범위에서 열원의 출구온도를 수정한다.

하류에 복수의 공조기나 유닛이 있을 때는 그 중에서 가장 안전치의 값이 반송계를 통해서 열원군으로 전달된다. 이것을  $T_{WL}(C)$ , 혹은,  $T_{WL}(H)$ 라 하면,

$$T_{WL}(C) = \min \{T_{WLK}\langle C \rangle\} \quad (3.3.285)$$

$$T_{WL}(H) = \max \{T_{WLK}\langle H \rangle\} \quad (3.3.286)$$

여기서,  $T_{WL}$  : 하류의 한계수온,  $K$  : 반송계통  
 $\langle C \rangle$  : 냉수,  $\langle H \rangle$  : 온수

기기의 능력특성은 온수의 함수이며 상류의 온도를 고정하면, 열원군의 능력은 하류기기의 입구수온을 변수로 하는 2차식으로 나타낸다. 즉,

$$\sum Q_{C^*i} = \sum C_0 + \sum C_1 \cdot T_{W3} + \sum C_2 \cdot T_{W3}^2 \quad (3.3.287)$$

여기서,  $\sum Q_C$  : 열원군의 최대능력,  $i$  : 기기번호  
 $T_{W3}$  : 기기입구수온,  $C_0, C_1, C_2$  : 계수

식(3.3.287) 우변의 계수는 기기능력을 계산할 때에 동시에 구한다.

식(3.3.287) 우변에 요구부하  $Q_R$ 을 대입해서 수온  $T_{W3}$ 에 대해서 답을 구하면,

$$T_{W3}^{**} = \{-C_1 \pm \sqrt{[C_1^2 - 4 \cdot C_2 \cdot (C_0 - Q_R)]} / \{2 \cdot C_2\} \quad (3.3.288)$$

여기서,  $T_{W3}^{**}$  : 한계수온에 관계하는 기기입구수온,  
 $C = \sum C_1, C_1 = \sum C_1, C_2 = \sum C_2$

또, 출구수온은,

$$T_{W1}^* = T_{W3}^{**} - \sum Q_{C^*i} / G_{WG} \quad (3.3.289)$$

$T_{w1}^*$ 가 해(A점)을 가지는 것은  $T_{w1}^*$ 가 전단계의 출구수온(C점)과 하류의 한계수온(X점) 사이에 있을 경우이다. 식(3.3.289)의  $T_{w1}^*$ 가 한계수온을 초과할 경우에는 한계수온으로 되돌아간다. (B→X점)

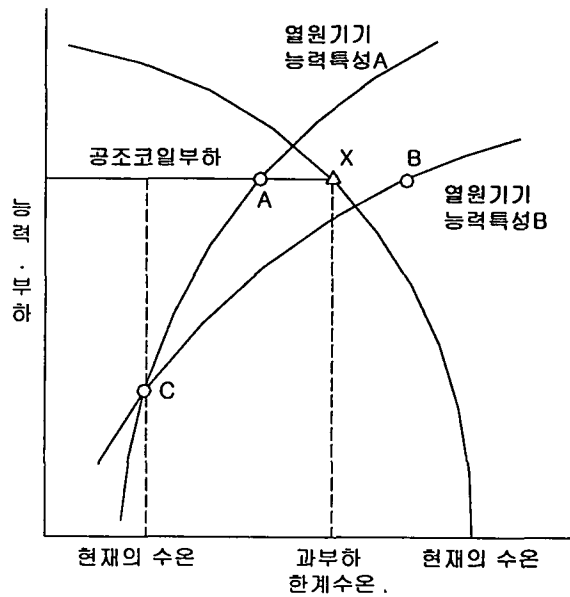


그림 3.3.35 한계수온에 의한 출구수온 수정

(14) 난방에서 펌프 발열이 부하 보다 큰 경우

하류의 난방부하 보다도 펌프 발열이 클 때는 펌프 발열만으로 난방이 가능하며, 식(3.3.267)의  $Q_R < H$ 가 부의 값이 된다.

펌프 발열은 온도와 관계가 없기 때문에 반복계산 중에 무한히 온도를 상승시킨다.

이것을 피하기 위해 열원 출구쪽에 설정온도를 부여하도록 한다.

이 경우, 하류에는 난방부하가 있으며 공급온도도 난방부하 난방온도를 요구하기 때문에 열원에서 냉방부하로는 되지 않는다.

나. 냉각탑 계산 알고리즘

(1) 기기 모델

그림 3.3.36에 나타난 습전열을 모델로 한다.

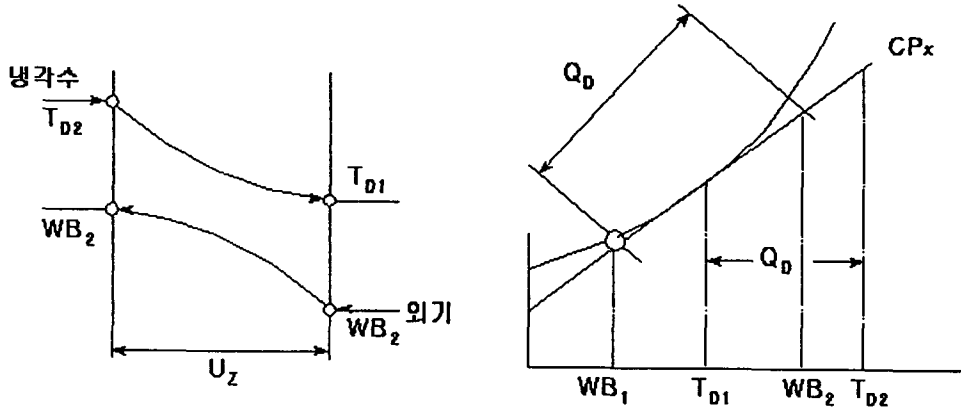


그림 3.3.36 냉각탑의 습전열 모델

기본식은 다음과 같다.

$$Q_D = \rho \cdot G_A \cdot (H_{A2} - H_{A1}) \quad (3.3.290)$$

$$= \rho \cdot CP_X \cdot G_A \cdot (WB_2 - WB_1) \quad (3.3.291)$$

$$Q_D = G_W \cdot (T_{D2} - T_{D1}) \quad (3.3.292)$$

$$Q_D = UZ \cdot ETD \quad (3.3.293)$$

$$ETD = \{T_{D2} - WB_2 - T_{D1} + WB_1\} / \text{Log}\{(T_{D2} - WB_2) / (T_{D1} - WB_1)\} \quad (3.3.294)$$

여기서, ETD : 대수평균온도차,

$WB_1, WB_2$  : 냉각탑입구 · 출구공기습구온도

$H_{A1}, H_{A2}$  :  $WB_1, WB_2$ 에 대한 포화 엔탈피,

$T_{D2}, T_{D1}$  : 냉각탑출구 · 입구수온

$G_A$  : 풍량,  $G_W$  : 유량,  $UZ$  : 습전열계수

위식은 온도영역에서 답을 구하도록 정식화한 모델이다. 식(3.3.291)의 우변 계수  $CP_X$ 는 결보기 비열(물수분비)이다.



$$CP_X = (H_{A2} - H_{A1}) / (WB_2 - WB_1) \quad (3.3.295)$$

$H_{A2}$ ,  $WB_2$ 가 함께 미지수인 경우, 상기의 연립방정식은 구할 수 없다.

여기서, 온도  $WB_1$ 에 대한  $CP_X$ 는 '6항 나'의 다항식으로 구한다.

$$CP_X = di/dt = f CP_X(WB_1) \quad (3.3.296)$$

$CP_X$ 를 온도  $WB_1$ 에 대해서 구한 것은 온도  $WB_1$  이 외기습구온도이고, 반복계산 중에 한번 구해 두면 되기 때문이다.

## (2) UZ의 값

UZ는 냉각탑의 성능을 결정하는 정수이며, 이 값을 입력으로 설정하는 것은 곤란한 경우가 많다고 생각되므로, 기기 카탈로그 등으로부터 얻은 냉각능력  $Q_D$ , 유량  $G_W$ , 풍량  $G_A$ , 외기습구온도  $WB_1$ , 냉각수입구온도  $T_{D2}$ 를 입력 자료로서, (3.3.291) ~ (3.3.296)의 연립방정식의 해에서 UZ의 값을 얻는다. 그 순서는 다음과 같다.

### (가) $WB_1$ 에 대한 $CP_X$ 계산

$$CP_X = f CP_X(WB_1) \quad (3.3.297)$$

### (나) 식(3.3.291)에 의해 $WB_2$ 계산

$$WB_2 = WB_1 + Q_D / \rho \cdot CP_X \cdot G_A \quad (3.3.298)$$

### (다) 식(3.3.292)에 의해 $T_{D1}$ 계산

$$T_{D1} = T_{D2} - Q_D / G_W \quad (3.3.299)$$

### (라) 식(3.3.294), 식(3.3.293)에 의해 ETD, UZ 계산

$$UZ = Q_D / ETD \quad (3.3.300)$$

### (3) 냉각수 입구수온

하류계통은 복수계통으로 되어 있으므로, 유량의 합  $G_W$ 와 입구수온  $T_{D2}$ 를 구한다.

$$G_W = \sum G_{WTK} \quad (3.3.301)$$

$$T_{D2} = \sum \{T_{W2K} \cdot Q_{WTK}\} / G_W \quad (3.3.302)$$

여기서,  $K$  : 하류계통번호,  $G_{WT}$  : 하류의 순환수량  
 $T_{WT2}$  : 하류의 환수온도

### (4) 냉각수 출구수온

시뮬레이션에서는  $T_{D2}$ ,  $WB_2$ ,  $Q_D$ 가 미지수이며,  $UZ$ ,  $G_W$ ,  $G_A$ ,  $T_{D2}$ ,  $WB_1$ ,  $CP_X$ 는 이미 알고 있다. (3.3.291) ~ (3.3.296)의 연립방정식의 해에서 출구수온  $T_{D1}$ 이 얻어진다.

$$T_{D1} = \{T_{D2} \cdot [G_W / (\rho \cdot CP_X \cdot G_A) - 1] + WB_1 \cdot (1 - \varepsilon)\} / \{G_W / (\rho \cdot CP_X \cdot G_A) - \varepsilon\} \quad (3.3.303)$$

$$\text{단, } \varepsilon = \exp\{UZ \cdot (\rho \cdot CP_X \cdot G_A - G_W) / (\rho \cdot CP_X \cdot G_A \cdot G_W)\} \quad (3.3.304)$$

이것은 냉각수 코일의 과부하시의 공기출구온도를 구하는 것과 같은 원리이며, 식(3.3.171)의 일반식을 사용하여도 구해진다.

### (5) 냉각탑 출구수온의 하한값

식(3.3.303)에서 얻은 출구수온  $T_{D1}$ 이 하한값  $T_{DL}$ 보다 적을 때에는 바이패스를 작동시키므로  $T_{D1}$  이하로는 출구수온이 내려갈 수 없다. 따라서 냉각탑을 통과하는 유량은  $G_W \rightarrow G_W^*$ 로 변하여 교축유량이 되므로 다음과 같이 출구수온의 하한값을 계산할 수 있다.

$$Q_D^* = G_W \cdot (T_{D2} - T_{DL}) \quad (3.3.305)$$

$$WB_2 = WB_1 + Q_D^* / (\rho \cdot CP_X \cdot G_A) \quad (3.3.306)$$

$$G_W^* = f \cdot VW\{Q_D^*, UZ, WB_1, WB_2, T_{D2}\} \quad (3.3.307)$$

#### (6) 보급수량의 계산

3가지의 계산식이 있다.

- ① 이론증발량
- ② 이론증발량 + 캐리오버
- ③ 이론증발량 + 캐리오버 + 수량

##### (가) 이론증발량의 계산

$$W1 = Q_D / HFG \quad (3.3.308)$$

여기서,  $Q_D$  : 냉각열량,  $HFG$  : 물의 증발잠열

##### (나) 이론증발량 + 캐리오버 계산

캐리오버는 순환수량에 대한 캐리오버의 비율  $\phi_{CT}$ 의 정수이다.

$$W2 = G_W^* \cdot \phi_{CT} \quad (3.3.309)$$

여기서,  $G_W^*$  : 순환수량이며, 바이패스제어할 때에는 (3.3.307)식에서 얻은 냉각탑통과수량으로 한다.  $W1+W2$ 가 보급수량이 된다.

##### (다) 이론증발량 + 캐리오버 + 수량

농축배율을  $\phi_{CD}$ 로 설정하면,

$$W3 = \{W1 + W2 \cdot (1 - \phi_{CD})\} / \{\phi_{CD} - 1\} \quad (3.3.310)$$

W3가 수량이 되고, W1+W2+W3가 보급수량이 된다.

다. 축열조 계산 알고리즘

(1) 기기 모델

축열조가 특이한 점은 그것이 내부에 큰 축열량을 가지고 있으며, 시간분할법의 순시정상과 모순하는 점이다. 열용량을 가지는 점에서는 실도 동일하며, 축열조의 경우는 조간의 흐름의 방향과 유량이 변화하므로, RF법과 같은 중첩에 의한 해법이 곤란하다. 그림 3.3.37에 나타난 것과 같이 다조의 온도성층 모델로서, 조를 하나의 격자점으로 하는 후퇴차분법에 따라서 해를 구하고 있다.

지금, 조를 등용량으로 N조로 분할, 하류에서 TK의 온도로 GK의 유량이 유입, 상류에서는 TJ의 온도에서 GJ의 유량이 유입하는 것으로 한다.

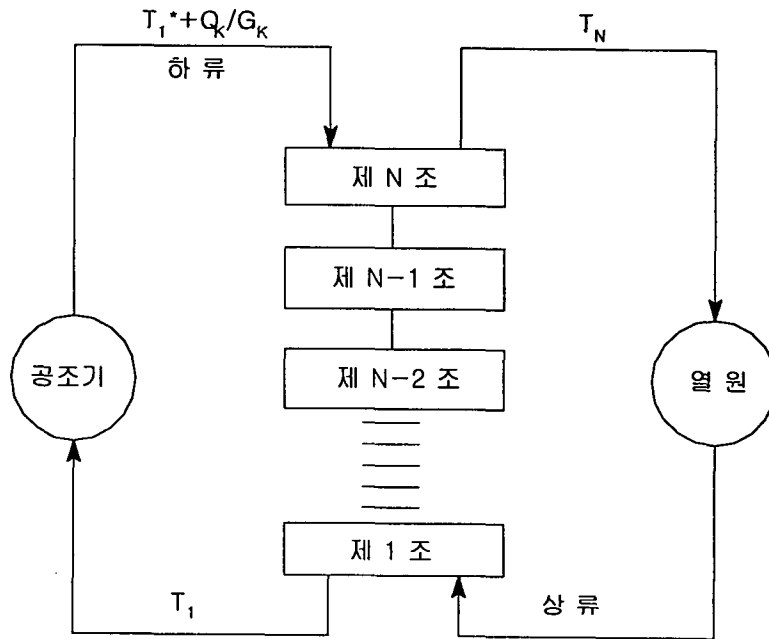


그림 3.3.37 축열조의 계산 모델

유량의 대소에 따라서, 조간의 흐름과 유량이 변한다.

$G_J \geq G_K$  일 때는  $G_X = G_J - G_K$ 가 제1조  $\rightarrow$  제N조로 흐름.

$G_J < G_K$  일 때는  $G_X = G_K - G_J$ 가 제N조  $\rightarrow$  제1조로 흐름.

$G_J \geq G_K$ 의 경우에도,  $G_J < G_K$ 의 경우에도, 흐름의 방향이 다를 뿐 계산원리는 같으므로,  $G_J < G_K$ 의 경우를 예를 통하여 고려한다.

각 조의 연립방정식은 다음과 같다.

$$\text{제N조} \quad V \cdot dT_N/d\tau = G_K \cdot (T_K - T_N) + UA \cdot (T_A - T_N) \quad (3.3.311)$$

$$\text{제i조} \quad V \cdot dT_i/d\tau = G_X \cdot (T_{i+1} - T_i) + UA \cdot (T_A - T_i) \quad (3.3.312)$$

$$\text{제1조} \quad V \cdot dT_1/d\tau = G_X \cdot (T_2 - T_1) + UA \cdot (T_A - T_1) + G_J \cdot (T_J - T_1) \quad (3.3.313)$$

여기서,  $V$  : 조의 용량,  $T_N, T_i, T_2, T_1$  : 각 조의 온도

$T_J, T_K$  : 상류와 하류에서의 유입온도,  $G_X$  : 조건 유량

$G_J, G_K$  : 상류와 하류에서의 유입유량,  $\tau$  : 시간

$T_A$  : 조 외부의 온도,  $UA$  : 조의 열손실계수

식(3.3.311)의 우변 제1항이 하류에서의 유입열을 나타내며, 식(3.3.314)의 우변 제3항이 상류에서의 유입열을 나타낸다. 식(3.3.312), 식(3.3.313), 식(3.3.314)의 각 식의 우변 제2항은 열손실을 나타낸다.

## (2) 차분기법

수치해석을 위한 일반적인 차분기법으로서, ① 전진차분법과 ② 후퇴차분법 등이 있다.

①의 전진차분법에서는 안정조건으로서,  $\Delta\tau \cdot \max\{G_J, G_K\}/V < 1$ 이다.

결국, 계산시간간격  $\Delta\tau$  등이 축열조의 크기, 조의 구분수에 제한이 있다.

②의 후퇴차분법은 어떠한 조건에서도 안정하며, 하류·상류의 수온과 유량을 미지수로 하여야 한다. 결국, 서브시스템이 독립이 되지 않으면, 본 프로그램 같은 연쇄구조의 모델에는 적합치 않다.

③ 본 프로그램에서의 차분기법은 ②의 후퇴차분법을 개량한 것이다. 결국, 상류·하류에서의 요구열량  $Q_J, Q_K$ 가 주어져 있으므로 유입온도를 다음의 사양으로 둔다.

$$T_J = T_N^* + Q_J/G_J \quad (3.3.314)$$

$$T_K = T_1^* + Q_K/G_K \quad (3.3.315)$$

여기서,  $T_N^*, T_1$  : 미지의 조 수온

이것에 의해 차분기법을 유도하면 다음식과 같다.

$$\text{제N조 } (T_N^* - T_N) / \Delta \tau = \{G_K \cdot (T_1^* + Q_K/G_K - T_N^*) + UA \cdot (T_A - T_N^*)\} / V \quad (3.3.316)$$

$$\text{제i조 } (T_i^* - T_i) / \Delta \tau = \{G_X \cdot (T_{i+1}^* - T_i^*) + UA \cdot (T_A - T_i^*)\} / V \quad (3.3.317)$$

$$\text{제1조 } (T_1^* - T_1) / \Delta \tau = \{G_K \cdot (T_2^* - T_1^*) + UA \cdot (T_A - T_1^*) + G_J \cdot (T_N^* + Q_J/G_J - T_1^*)\} / V \quad (3.3.318)$$

여기서,  $T_N, T_i, T_2, T_1$  :  $\Delta \tau$  전의 각 조의 수온

$T_N^*, T_i^*, T_2^*, T_1^*$  : 현재의 각 조의 수온

$Q_J, Q_K$  : 상류와 하류에서의 요구열량,  $\Delta \tau$  : 계산시간간격

$G_J, G_K$  : 상류와 하류에서의 유입유량,  $G_X$  : 조건 유량

또한, 이 차분기법에서는 열량평균이 유지되며 조용량에 대해서 유입수량이 큰 경우에는 유입온도를 초과하는 조수온이 되는 경우가 있다.

### (3) 상류열원의 운전제어

상류열원은 축열조의 온도에 따라서 운전/정지가 제어된다. 냉수조의 경우를 고려하면 다음과 같다.

① 기기의 기동은 S조의 수온  $T_S$ 가 설정온도  $\theta_S$ 보다 클 때로 한다.

② 기기의 정지는, P조의 수온  $T_P$ 가 설정온도  $\theta_P$ 보다 클 때로 한다.

기기에서의 신호 (냉수조의 경우)	$T_p \leq \theta_p$ 일 때 정지 신호 발생	$T_p > \theta_p$ 일 때 정지 신호 없음	
		전시간 운전	전시간 정지
$T_s \leq \theta_s$ (기동신호가 없다.) $T_s > \theta_s$ (기동신호가 있다.)	정지 정지	계속운전 운전	STAND-BY 운전

운전/정지일 때도 신호가 없는 경우가 있다. 이 때는 전의 시간이 운전상태로 있으면 계속해서 운전된다. 전의 시간이 정지상태로 있으면 STAND-BY이며, 상류열원군에서 열회수가 있으면, 배열을 회수할 수 있다.

#### (4) 축열조의 온도계산

축열조의 수온을 구하는 순서는 다음의 사양이다.

- ① 열원 계산 전에, 하류에서의 유입정보만으로 임시의 수온을 구한다.
- ② 임시의 수온으로 열원의 기동·정지를 판정한다.
- ③ 열원의 계산이 끝난 후에 상류와 하류 양방의 정보를 얻어 수온을 구한다.

① 열원의 운전/정지 제어는 하류의 공조기와 유닛의 계산이 끝나고, 열원의 계산이 시작되기 전에 판정한다. 판정에 이용되는 조의 수온  $T_s$ ,  $T_p$ 는 임시로 열원의 운전이 없을 때 온도이다. 식(3.3.316) ~ 식(3.3.318)에 있어서,  $Q_j=0$ ,  $G_j=0$ ,  $G_x=G_k$ 으로서의 해

② 축열조의 최종온도 계산은 반복계산이 완료시, 전기기의 상태가 확정된 상태에서 구한다. 이 온도가 다음 시간의 하류에서의 공급온도이며, 반복계산 중에는 일정하다.

#### (5) 취출조 위치가 변화하는 경우의 온도계산

N조에 분할한 n조부터 취출한 경우, 조의 총용량이  $N \rightarrow n$ 으로 축소되며, 하나 하나의 축열손실에 의해 온도변화의 계산을 실행해 둔다.

라. 반송 펌프의 계산 알고리즘

반송은 서브시스템 간의 정보전달 역할 외에 반송계 자신의 기능으로서, 펌프의 대수제어, 펌프의 발열, 배관계의 열손실, 배관계 축열에 관한 계산이다.

(1) 펌프의 대수제어

복수의 펌프군을 하나의 계 가운데서 제어하는 것이다. 지금 펌프의 대수를 N대, 1대당의 정격유량  $G_p$ , 1대당의 정격입력값을 P, 순환수량을  $G_w$ 로 하면, 제어방법에 의해 반송계의 운전대수와 총입력값은 다음의 표 3.3.26과 같다.

표 3.3.26 펌프의 제어방법에 따른 운전대수 및 입력값

제어방법량	운전대수(n)	입력값(E)
① 정유량	항시 $n = N$	항시 $E = N \cdot P$
② 병렬 교축운전	항시 $n = N$	$E = N \cdot P \cdot f X \{G_w / (N \cdot G_p)\}$
③ 대수제어	$n = G_w / G_p + 1$	$E = n \cdot P$
④ 대수제어후 병렬교축운전	$n = G_w / G_p + 1$	$E = n \cdot P \cdot f X \{G_w / (n \cdot G_p)\}$
⑤ 대수제어후 1대교축운전	$n = G_w / G_p + 1$	$E = (n-1) \cdot P + P \cdot f X \{[G_w - G_p \cdot (n-1)] / G_p\}$

또,  $f X$ 는 펌프의 부분부하특성,  $\{ \}$ 는 유량비를 나타낸다.

(2) 배관의 열손실

배관의 열손실의 계산은 덕트의 열손실 계산과 같으며, ① 부하에 대한 비율로 구하는 방법과 ② 온도하강율에 의한 방법 등이 있다.

(가) 부하의 비율에 의한 방법

$$Q_{L1} = \phi q \cdot \sum Q_w \quad (3.3.319)$$

여기서,  $Q_{L1}$  : 열손실량,  $\phi q$  : 부하에 대한 열손실의 비율



$Q_w$  : 하류의 부하,

$\Sigma$ 는 계에 접속되는 하류 기기의 합계를 구하는 것을 나타낸다.  
또, 반송계가 축열조의 1차계통 일 경우 부하  $Q_w$ 는 상류열원의 처리열량으로 잡는다.

(나) 온도강하율에 의한 방법

온도강하율에 의한 열손실은 배관내외의 온도차와 온도강하율에 따라서 구한다.

$$Q_{L2} = G_w \cdot \{T_A - (T_{w1} + T_{w2})/2\} \cdot \phi T \quad (3.3.320)$$

여기서,  $Q_{L2}$  : 열손실량,             $G_w$  : 유량,  
 $\phi T$  : 온도강하율,             $T_A$  : 주위온도  
 $T_{w1}$  : 공급온도,             $T_{w2}$  : 환수온도

(배관내의 수온은 공급온도와 환수온도의 평균으로 한다.)

일반적으로 온도강하율은 정수로서 입력 자료로 주어지며, 배관열손실계수  $UA$ 값을 입력하면, 온도강하율  $\phi T$ 를 시뮬레이션 중에 계산한다. 변유량(VWV)의 경우,  $UA$ 값이 주어지면, 온도강하율  $\phi T$ 가 유량에 의해 변수가 된다. 즉,

$$\phi T = 1 - \exp\{-UA/G_w\} \quad (3.3.321)$$

배관의  $UA$ 값은 계의 분지를 포함한 총연장의 열손실계수의 합이다.

(3) 펌프발열

펌프발열의 계산은 팬의 계산과 동일하다. 계산의 형편상 펌프는 환수측에 있으며, 펌프 위치에서의 발열을 고려한다.

$$Q_P = E \cdot 1000 \cdot \phi P \quad (3.3.322)$$

여기서,  $Q_p$  : 펌프발열,  $E$  : (1)절에서 구한 펌프입력  
 $\phi P$  : 발열비율

#### (4) 환수온도

열손실과 펌프발열을 고려한 환수온도는,

$$T_{w2} = T_{w1} + (Q_w + Q_{L1} + Q_{L2} + Q_p) / G_w \quad (3.3.323)$$

여기서,  $T_{w2}$  : 환수온도,  $T_{w1}$  : 공급온도

열손실은 2개의 방법을 동시에 입력으로 지시하면 그 합이 배관의 열손실이 된다. 또, 열손실을 환수측의 온도에서 수정하기 위해 환수온도가 주위온도  $T_A$ 를 초과해서 수정되는 일이 있다.

#### (5) 배관의 축열

배관계 전체를 대표하는 열용량  $G_{cp}$ 를 상정, 여기서 정지중의 수온강하와 기동후의 축열부하를 발생시킨다.

##### (가) 정지중의 수온강하

정지전의 환수온도  $T_{w2}$ 를 대표열용량의 수온  $T_{cp}$ 의 초기값으로 주고, 정지중의 수온강하를 다음 식으로 계산한다.

$$T_{cpj} = T_{cpj-1} - (T_{cpj-1} - T_A) \cdot \phi T \quad (3.3.324)$$

여기서,  $T_A$  : 주위온도,  $j$  : 시각  
 $j-1$  : 1 STEP전의 시각,  $\phi T$  : 온도강하율

##### (나) 기동후의 수온

기동 후는 이것으로 축열부하를 발생시킨다. 즉, 식(3.3.323)에서 얻은 순환수의

환수온도  $I_{WT2}$ 와 식(3.3.324)에서 얻은 대표열용량의 수온  $T_{CP}$ 를 혼합해서 상류의 환수온도를 수정한다.

$$I_{WT2}^* = (I_{WT2} \cdot G_W \cdot \Delta \tau + G_{CP} \cdot T_{CP}) / (G_W \cdot \Delta \tau + G_{CP}) \quad (3.3.325)$$

여기서,  $\Delta \tau$  : 계산시간간격

식(VII.7)은 열량보존의 식이다.  $I_{WT2}^*$ 가 실제의 환수온도로 된다.  $T_{CP}$ 의 값은 반복 계산중에는 고정해 두고, 수렴한 시점에서  $I_{WT2}^*$ 값으로 대체한다.

#### 마. 기기특성식

##### (1) 특성식의 형식

기기특성식은 문헌에는 없고 제작자 카탈로그 자료를 근사다항식으로 나타낸 것이다. ①최대능력특성식  $f_C$ 와 ②최대입력특성식  $f_P$ 는 2변수의 2차식으로 나타난다. ③의 부분부하특성식  $f_X$ 는 1변수의 2차식으로 나타난다.

$$\begin{aligned} f_C(T_K, T_J) &= \sum \sum a_{kj} \cdot T_{kk} \cdot T_{jj} \\ &= a_0 + a_1 \cdot T_k + a_2 + (a_3 + a_4 \cdot T_k + a_5 \cdot T_k^2) \cdot T_j + (a_6 + a_7 \cdot T_k + a_8 \cdot T_k^2) \cdot T_j^2 \end{aligned} \quad (3.3.326)$$

$$\begin{aligned} f_P(T_K, T_J) &= \sum \sum b_{kj} \cdot T_{kk} \cdot T_{jj} \\ &= b_0 + b_1 \cdot T_k + b_2 + (b_3 + b_4 \cdot T_k + b_5 \cdot T_k^2) \cdot T_j + (b_6 + b_7 \cdot T_k + b_8 \cdot T_k^2) \cdot T_j^2 \end{aligned} \quad (3.3.327)$$

$$\begin{aligned} f_X(\chi) &= \sum C_i \cdot \chi^i \\ &= C_0 + C_1 \cdot \chi + C_2 \cdot \chi^2 \end{aligned} \quad (3.3.328)$$

여기서, a, b, c : 특성식 계수

$T_k, T_j$  : 하류 및 상류의 기기입구수온

(기기의 종류와 모드에 따라 다르다.)  $\chi$  : 부하율

변수의  $T_k, T_j$ 는 어떤 기기의 입구온도이다. 따라서 출구온도는 미지수이지만, 입구온도는 부여조건이므로, 식을 이용하여 해를 구할 수 있다.

### (2) 특성식에 의한 기기성능의 보정

특성식에서 기기의 효율과 성적계수를 직접 결정할 수는 없다. 기기의 효율과 성적계수는 입력의 정격능력과 정격입력이 기준값이며, 이것을 특성식에서 보정한다. 특성식  $f_C, f_P$ 를 이용하여 실제의 최대능력, 최소능력을 구하면,

$$Q_c^* = Q_c \cdot f_C(T_k, T_j) \quad (3.3.329)$$

$$P_c^* = P_c \cdot f_P(T_k, T_j) \quad (3.3.330)$$

여기서,  $Q_c, P_c$  : 기기의 정격능력과 입력

$Q_c^*, P_c^*$  : 기기의 실제조건하에서의 능력과 입력

부분부하시의 입력 (에너지 소비량)  $EX$ 는,

$$EX = P_c^* \cdot f_X(\chi) \quad (3.3.331)$$

여기서, 부하율이  $\chi=0$  일 때는 식(3.3.331)은  $EX=0$ 으로 한다.

팬과 펌프에는 부분부하특성만 적용한다.

### (3) 증기보일러 경우의 특례

증기보일러는 증기흡수냉동기의 상위열원 및 공조기의 가습열원으로서 사용한다. 이것에 대해서, 증기보일러의 기기능력에 의한 제한 없이 하류의 부하요구를 처리할 수 있는 과부하가 없는 기기이다. 그러나, 증기보일러의 정격능력은 입력으로 결정되므로, 정격능력을 초과하는 부하요구가 발생할 수 있다. 이 때에 증기보일러는 부하의 크기만큼 용량을 확대하는 것이 이상적이다. 이와 같은 때에 입력(소비 에너지)이 부하에 비례해서 증가하는 것으로 한다.

즉,

$$EX = P_c \cdot f_X(\chi) \quad \text{단, 부하율 } \chi \leq 1 \text{ 일 때} \quad (3.3.332)$$

$$EX = P_c \cdot \chi \quad \text{단, 부하율 } \chi > 1 \text{ 일 때} \quad (3.3.333)$$

여기서,  $EX$  : 에너지 소비량,  $P_c$  : 정격입력  
 $\chi$  : 부하율,  $f_X$  : 부분부하특성

#### 4. 비용분석 알고리즘 개발

##### 가. 개요

##### (1) Life cycle cost analysis의 정의

건물에 있어서 라이프사이클은 인간의 일생과 같은 형태로 건물의 탄생으로 부터 폐기에 이르는 기간을 말한다. 일반적으로 건축물에 소요되는 비용을 평가할 경우에 가장 중요한 부분을 차지하는 것은 초기건설비이다. 그러나 Life Cycle Cost(이하 LCC)를 평가해 보면 건물의 Life Cycle이 긴 경우는 건축 후에 발생하는 비용이 초기 건설비의 4 ~ 5 배에 이르는 경우도 있다. 그러므로 건물의 경제성을 평가할 경우에는 초기 건설비뿐만 아니라 유지관리·운영비까지 포함하는 LCC 평가를 해야 한다. 기본적으로 LCC 기법은 어떤 설비, 시스템, 또는 시설 등에 대하여 소유자에게 있어서 중요한 제비용을 그 경제수명 범위에서 생각해 등가 환산한 가치로 경제성을 평가하는 수법이다. LCC 기법에 관한 하나의 포인트는 각 대안의 경제성을 평가할 때 시간적 등가 환산을 하는 것이다. 따라서, LCC에는 예상 물가상승율, 이자율, 사용기간 등과 같이 항상 판단에 의존하는 요인들이 포함되어 있다. 그럼에도 불구하고 LCC는 수량화된 결과를 제시함으로써 투자, 교체, 수선 등에 관련된 의사 결정에 중요한 도구로써 사용될 수 있다.

(2) LCC의 구성요소

건축물의 LCC 구성 항목은 그림 3.3.38과 같이 기획설계비 -> 초기건설비 -> 유지관리비 -> 폐기처분비의 순서로 나누어지며, 여기에 따른 세부적인 비용항목은 그림과 같다.

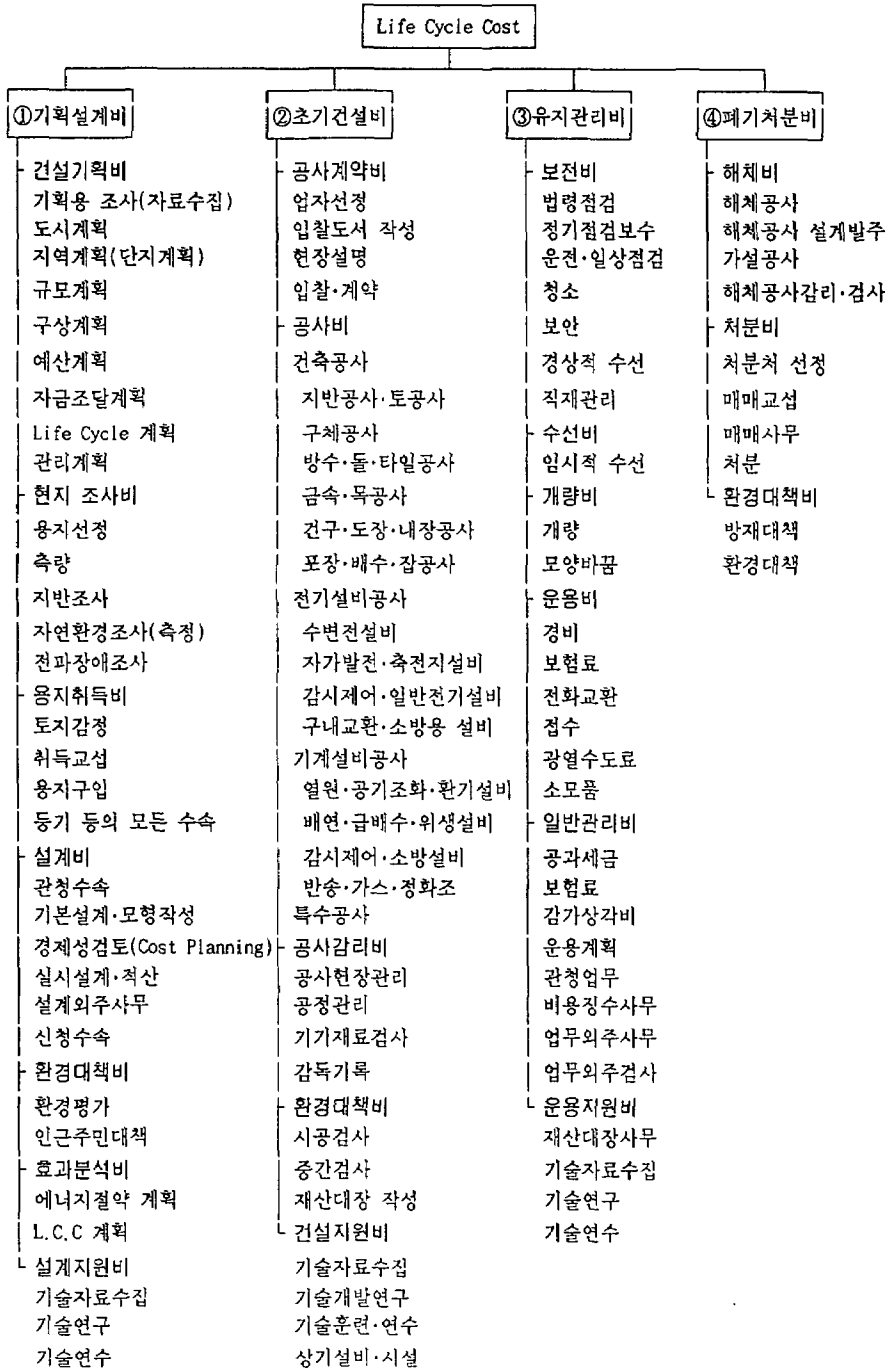


그림 3.3.38 LCC 항목의 내역

### (3) LCC의 필요성

#### (가) LCC 분석의 우수성

유한 에너지와 자원을 효과적으로 이용하고 건물의 용도와 규모에 맞는 적절한 설비 시스템의 선택기준으로서 경제성의 검토는 중요한 사항이다. 여러 가지 경제성 분석방법 중에서도 시스템의 총비용을 분석할 수 있는 LCC 분석법은 설비시스템의 경제성 평가에 가장 적합한 방법이라고 할 수 있다. 이 방법은 미국의 ASHRAE와 DOE-2에서도 채택하고 있다. 다음의 표 3.3.27은 각종 경제성 평가방법의 특징을 조사하여 비교한 것으로 LCC 분석법의 우수함을 보여준다.

표 3.3.27 각 비용분석 방법의 비교

평가방법	초기 투자비	경상비	잔존가치	시간적 가치	내용년수	사용년수	계산
초기투자비법	○	×	×	×	×	×	용이
회수기간법	○	○	○	×	×	×	용이
투자이익율법	○	○	○	○	×	×	어려움
내부수익율법	○	○	○	○	×	×	어려움
LCC 분석법	○	○	○	○	○	○	중간

## (나) 회수년법과 LCC 평가

건축설비의 경제성을 비교 평가하는 경우 일반적으로 회수년법이 쓰여지고 있다. 회수년법으로는 회수년도가 짧을수록 경제적으로 우수한 시스템이라고 한다. 이러한 경제성 비교평가는 LCC에 의해서도 가능하다. 그리고 회수년법과 LCC에 의한 평가 방법으로는 그 평가특성이 다소 틀린다. 어느 경우에는 그 평가가 역전되는 일도 있다. 예를들어 A, B 두종류의 시스템을 회수년법과 LCC법에 의한 방법으로 비교, 평가하여, A, B 시스템과 종래 시스템의 건설비 비교를 그림 3.3.39에 표시하고 에너지 절약비의 비교를 그림 3.3.40에 나타내었다. 이 두 개의 그림에서 나타내는 바와 같이 B 시스템의 에너지 절약성능은 가장 우수하게 나타났다. 그러나 건설비는 가장 높다. 또한 A, B 시스템과 종래 시스템의 LCC 차액을 사용기간을 횡축으로 해서 그림 3.3.41에 표시했다. 그림 3.3.41에서 LCC의 차액 0의 직선과 A시스템의 LCC 차액을 표시하는 (A)직선과의 교점  $n_A$  가 A 시스템의 “회수년”이다. 이와같이 B 시스템의 회수년은  $n_B$ 로 표시되어 있다. 이 경우  $n_A$ 는  $n_B$ 보다 짧게 되어 있다. 이것은 회수년법에 의한 평가로는 A 시스템 쪽이 B 시스템보다 유리하다는 것을 의미하고 있다. 한편 A, B 양시스템의 “내용년”을  $n_L$ 이라고 하면 그림의  $n_L$ 에 있어서 A 시스템의 LCC 차액을  $C_A$ , B 시스템의 LCC 차액은  $C_B$ 로 된다. 이 경우  $C_B$ 는  $C_A$ 보다 큰 것으로 되어 있다. 이것은 LCC에 의한 평가로서는 B 시스템 쪽이 A 시스템 보다 유리하다는 것을 의미한다. 이 예에서는 LCC에 의한 경제성 평가와 회수년법에 의한 평가의 결과가 역전된 것을 알 수 있다. 회수년법은 회수년까지의 평가로서 우열이 결정되어지는 것이지만 LCC에 의한 방법으로는 보다 긴 일생애를 통해서 평가되어지며 그 우열을 결정하고 있다. 그런데 그 평가의 예로서는 SE(시스템효과)가 나타나지 않는다. 사실 이평가의 경우 A, B 각 시스템의 SE를 종래 시스템의 SE와 동등한 것이라고 가정하고 있었기 때문이다. 건축설비의 대안비교에서는 이와 같은 가정을 자주 쓰고 있다.



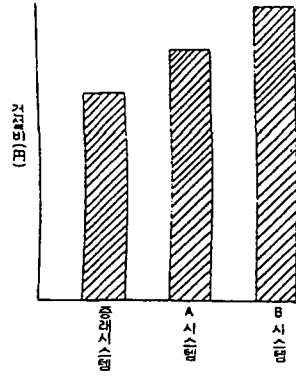


그림 3.3.39 건설비의 비교

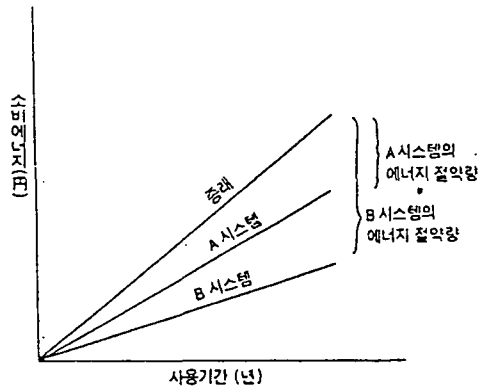


그림 3.3.40 소비에너지 비용의 비교

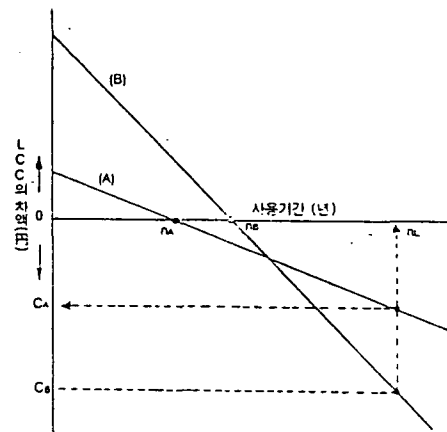


그림 3.3.41 LCC의 차액과 사용기간

(다) 경제수명과 LCC

설비가 경년적으로 물리적인 열화가 진행되면서 결국은 사용불능상태에 도달하기까지의 기간을 일반적으로 내용년수라 한다. 시스템을 이용하는 경우 이 내용년수까지 시스템을 계속적으로 사용하는 것은 항상 경제적으로 득이 되는 것이 아니다. 시스템의 열화가 진행되면 운용관리의 비용이 증가되기 때문이다.

이러한 해석으로 볼 때 시스템에는 경제적으로 가장 유리한 사용기간이 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 경제적으로 가장 유리한 사용기간을 “경제수명”이라고 한다. 경제수명은 회사의 정년제와 유사하다. 사원은 나이가 들면 일의 능률이 저하되지만 급료는 상승한다. 그러므로 적당한 연령에서 퇴사하게 되는 것이다. 회사에 있어서 가장 유리한 퇴사연령이 정년, 즉 경제수명이라고 해석될 수 있다.

이 경제수명은 LCC의 평균년가가 가장 적게 되어지는 년수를 경제적으로 가장 유리한 사용년수라고 정의할 수 있다. 초기투자액의 사용년수에 대한 평균년가는 다음식과 같다.

$$M = C_o \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = C_o \cdot \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (3.3.334)$$

여기서,  $i$  = 계산금리

$n$  = 사용년수

따라서  $n$ 이 무한대로 될 경우  $M$ 은  $C_o \cdot i$ 로 되고  $C_o \cdot i$ 가  $M$ 의 접근선이 되는 것이다. 또한 가동비의 사용년수에 대한 평균년가( $U$ )는 일반적으로 가동열성 등에 의하여 경년적으로 상승한다. 따라서 초기투자액 평균년가( $M$ )와 가동비 평균년가( $U$ )의 합계액으로 표시되는 LCC 평균년가( $L$ )에는 최소치가 존재하는 것으로 되어

있다. 그림 3.3.42는 이 관계를 개념도로서 표시한 것이다. LCC 평균년가의 최소값에 대한 사용년수가 경제수명이 된다.

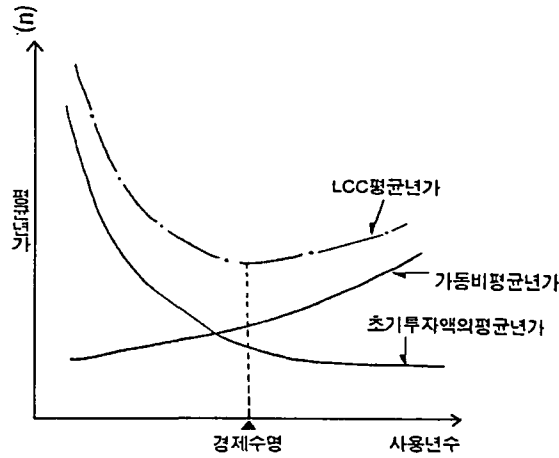


그림 3.3.42 사용년수와 평균년가

## 나. LCC의 기본식

### (1) 개요

LCC 분석이란 기본적으로 많은 대체안이 시간의 경과에 따라 어떠한 경제적 영향을 만들어 내는가를 조사해 이것들을 평가하는 것이다. 일반적으로 의사결정을 할 때는 그 기초로서 현재의 비용과 장래의 비용의 환가방법을 이용해 현재와 장래의 비용을 모두 취급할 필요가 있다. 오늘의 100원이 내일의 100원과는 같지 않다. 어떠한 형태로든지 투자되는 돈은 이자를 없애거나 또는 다른 곳에서부터 이익을 얻을 기회를 잃는다. 예를 들면 연이율 10%로 복리계산된다면 현재 투자된 100원은 20년 동안에 673원이 된다. 다시말하면 투자를 하는 사람이 연간 10%를 벌 수 있다면 현재의 100원은 10년후의 673원과 같다. 이러한 이유로 LCC 분석에

서는 미래의 비용을 이자율과 물가상승율을 고려하여 현재가치로 환산하여 평가하게 된다. 이것을 LCC 현가법이라고 하며 이러한 현가를 매년의 균등한 비용으로 나누어 평가하는 것이 LCC 년가법이라 한다. 현가법은 총비용을 산출함으로 대안의 평가에 쓰이고 년가법은 경제수명의 판정과 교체시기 결정에 사용된다.

## (2) 현가법

L.C.C는 장기간에 걸쳐 수익이나 비용을 고려하기 때문에 같은 금액이라도 시간이 다르면 그 가치도 달라진다. 따라서 비용의 시간적 가치를 고려한 다음에 비교하여야 한다. 따라서 어떤 시점을 기준으로 하여 가치환산을 할 것인가를 미리 명확하게 하여야 한다.

LCC 계산에서는 보통 그 시점을 현재로 놓고 본다. 그렇기 때문에 현재 시점의 가치를 현재가치라 부르고 있다.

현재가치의 산출개념도를 그림 3.3.43에 표시한다. 현재가격은 물가상승율에 따라 미래의 비용이 되며, 미래의 비용은 이자율 의해 할인되어 현재가치가 된다.

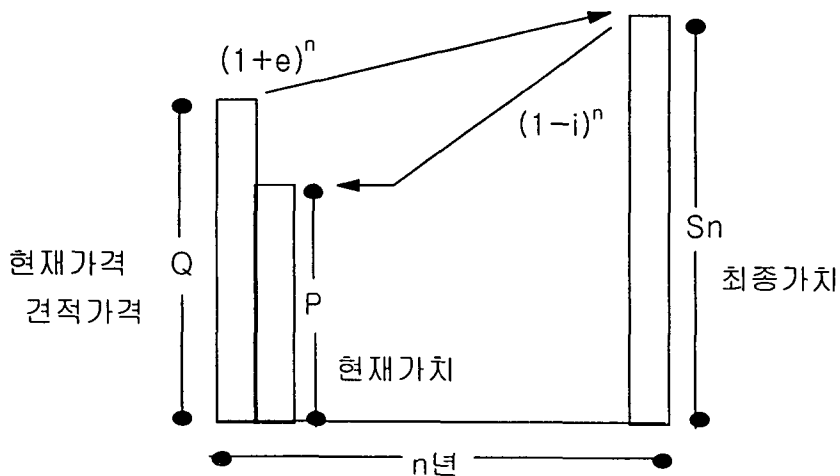


그림 3.3.43 현재가치의 개념도

만약 매년 발생하는 이자를 몇 년 후에 일시에 갚는다면 부채는 매년 증가되는 이자만큼 불어나게 된다. 이러한 이자 계산방법을 복리라고 하며 다음과 같은 계산 방식을 따른다.

표 3.3.28 복리 계산식

년 도	초 기 금 액	증 가 이 자	년 말 적 립 금 액
1	P	Pi	$P+Pi=P(1+i)$
2	$P(1+i)$	$P(1+i)i$	$P(1+i)+P(1+i)i=P(1+i)^2$
3	$P(1+i)^2$	$P(1+i)^2i$	$P(1+i)^2+P(1+i)^2i=P(1+i)^3$
:	:	:	:
:	:	:	:
n	$P(1+i)^{n-1}$	$P(1+i)^{n-1}i$	$P(1+i)^{n-1}+P(1+i)^{n-1}i=P(1+i)^n=F$

여기서  $(1+i)^n$ 을 1회지불 복리계수 또는 종가(終價)계수라고 부르며 이 계수는 현시점에서의 원금이 P일 때 종가 F를 알아내는데 사용된다.

$$F = P(1+i)^n \quad (3.3.335)$$

따라서 미래액의 현재가는 식(2.5.2)로부터

$$P = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] = F(1+i)^{-n} \quad (3.3.336)$$

여기서, P : 현재가치

F : n년 후에 발생하는 미래 비용

n : 시간(년)

i : 이자율

여기서  $(1+i)^n$ 을 현가계수(現價係數)라고 한다.

따라서, 미래의 가치를 현재의 가치로 환산하는데는 식(3.3.336)의 식을 이용한다.

### (3) 년가법(年價法)

초기비용, 반복비용, 비반복비용을 매년의 평균비용으로 변환하는 방법이다. 이 방법은 모든 LCC를 매년의 비용으로 나타내기 위해 사용함으로 년가법이라 한다. 년가로 환산하기 위해 필요한 자본회수계수는 년금복리계수(年金複利係數)와 감채기금계수(減債基金係數)를 유도하여 나타낼 수 있다. 초기투자액의 평균년가와 가동비의 평균년가를 합쳐 LCC평균년가를 구한다.

#### (가) 년금복리계수(年金複利係數)

매년말에 동일액을 은행에 적립할 경우 n년말에 미래가치가 얼마나 적립되는가를 알 수 있는 계수이다

예를 들면, 년 이자율 6%로 5년간을 100만원씩 년말에 적립하여 나간 경우를 표 3.3.29에 표시한다.

표 3.3.29 년금복리계산

년 말	년말적립액 x 복리계수	5년말의 미래가치	5년말의 적립금
1	$100(1.06)^4$	126	564
2	$100(1.06)^3$	119	
3	$100(1.06)^2$	113	
4	$100(1.06)^1$	106	
5	$100(1.06)^0$	100	

종가를 F, 매년의 등액비용을 A로 하여 위의 계산을 일반적인 공식으로 나타내면 다음과 같다.

$$F = A + A(1+i) + \dots + A(1+i)^{N-2} + A(1+i)^{N-1}$$

양변에 (1+i)를 각각 곱하여 주면 다음과 같다.

$$F(1+i) = A(1+i) + A(1+i)^2 + \dots + A(1+i)^{N-1} + A(1+i)^N$$

두번째 식에서 첫번째 식을 빼어 주면 다음과 같다.

$$F(1+i) - F = -A + A(1+i)^N$$

이 식을 정리하면 다음과 같다.

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (3.3.337)$$

식(2.5.4)의  $\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ 을 년금복리계수라고 한다.

(나) 감채기금계수(減債基金係數)

이 계수는 어떤 미래의 총액을 매년 등액의 비용으로 환산하는데 이용된다. 식(3.3.337)의 역수를 취하면 식(3.3.338)과 같다.

$$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.3.338)$$

여기서,  $\left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$  을 감채기금계수라 한다.

(다) 자본회수계수

분석과정에서 현재에 지출된 비용의 가치를 등가치(等價値)의 n년간의 등액현금지수(等額現金收支)로 환산하는데 이용된다. 즉, 초기투자액에 자본회수계수를 곱하여 년차등액의 비용으로 환산할 수 있다. 식(3.3.338)에서 종가 F 대신  $P(1+i)^n$ 을 대입하면 식(3.3.339)가 된다.



$$A = Co(1+i)^n \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = Co \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.3.339)$$

여기서, A = 평균년가

Co = 초기투자액

i = 이자율

식(3.3.339)에서  $\left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$  을 자본회수계수(資本回收係數)라 한다.

다. 계산 알고리즘

(1) LCC 계산절차

LCC 분석의 절차는 크게 4단계가 있다. 이것은 ① 입력자료의 준비, ② 비용분석 평가방법 및 요소의 선택, ③ 실제문제의 적용, ④ 결과물의 도출이다.

각 단계별 내용 및 구성은 다음과 같다.

(가) 1단계

입력자료의 준비단계로 건물자체나 그 구성품들에 대한 과거 유지관리 자료로서 다음 항목들을 포함하여야 한다.

① 연간운용비, 수선비 및 수선향목

- ② 자료의 획득처
- ③ 자료의 연수
- ④ 자료의 신뢰도
- ⑤ 사용가능 형태로의 자료 변형
- ⑥ 통일된 형태로의 자료 기록
- ⑦ 자료가 조사된 건물의 위치, 연령, 층수, 연면적 등
- ⑧ 자료가 조사된 건물의 수선관례, 사용형태, 현재상태

(나) 2단계

경제성 평가방법 및 요소의 선정은 투자의 평가를 위한 기본작업으로서 다음항목을 포함한다.

- ① 이자율 및 물가상승율 선정
- ② 분석기간의 선정
- ③ 미래지출에 대한 물가상승율 처리 결정
- ④ 과세에 대한 처리법 결정
- ⑤ 각종 위험도에 대한 고려

(다) 3단계

실제문제에의 적용에 있어서는 다음항목들을 포함하여야 한다.

- ① 건물사용기간 및 사용형태에 대한 가정
- ② 운용관리비 예측방법의 결정

③ 예상수명, 감가상각 기간, 각종재료의 노후화등 예측

④ 각종 수선 및 개량행위에 대한 예측

⑤ 폐기처분 및 잔존가치에 대한 예측

(라) 4단계

결과물의 도출은 다음의 항목을 포함한다.

① 총비용의 평가

② 결과의 민감도 분석

③ 최종결정을 위한 제안

(2) LCC 구성항목

LCC는 비용발생의 특성에 따라 주기적인 투자가 이루어지는 경우와 매년정기적인 투자가 이루어지는 경우로 나누어진다.

주기적인투자는 초기투자비, 교체비, 수선비 등 일정한 주기로 발생하는 비용이며, 매년도 발생비용은 에너지비, 유지관리비 등 매년 소요되는 비용이다. 따라서 매년 소요되는 비용은 Life Cycle 기간동안 매년 계산을 하여야 한다.

다음의 LCC 구성항목은 공조설비에 관련된 항목의 계산을 설명한 것이다.

LCC의 계산 흐름도는 다음 그림 3.3.44와 같다.

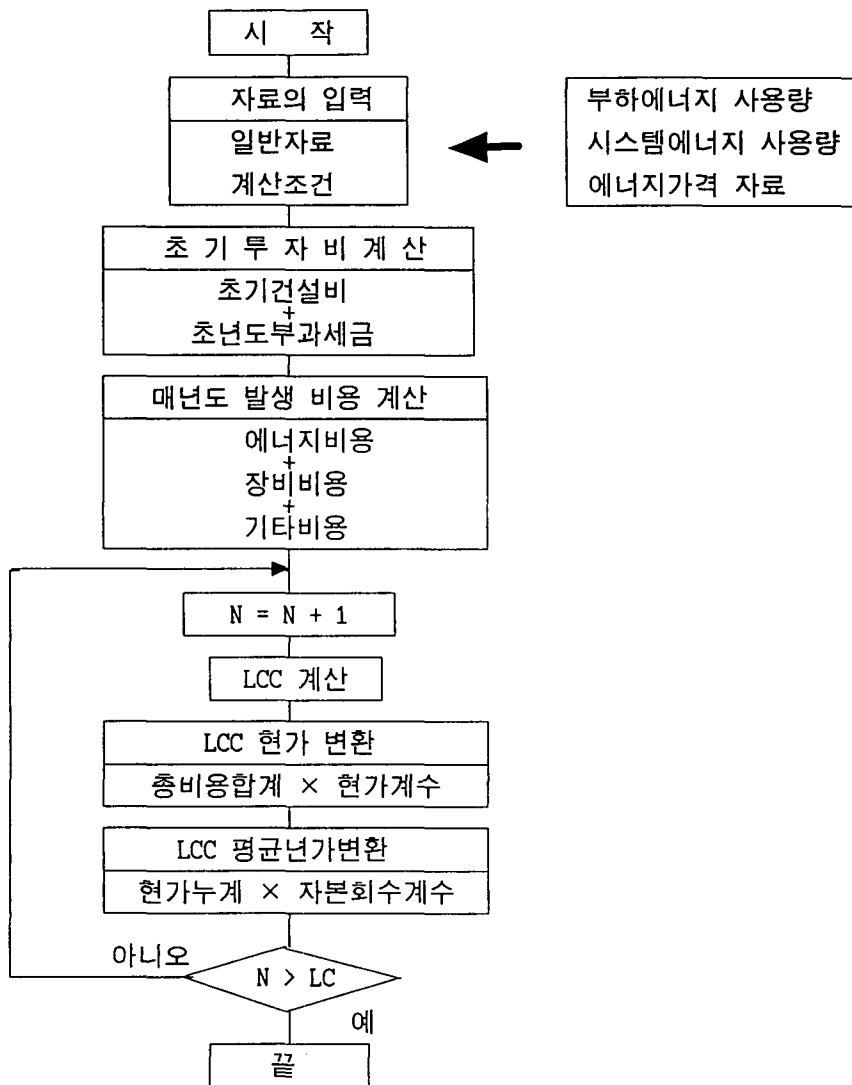


그림 3.3.44 LCC 계산의 흐름도

(가) 초기건설비(Co)

초기 건설비를 구성하는 비용항목은 재료비와 노무비 등을 들 수 있다. 그러나 이러한 비용의 가격 변화는 자재, 노무 등의 수급 상황, 공사 현장의 위치에 따라서 변화한다. 공사현장의 위치에 따른 비용변화는 위치계수 등을 이용하여 반영하고 있다. 위치계수는 현장의 위치에 따라서 공사비가 변하는 것을 계수로 나타낸 것으로서 기준 지역을 1로 할 때 이 지역보다 공사비가 고가이면 위치계수가 1보다 크고, 저가이면 1보다 작다. 계산식은 다음과 같다.

$$Co = Cini + Loca \quad (3.3.340)$$

여기서, Co : 초기건설비, Ca : 초기공사비

Loca : 위치계수

(나) 세금

세금은 초년도에만 부과되는 세금과 매년 부과되는 세금으로 나누어 계산한다.

① 초년도 부과세금

㉠ 등록세

본 세금은 설비를 포함한 건물 토지를 소유권보전 등기할 때 납부하는 세금으로 원칙적으로는 취득 당시의 가액으로 되나 과세평가액은 일반적으로 실제 취득가액

의 70%정도로 계산하며 세율은 지방세법 131조에 의하여 30/1000 으로하여 다음식에 의해 계산한다.

$$DUTYa = Co \times 0.7 \times ( 30/1000 ) \quad (3.3.341)$$

여기서, DUTYa : 등록세, Co : 초기투자비

#### ㉞ 취득세

본 세금은 토지, 건물, 설비 등의 부동산을 취득할 경우 과세되는 것으로 지방세법 112조에 의해 과세평가액의 20/1000을 적용하여 다음 식과 같다.

$$DUTYb = Co \times 0.7 \times ( 20/1000 ) \quad (3.3.442)$$

여기서, DUTYb : 취득세, 초기투자비 : Co

#### ② 매년 부과되는 세금

##### ㉞ 감가상각비

감가상각비는 초기에 투자한 설비가 수명을 다한 경우 초기투자비가 매년 일정액으로 지출되어 매년 계산하는 비용에 포함된다는 것이다. 즉 자본 투자자 입장에서 회수비라고 할 수 있다. 따라서, 매년 지불되는 세금의 경우에는 과세평가액의 계산시에 감가상각을 고려하여야 한다.

감가상각비의 산출법에는 정액법과 정율법, 기타의 산출법이 있으나 정액법에 의

한 산출법이 건축설비의 경상비에 산출에 많이 이용되고 있다.

잔존가격이 10%라고 가정할 경우 정액법에 의한 감가상각비는 식(2.5.10)과 같다.

$$KAMKA = Co \times ( 1 - 0.1 ) \times 1/\text{내구년수}(15\text{년}) \quad (3.3.443)$$

여기서, KAMKA : 감가상각비, Co : 초기투자비

#### ㉞ 재산세

매년 과세되는 세금으로 물건에 의해 발생하는 이익에 과세하는 성격을 갖고 있으며 지방세법 188조에 따라 일반용 건물의 경우 과세평가액의 3/1000의 세율을 일률적으로 적용하며 주택의 경우에는 누진세율을 적용한다.

$$DUTYc = \{ Co - ( KAMKA \times (n-1)) \} \times 0.7 \times (3/1000) \quad (3.3.444)$$

여기서, DUTYc : 재산세, Co : 초기투자비, KAMKA : 감가상각비

#### ㉟ 도시계획세

도시계획구역 안의 토지, 건물에 매년 부과되는 것으로 지방세법 237조에 따라 과세평가액의 2/1000의 세율을 적용한다.

$$DUTYd = \{ Co - (KAMKA \times (n-1)) \} \times 0.7 \times (2/1000) \quad (3.3.445)$$

여기서, DUTYd : 도시계획세, Co : 초기투자비, KAMKA : 감가상각비

㉔ 공동시설세

소방시설, 오물처리시설, 기타 공공시설에 필요한 비용에 충당하기 위하여 그 시설로 인하여 이익을 받는자에 대하여 과세하는 것으로 누진 세율이다.

$$DUTYe = \{ Co - (KAMKA \times (n-1)) \} \times 0.7 \times (1.6/1000) \quad (3.3.446)$$

여기서, DUTYe : 공동시설세, Co : 초기투자비,

KAMKA : 감가상각비

(다) 에너지비

에너지비는 전력비와 연료로 사용되는 유류, 가스비로 나누어진다. 여기에 매년 도별 단가상승율을 곱하여 연간 에너지비용을 계산한다.

전력요금은 기본요금과 전력량 요금으로 나누어진다. 기본요금은 전기사용량의 최대용량을 전력회사와 계약한 사항에 따라 계산하고, 전력량 요금의 경우 계절별, 시간대별로 요금체계가 다르기 때문에 사용량을 월별, 시간별로 집계하여 사용요금을 계산한다.

유류비는 연간 평균가격으로 계산하고, 가스는 계절별로 요금이 다르므로 월별로 사용량을 집계하여 계산한다.

$$ENERGY = \sum_{j=1}^n \{ (ELE \times ELEr) + (OIL \times OILr) + (GAS \times GASr) \}$$



(3.3.447)

여기서, ENERGY : 에너지비, ELE : 전력비,

ELEr : 전기단가상승율,

OIL : 유류비, OILr : 유류단가상승율,

GAS : 가스비, GASr : 가스단가상승율

(라) 인건비(MEN)

설비의 유지보수인원의 인건비는 노동조건에 따라 다르나, 단순히 급료만이 아니고 기타 경비도 가산해야 한다.

최근의 초고층 빌딩과 같이 중앙감시설비가 잘 갖추어져 있는 곳에서는 인원이 줄고 있다.

$$MEN = \sum_{j=1}^n \{ MENno \times MENwo \times MAINr \} \quad (3.3.448)$$

여기서, MEN : 인건비, MENno : 관리인원

MENwo : 일인당 인건비, MAINr : 1인당인건비 상승율

(마) 유지·수리비

유지·수리비는 주로 건물과 설비류가 그 대상이 되며 각각의 규모, 종류 및 수명에 따라 과거의 자료를 분석하여 연간 유지수리비를 계산한다.

일반적으로 건물에 대해서는 건물구입가격의 0.6%, 공기조화설비에 대해서는 구입

가격의 1.5% 정도가 사용된다. 공기조화설비의 유지·수리비의 내역 및 구성비율은 표 3.3.30과 같다.

표 3.3.30 공기조화설비의 유지수리비 구성

항 목	구성율(%)	설비비(%)
냉동기 유지, 수리비(보수계약비, 응축기 수리, 부품 교환비 등)	23.5	0.35
보일러 유지, 수리비(보수계약비, 청소비, 버너수리비, 부품교환비 등)	16.5	0.25
에어필터 유지, 수리비, 필터구입비, 필터 오일 구입비	20.0	0.30
냉매 보급비	10.0	0.15
냉각탑 유지, 수리비(청소비, 도장비, 증진 재교환 등)	7.5	0.11
공조기, 환, 펌프, 모터의 유지, 수리비(수리, 부품교환 등)	14.5	0.22
기타(냉동기오일, 모터오일, 구리스의구입, 덕트배관의 수리, 기타기기의 수리비)	8.0	0.12
계	100.0	1.5

$$MAINT = \sum_{j=1}^n \{ MANITy \times MAINTr \} \quad (3.3.449)$$

여기서, MAINT : 유지·수리비

MAINTy : 1년간의 유지·수리비

MAINTr : 유지비상승율

(바) 교체비

분석기간 내에서 설비가 물리적으로 수명을 다하면 교체를 하게 된다. 이러한 교체비용은 Life Cycle 년 수 동안 일정하며 제품 및 시스템 건설의 단가상승율을 고려한 비용에 비용의 시간가치만을 고려하게 된다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{RENEWAL} = \sum_{j=1}^{nr} \{ \text{RENEWALa} \times \text{RENEWALr} \} \quad (3.3.450)$$

여기서, RENEWAL : 교체비, RENEWALa : 초기건설비

RENEWALr : 교체비단가상승율 nr : 교체주기

(사) 상하수도비

공기조화설비에 있어서 급수량의 주된 비중을 차지하는 것은 냉각탑 보급수와 겨울철의 가습용수 이다.

냉각탑 냉각보급수량은 냉각수 순환량의 1.5 ~ 2.5% 정도이나 통상적으로 2%를 적용한다. 가습용수는 개략적으로 다음 식과 같이 산출한다.

$$\text{연간가습량} = 0.024 \text{ } \ell / \text{m}^2 \cdot \text{h} \times \text{공조면적}(\text{m}^2) \times \text{운전시간}(\text{h})$$

산출된 급수량에 수도요금을 곱하여 산출하며 공조설비의 경우 하수도 요금은 극히 적은량이므로 일반적으로 산출하지 않는다.

$$WATER = \sum_{j=1}^n \{ (CT_w + ST_w) \times WAT_w \times WAT_r \} \quad (3.3.451)$$

여기서, WATER : 상수도비, CT<sub>w</sub> : 냉각탑보급수량

ST<sub>w</sub> : 가습용수, WAT<sub>w</sub> : 상수도단가

WAT<sub>r</sub> : 상수도 단가상승율

#### (아) 수처리비

수처리의 방법은 수질의 상태에 따라 다르고 처리방법에 따라서도 비용의 차이가 크게 다르다. 계산식은 다음과 같다.

$$WATER2 = \sum_{j=1}^n \{ WAT_v \times WAT2_w \times WAT2_r \} \quad (3.3.452)$$

여기서, WATER2 : 수처리비, WAT<sub>v</sub> : 보급수량

WAT2<sub>w</sub> : 수처리단가, WAT2<sub>r</sub> : 수처리단가상승율

#### (자) 보험료

보험료는 화재보험료와 기계보험료 등이고, 총칭하여 손해보험료를 의미하며 일반적으로 건물에 있어서는 화재보험이 대부분이다.

화재보험 요율은 건물의 구조, 지역, 면적, 층수, 소화설비의 정도에 따라 다르지만 설비비의 약 0.6%로 추정되며 개략 계산시에는 화재보험과 기계보험을 합하여 설비비의 1%정도를 계산한다.

$$INSURE = \sum_{j=1}^n Co \times (1 + INSURE)^j \quad (3.3.453)$$

여기서, INSURE : 보험료, INSURE<sup>r</sup> : 보험요율

Co : 건설비 또는 설비비

#### (차) 점유공간비

열원 시스템이나 공기조화방식의 선택에 따라 기계실의 점유공간의 대소 차이가 발생하며 배관샤프트와 덕트샤프트에도 차이가 있으므로 이에 대한 점유 공간을 고정비로 계산한다. 열원 기계실의 경우 보통 지하에 설치하게 되며, 이때 지하 창고의 임대료 정도로 개략 계산할 수 있다.

$$SPACE = \sum_{j=1}^n \{ SPACE_{Ea} \times SPACE_{Em} \times SPACE_r \} \quad (3.3.454)$$

여기서, SPACE : 점유공간비, SPACE<sub>Ea</sub> : 점유공간,

SPACE<sub>Em</sub> : 연간임대비, SPACE<sub>r</sub> : 연간 임대비 상승율

#### (카) 처분가격

설비가 수명을 다하고 폐기처분 할 때에 판매되는 가격으로서 실제로는 정확한 견적을 하는 것이 거의 불가능하여 때때로 세법상의 잔존가격으로써 일률적으로 10%로서 계산하는 경우도 있으며, 처분가격과 철거비가 상쇄되는 것으로 가정하여 계산하지 않는 경우도 있다.

## 5. 프로그램의 개발

### 가. 프로그램의 구성 체계

건물의 에너지 사용량을 평가하기 위한 에너지계산(BES 2000)프로그램은 그림과 같이 부하 계산, 시스템 계산, 경제성 분석 등 3개의 세부 프로그램으로 구성되어 있으며, 사용자 인터페이스를 이용하여 입력자료를 구축하고, 프로그램을 구동하도록 설계하였다. 이러한 통합적인 시스템 환경은 현장 실무자가 손쉽게 입력자료를 작성하여 원하는 계산결과를 얻을 수 있도록 도와줌으로서, 구축된 프로그램의 현장 적용성을 높이도록 설계하였다.

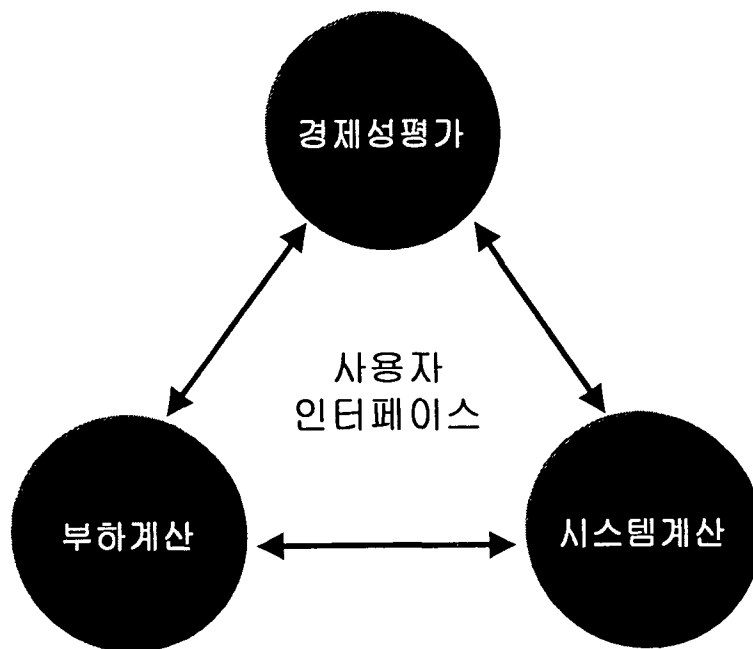


그림 3.3.45 프로그램의 구성

부하 계산 프로그램은 설정된 실외조건하에서 건물내의 지정공간에 대한 냉·난방 부하를 계산하는 것으로, 기상조건, 일사조건, 재실스케줄, 조명 및 기기, 침입외기 그리고 구조체의 열용량 등에 따른 건물의 냉·난방 부하를 계산한다. 시스템

계산 프로그램은 주어진 실내조건으로부터 계산된 에너지 부하를 기초로 하여, 필요기량, 장치운전시간, HVAC 장치제어방식을 고려하여 시스템의 실제 에너지 소량을 계산한다.

한편, 건물 및 시스템의 구성에 따른 비용을 추정하여 주어진 조건에서 적용가능한 시스템에 대한 대안들을 평가하고, 최적의 시스템을 구성하기 위하여 경제성 분석을 실시한다. 이를 위하여 경제성 분석 프로그램은 여러가지 시스템에 대한 비용을 비교하며, 기존의 건물에 대한 개보수 비용을 계산한다.

사용자 편의시스템(User Interface System)은 실무자의 현장 적용성을 높이기 위한 수단으로서, 기초자료의 관리를 위한 데이터베이스(database), 자료입력의 편의를 위한 그래픽 인터페이스(GUI), 실시간 처리를 위한 대화형 메뉴시스템 등으로 이루어진다. 또한, 윈도우 시스템의 그래픽 처리 기능을 응용한, 자료입력화면을 개발하여 사용자의 입력자료 구축을 위한 시간을 최소화하였으며, 윈도우 기반 메뉴시스템을 개발하여 프로그램의 현장 적용가능성을 높이도록 하였다. 그림은 에너지계산(BES 2000)프로그램의 초기화면을 보여주고 있다.

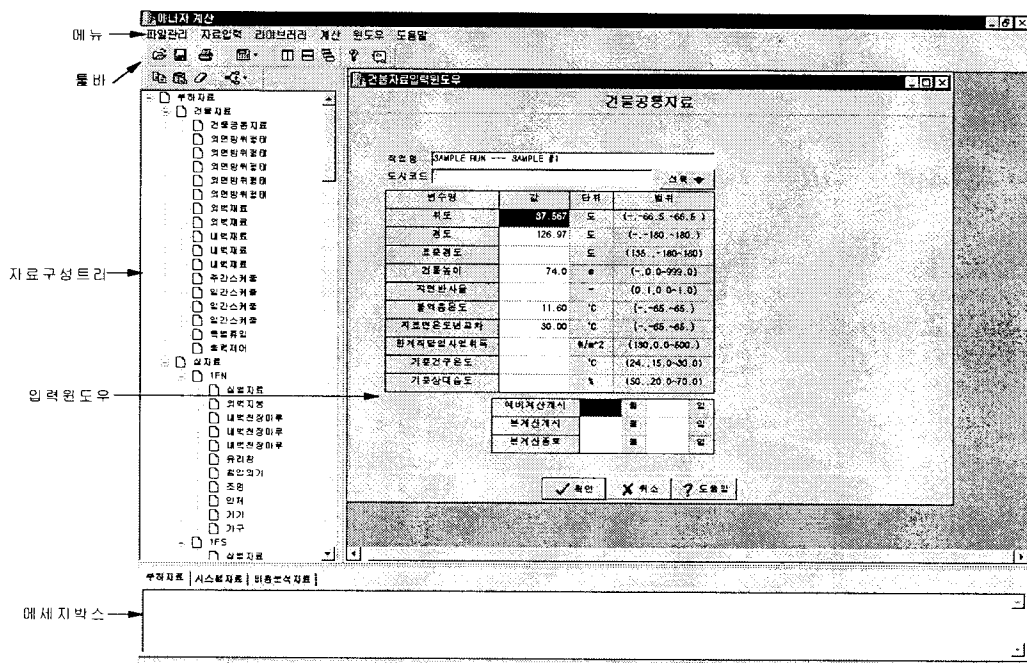


그림 3.3.46 사용자 편의 시스템

나. 계산 흐름도

에너지계산(BES 2000)의 계산 흐름도는 그림과 같이 부하계산 프로그램, 공조시스템 계산 프로그램 및 비용분석 프로그램이 서로 연계되어 있다. 부하계산 프로그램은 건물자료 및 기상자료와 각종 라이브러리 자료로부터 시간별 부하, 월별부하, 건물요소별부하, 등을 계산하며, 계산된 시간별 부하 자료는 시스템 계산 프로그램의 입력자료로 이용된다. 시스템 계산 프로그램은 시간별 부하자료 및 시스템자료 및 열원기기자료로부터 년간에너지소비량과 열환경평가 및 시스템 성능파일 등을 계산한다. 한편, 비용분석 프로그램은 부하계산 및 시스템계산에서 계산된 에너지 소비량과 입력된 비용분석자료를 이용하여 비용분석을 한다. 다음의 그림 3.3.47은 계산 흐름도를 나타낸다.

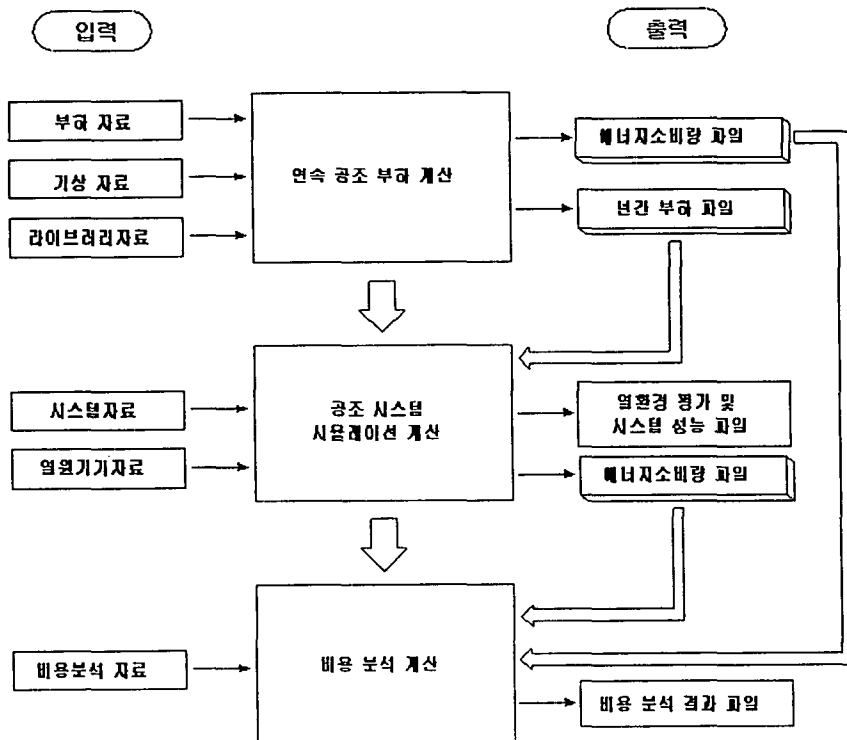


그림 3.3.47 에너지계산(BES 2000)의 계산 흐름도



## 다. 사용자 편의 시스템

### (1) 메뉴시스템

메뉴시스템은 사용자가 원하는 작업환경을 선택적으로 실행할 수 있도록 하는 사용자 편의시스템으로, 작업단계에 따라 상위의 메뉴(주메뉴)와 그에 부속된 하위 메뉴(부메뉴)로 이루어진다. 에너지계산(BES 2000)의 메뉴시스템은 그림과 같이 왼쪽에 입력화면의 처리를 위한 자료구성트리(Data Structure Tree Menu)가 있으며, 화면 상단에는 작업 메뉴 및 아이콘(Icon) 등이 위치하고 있다. 또한, 화면의 하단에는 도움말 등의 정보를 출력하기 위한 대화창(Message Box)이 갖추어져 있다.

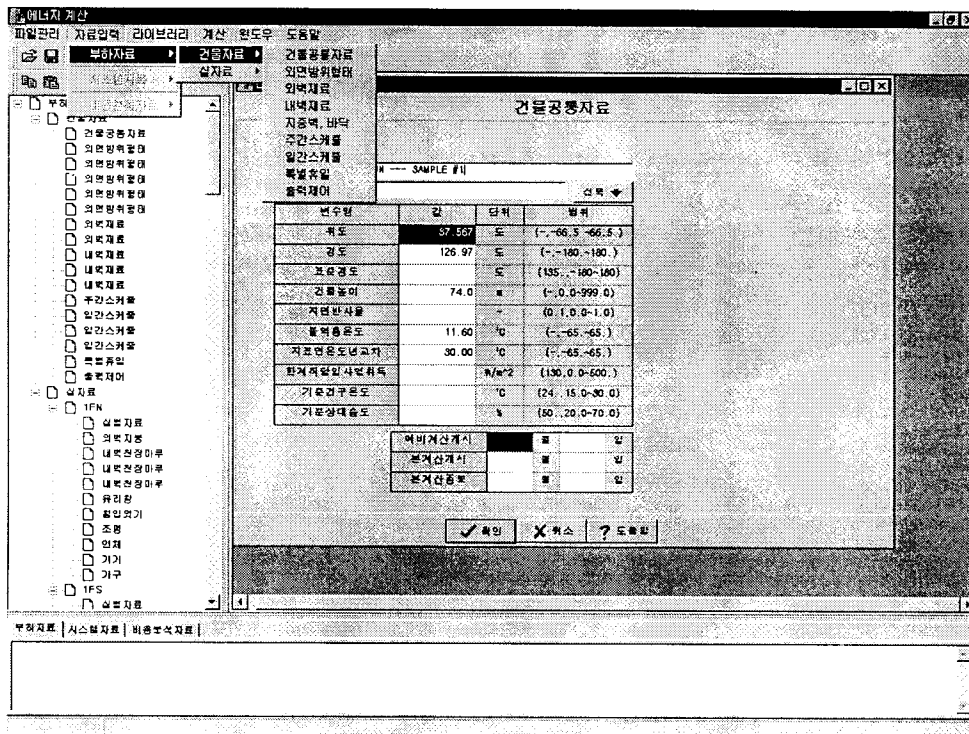


그림 3.3.48 에너지계산(BES 2000)의 메뉴시스템

에너지계산(BES 2000)의 메뉴 구조를 정리하면 그림과 같다. 에너지계산(BES 2000)은 그림과 같이 파일관리, 자료입력, 라이브러리, 계산, 윈도우, 도움말 등 6

개의 주 메뉴로 구성되어 있으며, 주메뉴는 다시 작업특성에 따라 몇개의 세부적인 부 메뉴를 가지고 있다.

## (2) 자료입력화면

에너지 소비량을 산정하기 위한 프로그램의 입력자료는 그 종류가 많고, 입력형태가 매우 복잡하기 때문에 자료의 구축에 많은 시간과 노력이 필요하며, 구축된 자료의 경우에도 사용자의 입력 오류가 많이 발생하고 있으며, 이로 인하여 실제 현장 적용에는 많은 어려움이 따르고 있다.

에너지계산(BES 2000)은 입력자료의 구축에 따른 문제점을 개선하기 위하여 윈도우 시스템에 기초한 자료입력화면을 구성하였다. 자료입력화면은 그림과 같이 입력항목과 입력 범위를 자동적으로 표시하며, 입력항목별 입력창을 통하여 원하는 자료를 순차적으로 입력하게 된다.

자료입력화면은 왼쪽의 리스트 메뉴를 이용하여 손쉽게 실행할 수 있으며, 자료의 형태에 따라 단일 입력화면과 연속된 입력화면이 있다.

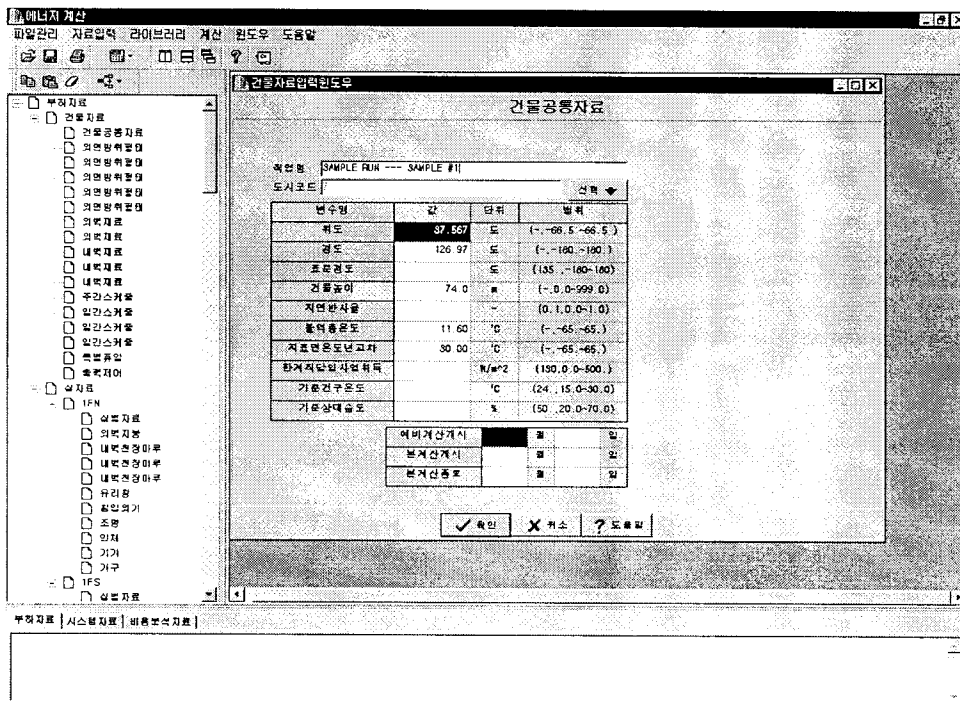


그림 3.3.49 자료입력화면

### (3) 결과 출력 및 인쇄

자료의 입력 및 계산을 통한 결과는 화면이나 프린트를 통하여 사용자가 출력하여 분석하거나 보관할 수 있다. 에너지계산(BES 2000)은 자료입력화면이나 문서편집기로부터 사용자가 작성한 입력자료를 이용하여 프로그램을 실행하며, 계산 결과는 그림과 같이 화면을 통하여 나타난다. 또한, 계산 결과는 프린트를 이용하여 출력할 수 있는데, 이는 '파일관리' 주 메뉴에 포함되어 있는 인쇄 기능을 이용하여 원하는 결과를 출력할 수 있다.

부하계산항목	지스별계산항목	외벽	천정	바닥	창문
연구준도	-1.4 C				32.8 C
승구준도	-2.6 C				24.9 C
외벽	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
지붕	-9.309	0.000	0.000	1.923	0.000
바닥	-5.937	0.000	0.000	0.715	0.000
창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
유리창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
유리창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
외벽	0.003	0.000	0.000	11.435	0.000
천정	0.000	0.000	6.634	8.035	0.000
바닥	0.000	0.000	4.193	1.440	0.000
외벽	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
기타	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
계	-15.258	0.000	24.902	9.475	
외벽부하	-15.258		34.377		
외벽부하 / 면적당	-21.2		47.7		
* 건물 요소별 열무부하 상세 (kW)					
		남향부하		북향부하	
시간	1	4	8	8	4
연구준도	-10.5 C				32.8 C
승구준도	-12.2 C				24.1 C
외벽	-21.778	0.000	8.844	0.000	0.000
지붕	-21.498	0.000	4.548	0.000	0.000
바닥	-53.817	0.000	5.283	0.000	0.000
창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
유리창문	-60.569	0.000	15.116	0.000	0.000
유리창문	0.232	0.000	54.664	0.000	0.000
외벽	-9.268	-5.740	4.728	7.715	0.000
천정	0.005	0.000	80.435	0.000	0.000
바닥	0.007	0.000	45.297	57.320	0.000
외벽	0.005	0.000	28.551	10.364	0.000
창문	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
기타	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
계	-166.620	-5.740	247.488	76.003	
외벽부하	-172.360		323.491		
외벽부하 / 면적당	-33.2		62.4		

그림 3.3.50 화면출력 예

라. 프로그램의 메뉴구조

에너지계산(BES 2000)은 다음 그림 3.3.51과 같은 메뉴구조를 갖고 있다

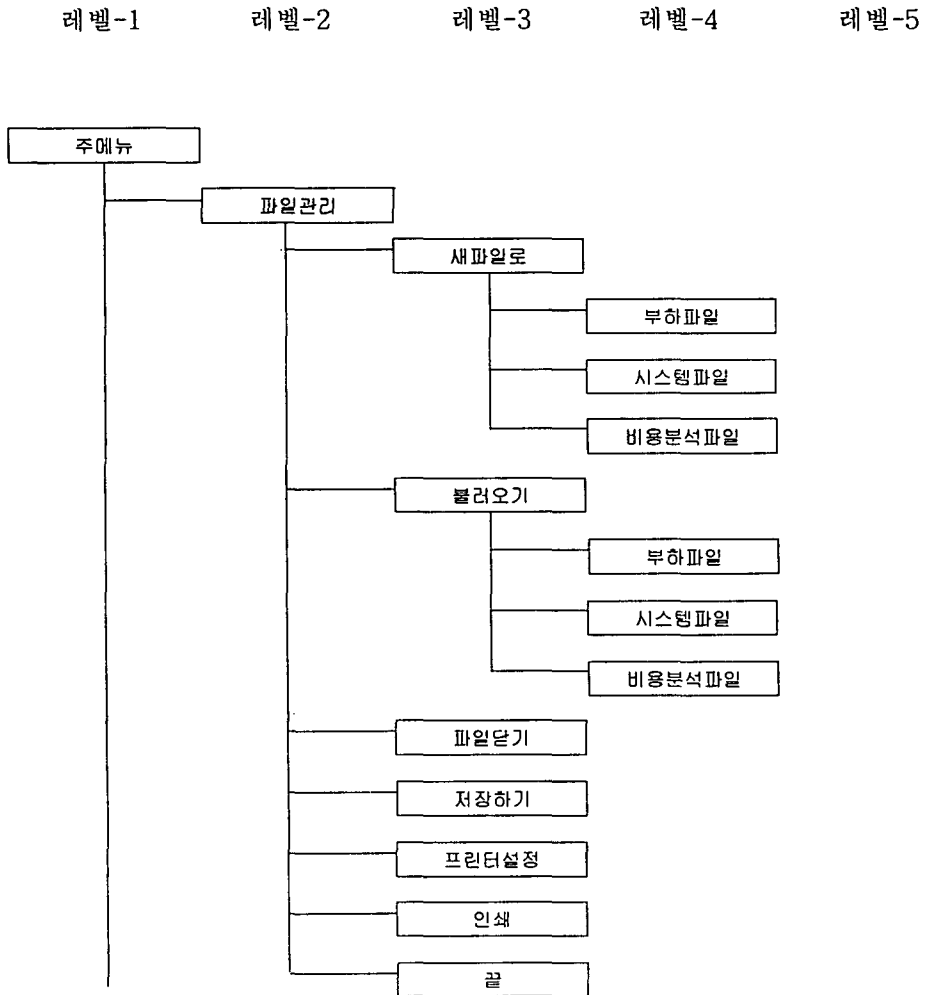


그림 3.3.51 메뉴구조(계속)

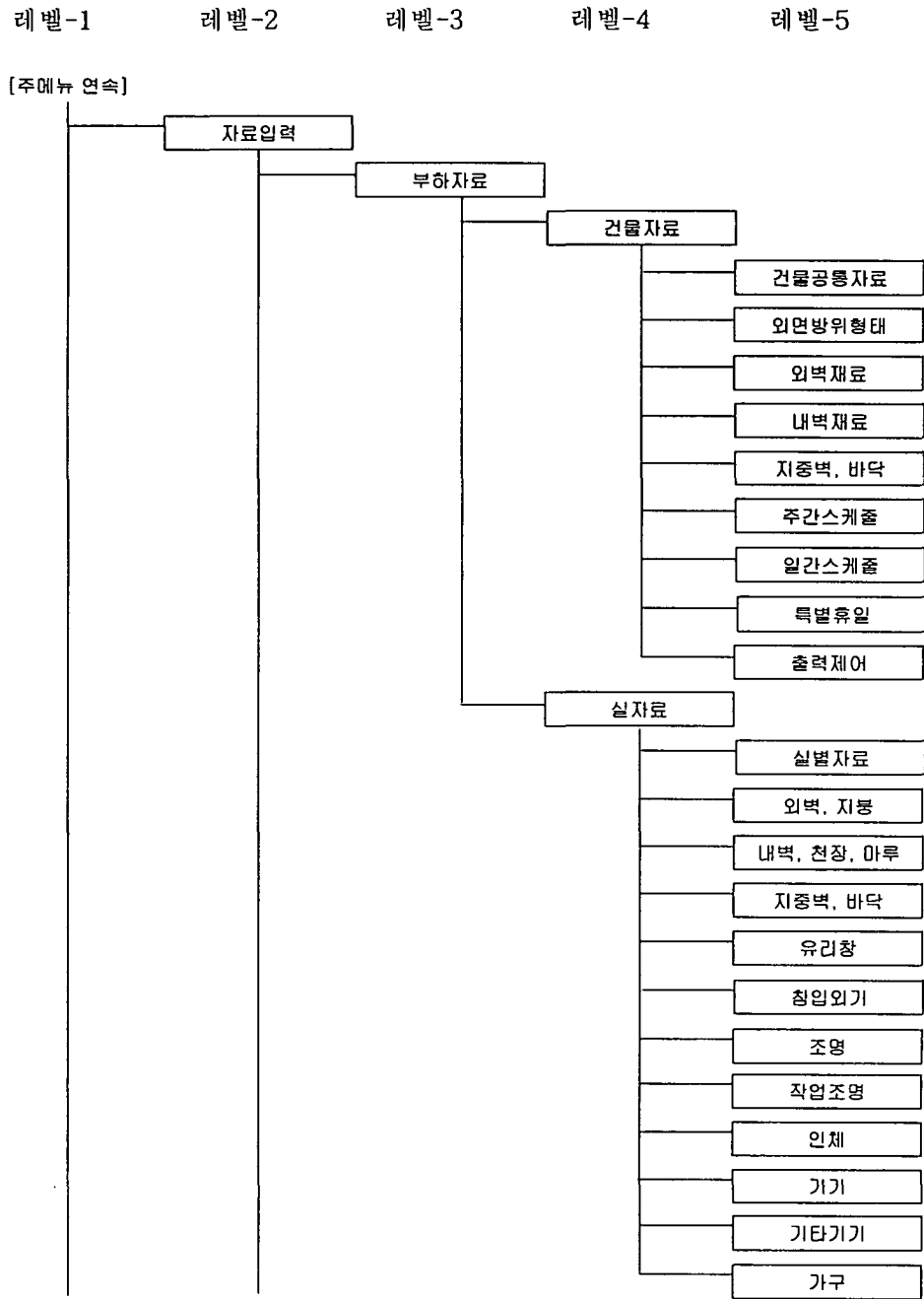


그림 3.3.51 메뉴구조(계속)

레벨-1

레벨-2

레벨-3

레벨-4

레벨-5

[주메뉴 연속]

[자료입력 연속]

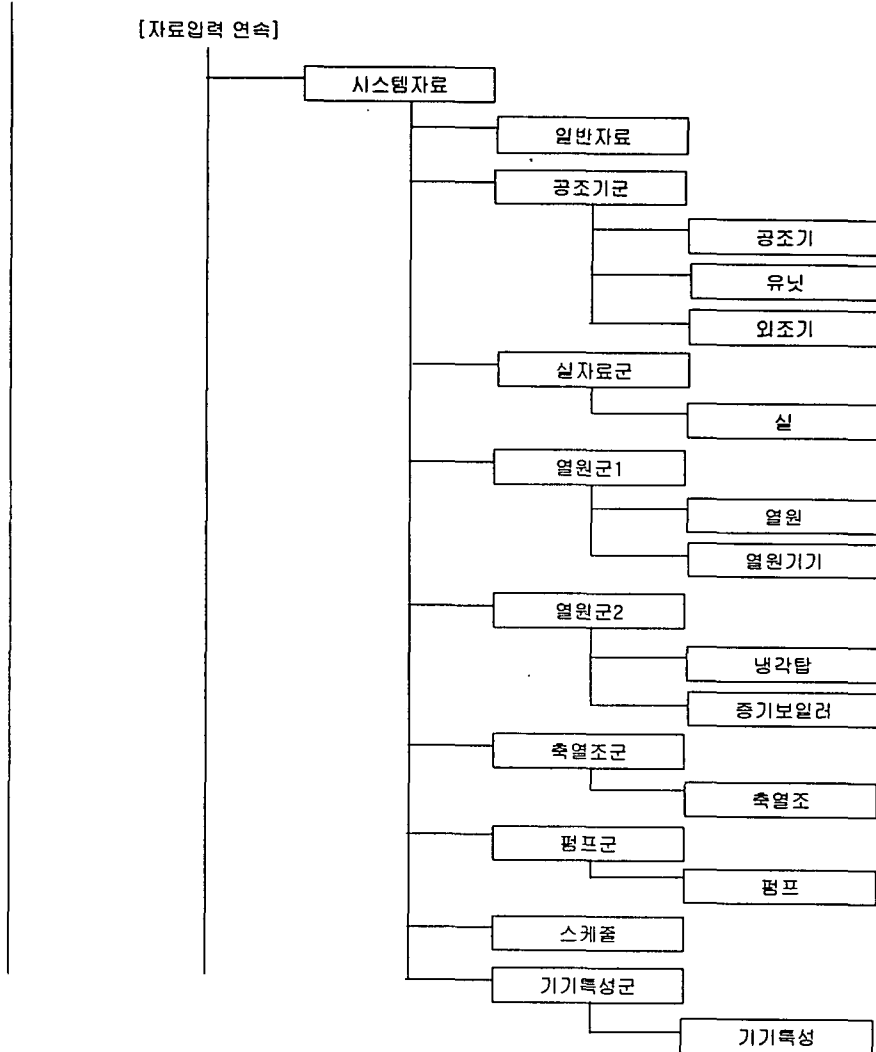


그림 3.3.51 메뉴구조(계속)

레벨-1

레벨-2

레벨-3

레벨-4

레벨-5

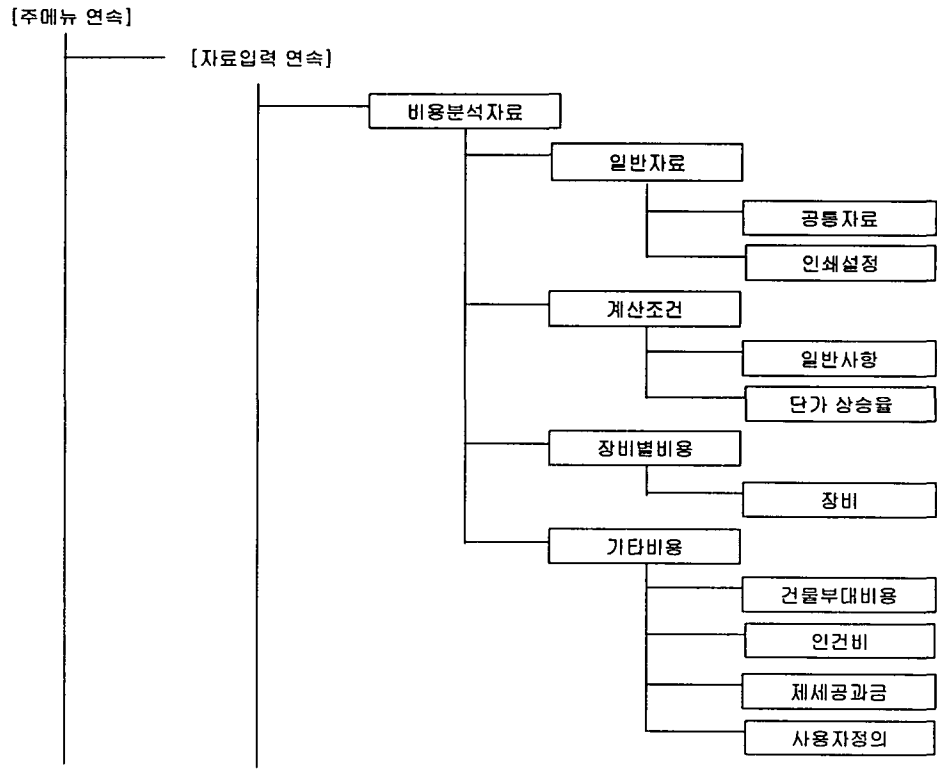


그림 3.3.51 메뉴구조(계속)

레벨-1

레벨-2

레벨-3

레벨-4

레벨-5

[주메뉴 연속]



그림 3.3.51 메뉴구조(끝)



## 제 4 절 설계계산용 Toolkit 프로그램 개발

### 1. 습공기 계산 프로그램

#### 가. 개요

습공기의 상태량 계산에는 Keenan의 식, ASME 공식 및 Goff-Gratch<sup>7)</sup> 공식 등을 사용해 왔으나 국제실용 온도눈금과 SI단위계의 적용으로 인하여 1981년 이후에는 ASHRAE에서 개발한 Wexler-Hyland<sup>8,4)</sup>의 공식이 사용되고 있다.

그러나 이 방법은 실제기체로서의 상태량을 계산하기 때문에 알고리즘이 매우 복잡하여, ASHRAE는 2~3자리의 유효숫자로 만족할 수 있는 공기조화계산에는 습공기를 이상기체로 간주한 근사계산법을 권장하고 있다<sup>4)</sup>. 이것은 기체의 포화수증기압이 물에 용해되어 있는 공기, 압력변화에 따른 물의 상태량 변화 및 습공기 분자간의 상호작용 때문에 Wexler-Hyland<sup>9,10)</sup> 식으로부터 계산한 순수한 물의 포화수증기압과는 약간의 차이가 생기는데 이것을 수정계수(enhancement factor)로 보정하는 방법이며, 압력만을 고려한 Wexler-Hyland의 식과 압력과 온도를 모두 고려한 手塚後一<sup>12,13)</sup>의 식 등이 있다.

습공기 상태량 계산 프로그램으로는 ASHRAE의 HVAC2 TOOLKIT, 일본공기조화·위생공학회 및 Elite 사의 Psychen 등이 있으며, 국내에는 공기조화·냉동공학회의 습공기선도 작성용 프로그램이 있다.

본 연구에서는 공기조화시스템 설계에서 가장 기본이 되는 습공기의 열역학적 상태량계산방법을 검토하고, 습공기의 과정해석과 습공기선도를 작도하기 위한 PC용 소프트웨어를 개발하였다. 습공기 상태량 계산 알고리즘은 HVAC2 TOOLKIT를 골간으로 하고 엔탈피의 정밀도를 향상시키기 위하여 手塚後一의 수정계수의 식을 -40℃ ~ 80℃의 온도범위로 확장하여 사용하였으며, 실용자의 편의성을 위하여 마이크로소프트 윈도우 95와 NT의 GUI 환경에서 사용할 수 있도록 하였다.

## 나. 계산 알고리즘

### (1) 습공기의 이상기체 관계식

습공기의 상태량은 습공기를 건공기와 수증기의 혼합기체로 생각하고, 그것들을 모두 이상기체로 취급하면 간단하게 계산할 수 있다.

절대습도는 습공기 혼합물에서 건공기의 질량에 대한 수증기 질량의 비인데, 전 압력  $P$ 와 수증기분압  $P_w$ 로 표시하면 다음과 같다.

$$W = 0.62198 \frac{P_w}{(P - P_w)} \quad (3.4.1)$$

상대습도는 동일한 온도와 압력하에서 포화습공기에 대한 임의상태에서의 수증기의 몰비의 비이다.

$$\phi = \frac{x_w}{x_{ws}} \Big|_{t, p} = \frac{P_w}{P_{ws}} \Big|_{t, p} \quad (3.4.2)$$

비체적은 건공기 1kg에 대한 습공기의 체적이므로 상태방정식으로부터 다음과 같이 표시된다.

$$v = \frac{0.2871 T}{P} (1 + 1.6078 W) \quad (3.4.3)$$

이상기체 혼합물의 엔탈피는 각 성분의 엔탈피의 합과 같다.

$$h = 1.006 t + W (2501 + 1.805 t) \quad (3.4.4)$$

### (2) 습구온도 및 노점온도

열역학적 습구온도  $t^*$ 는 공기( $t, W, h$ )가 정압과정에서 다량의 수분과 접하며 긴

단열유로를 통과하면서 온도  $t^*$ 의 물로부터 수분을 공급받아서 물과 같은 온도의 포화공기( $t^*$ ,  $W_s^*$ ,  $h_s^*$ )가 되어 나오는 과정을 생각했을 때의 온도이며, 다음식을 이용한 반복계산으로 구한다.

$$W = \frac{(2501 + 1.805 t^* - h_w^*) W_s^* - 1.006(t - t^*)}{2501 + 1.805 t - h_w^*} \quad (3.4.5)$$

여기서,  $h_w^*$ 는 습구온도  $t^*$ 에서의 물의 비엔탈피이며 다음의 근사식으로 구한다.

$$h_w^* = -333.43 + 2.031 t^*, \quad t^* \leq 0 \quad (3.4.6)$$

$$h_w^* = 4.186 t^*, \quad t^* > 0 \quad (3.4.7)$$

노점온도  $t_d$ 는 ASHRAE편람 등에서는 대부분 경험식을 사용하고 있으나 오차를 최소화하기 위하여 다음 식을 이용한 반복계산으로 구한다.

$$W_s(P, t_d) = W \quad (3.4.8)$$

포화수증기압  $P_{us}$ 는 Wexler-Hyland의 식 (3.4.3)으로부터 구한다.

### (3) 수정계수(enhancement factor)

습공기를 이상기체로 가정함으로써 발생하는 오차를 줄이기 위하여 ASHRAE 등은 수정계수를 적용하여 절대습도를 보정하여 계산의 정밀도를 높이고 있는데, 그 적용범위는  $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$  및 압력 50기압 이하이다. 본 연구에서는 적용온도범위를  $-40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 로 확장하기 위하여 온도변화에 따른 보정을 추가한 다음 식을 적용하였다.

$$P_{us} = f_s P_{us} \quad (3.4.9)$$

여기서,  $f_s$ 는 수정계수이며 다음과 같다.

$$f_s = 1 + 0.004P_r + c_1 + c_2t + c_3t^2 + c_4t^3 + c_5t^4 + c_6t^5 + c_7t^6 \quad (3.4.10)$$

여기서,

$$c_1 = 0.162867E-04, \quad c_2 = -0.687144E-05$$

$$c_3 = 0.632170E-06, \quad c_4 = 0.111286E-08$$

$$c_5 = 0.178558E-10, \quad c_6 = -0.471039E-12$$

$$c_7 = -0.773271E-14$$

이고,  $P_r$ 는 표준대기압에 대한 국지대기압의 비이다.

#### (4) 계산결과의 검토

표 3.4.1과 표 3.4.2는 본 연구에서 채택한 계산알고리즘과 참고문헌 2,7,8)에 의해 계산한 포화상태의 엔탈피와 비체적을 비교한 것이다.

온도범위  $-40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 에서 엔탈피는 0.005%, 비체적은 0.1%의 오차범위로서 충분한 정밀도를 보여주고 있다.

표 3.4.1 포화상태에서의 엔탈피 비교(kJ/kg)

P = 101.325 kPa

Temperature	ASHRAE RP-216	PSYALL	SHASE	HVAC2 TOOLKIT
-40	-40.04	<b>-40.05</b>	-39.81	-40.05
-20	-18.55	<b>-18.55</b>	-18.44	-18.56
0	9.47	<b>9.48</b>	9.43	9.44
20	57.55	<b>57.56</b>	57.26	57.41
40	166.67	<b>166.68</b>	165.68	166.03
60	460.85	<b>460.87</b>	457.26	458.08
80	1541.66	<b>1541.75</b>	1524.33	1527.43

표 3.4.2 포화상태에서의 비체적 비교( $m^3/kg$ )

P = 101.325 kPa

Temperature	ASHRAE RP-216	PSYALL	SHASE	HVAC2 TOOLKIT
-40	0.6598	<b>0.6606</b>	0.6605	0.6606
-20	0.7172	<b>0.7179</b>	0.7178	0.7179
0	0.7781	<b>0.7785</b>	0.7784	0.7785
20	0.8498	<b>0.8501</b>	0.8500	0.8501
40	0.9568	<b>0.9569</b>	0.9566	0.9569
60	1.1752	<b>1.1751</b>	1.1746	1.1751
80	1.8810	<b>1.8803</b>	1.8784	1.8803

#### 다. 프로그램의 개발

##### (1) 기본구성

본 연구에서는 습공기의 상태량 계산방법을 검토하고 이를 토대로 PC용 습공기 상태량 계산 및 과정해석용 소프트웨어인 PSYALL을 개발하였다. PSYALL을 활용하는 실무진에서의 사용의 편의성을 위해 마이크로소프트 윈도우95와 NT의 GUI 환경에서 사용할 수 있도록 하였고, 과정해석은 단일과정해석과 복합과정해석을 선도상에 비주얼하게 표시할 수 있도록 구성하였다. 또한 향후 프로그램의 유지, 보수 및 확장성과 계산의 정확성을 고려해 C/C++를 이용해 코드를 작성하였고, 전체적으로 알고리즘의 정확도와 계산시간 등을 고려해 코드를 구성하였다. 습공기선도의 작도는 화면상의 윈도우 크기에 대한 좌표 및 옵션설정을 통해 여백을 제외한 실제 작도를 위한 영역을 설정하고, 가변적인 윈도우의 크기에 대해 확대/축소가 가능한 선도를 구성하였다.

건구온도와 절대습도를 기본 X, Y축으로 하여 각각의 상태량의 변화에 따른 내부 좌표값을 계산하여 컴퓨터의 화면상에 실시간 작도를 한다. 모든 상태량의 작도에서 건구온도, 절대습도 그리고 상대습도의 범위 등의 한계치에서 각 상태량의 좌표

값이 벗어나는 것을 방지하기 위해 2차원 클리핑을 통해 선도안의 내부에서만 의 각 상태량을 계산하여 작도한다. 그림 3.4.1은 습공기선도 작도를 위한 기본정보의 구조체이며, 그림 3.4.2는 함수의 흐름도이다.

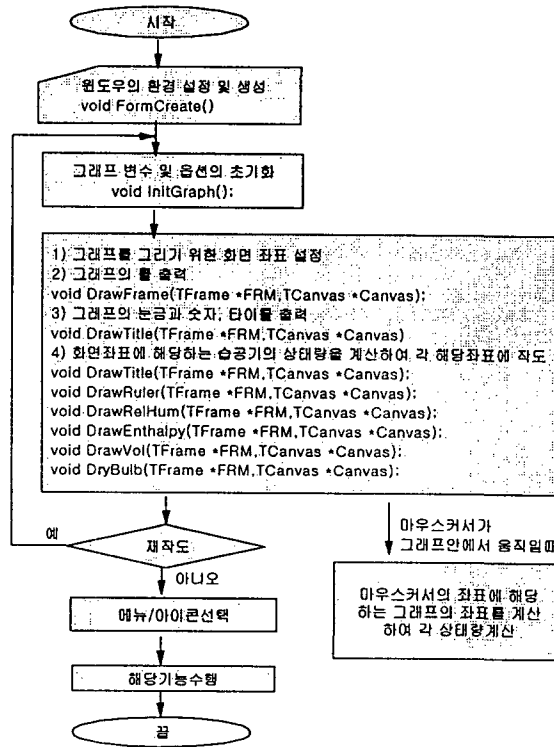


그림 3.4.1 TFrame 구조

```

typedef struct TFrame
{
    int    RealHeight;    // 그래프 영역의 크기
    int    RealWidth;
    int    Height;       // 그래프 내부 영역의 크기
    int    Width;
    int    x1,y1,x2,y2;  // 그래프 내부 영역의 좌표
    int    RulerXn;      // 눈금의 수
    int    RulerYn;
    int    RulerXv;     // 눈금의 크기
    int    RulerYv;
    float  XSkip;
    float  YSkip;
    float  XRatio;      // 화면비율
    float  YRatio;
    int    RulerSx,RulerEx; // X 눈금
    int    RulerSy,RulerEy; // Y 눈금
    struct TGap Gap;     // 그래프박스안의 여백
}TFrame;
  
```

그림 3.4.2 함수의 흐름도

(2) 프로그램의 사용

(가) 상태량 계산

① 프로그램의 구성

습공기의 상태는 세가지의 상태량을 알아야 구할 수 있는데, 그 대표적인 3가지 상태량은 압력, 건구온도 및 습도에 관한 어떤 하나의 상태량이며, 습도를 나타내는 상태량으로는 절대습도, 상대습도, 노점온도, 습구온도 등이 있다. 따라서 압력이 주어지면 건구온도와 습도관련 상태량의 조합에 의해 15종의 입력방식이 있으나, 본 프로그램은 표 3.4.3과 같은 실용적인 10종에 관한 서브루틴으로 구성하였다.

표 3.4.3 PSYALL의 Subroutine

Subroutine명	입력변수	Subroutine명	입력변수
TDB_RH	압력, 건구온도, 상대습도	RH_W	압력, 상대습도, 절대습도
TDB_TWB	압력, 건구온도, 습구온도	W_H	압력, 절대습도, 엔탈피
TDB_W	압력, 건구온도, 절대습도	W_WTB	압력, 절대습도, 습구온도
TDB_H	압력, 건구온도, 엔탈피	RH_H	압력, 상대습도, 엔탈피
TDB_TDP	압력, 건구온도, 노점온도	RH_TWB	압력, 상대습도, 습구온도

② 계산순서

- ㉠ 상태량계산을 위한 10가지의 계산루틴 중 한개를 선택한다.
- ㉡ 표고선택을 통해 압력을 계산한다.
- ㉢ 두가지의 상태량 값을 입력한다.
- ㉣ 두가지의 상태량값 입력시 '범위계산' 버튼을 통해 올바른 입력 범위를 설정한다.
- ㉤ '계산' 버튼을 통해 상태량을 계산한다.

### ③ 계산 예제

상태량계산 예제로서 그림 3.4.3은 서울지역(고도 85.5m)에서 건구온도 10℃, 상대습도 50%를 입력하여 절대습도 3.846 g/kg, 엔탈피 19.75 kJ/kg, 습구온도 5.5 0℃, 노점온도 0.06℃, 비체적 0.815 m<sup>3</sup>/kg의 상태량을 계산한 예이다.

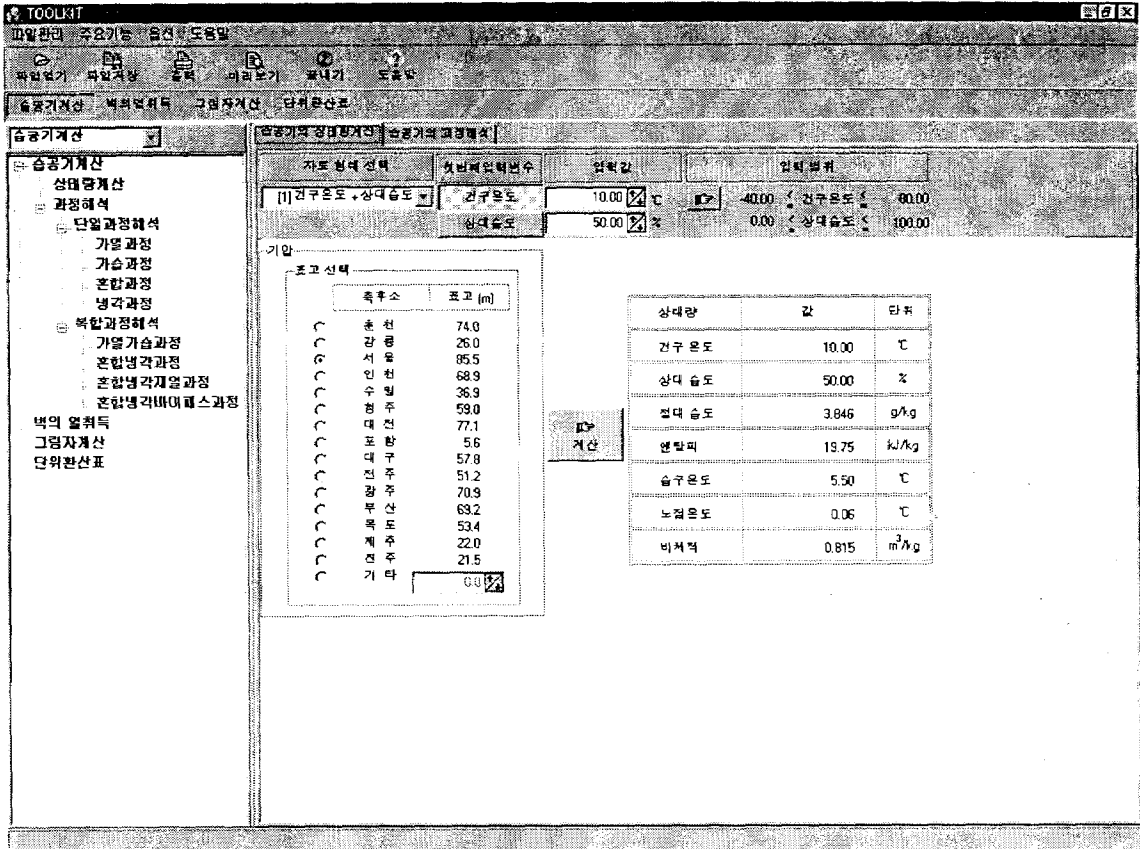


그림 3.4.3 습공기 상태량 계산 예제 화면

#### (나) 과정해석

PSYALL에서의 과정해석은 가열, 냉각, 가습, 혼합과정의 단일과정과 가열가습, 혼합냉각, 혼합냉각 및 재열, 혼합냉각 및 바이패스의 복합과정을 취급하고 있다. 자세한 내용은 사용자 매뉴얼을 참고하고 여기서는 가열과정에 대한 사항만을 설명한다.

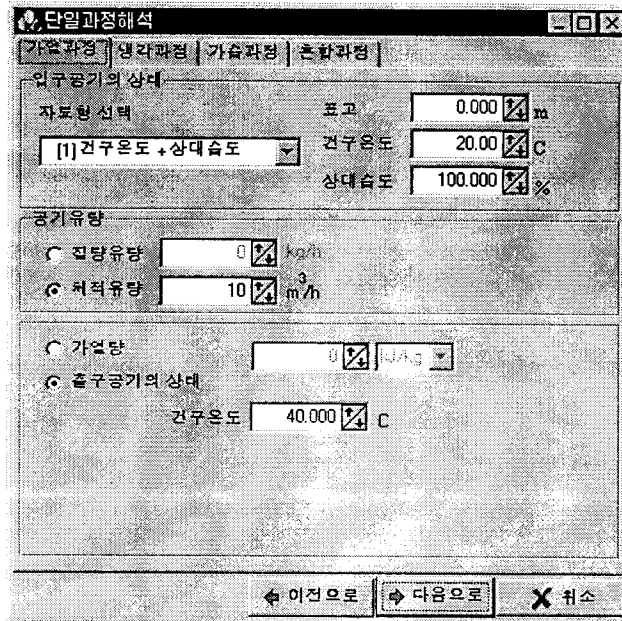
##### ① 가열과정 해석

사용 예로서 표고가 0.0 m인 지역에서 건구온도 20℃, 상대습도 100%인 공기 10

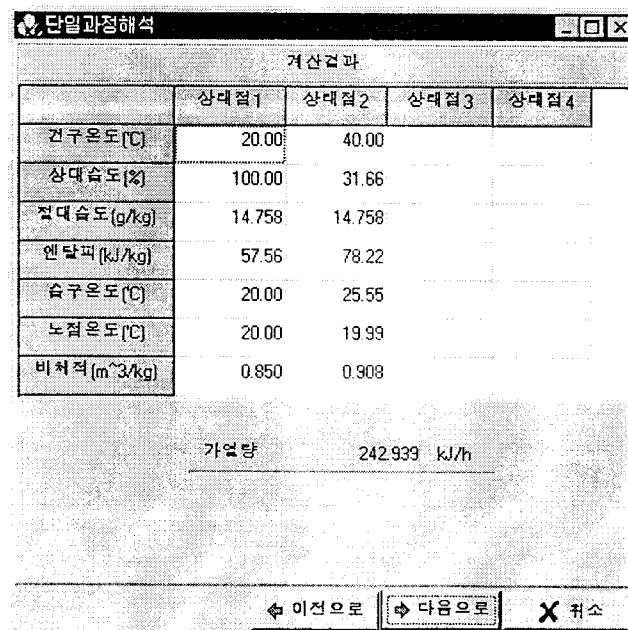


$m^3/h$ 를 건구온도 40℃로 가열한 경우에 최종상태의 상태량과 가열량을 계산하고 이 과정을 습공기선도에 작도하면 다음과 같다.

㉠ 입력 화면



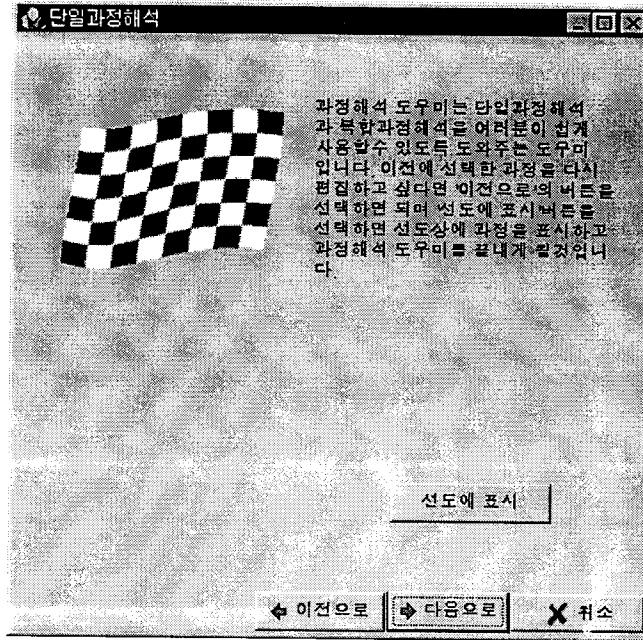
㉡ 계산결과 출력 화면



	상대점1	상대점2	상대점3	상대점4
건구온도 [C]	20.00	40.00		
상대습도 [%]	100.00	31.66		
절대습도 [g/kg]	14.758	14.758		
엔탈피 [kJ/kg]	57.56	78.22		
습구온도 [C]	20.00	25.55		
노점온도 [C]	20.00	19.99		
비체적 [m³/kg]	0.850	0.908		
가열량	242.939 kJ/h			

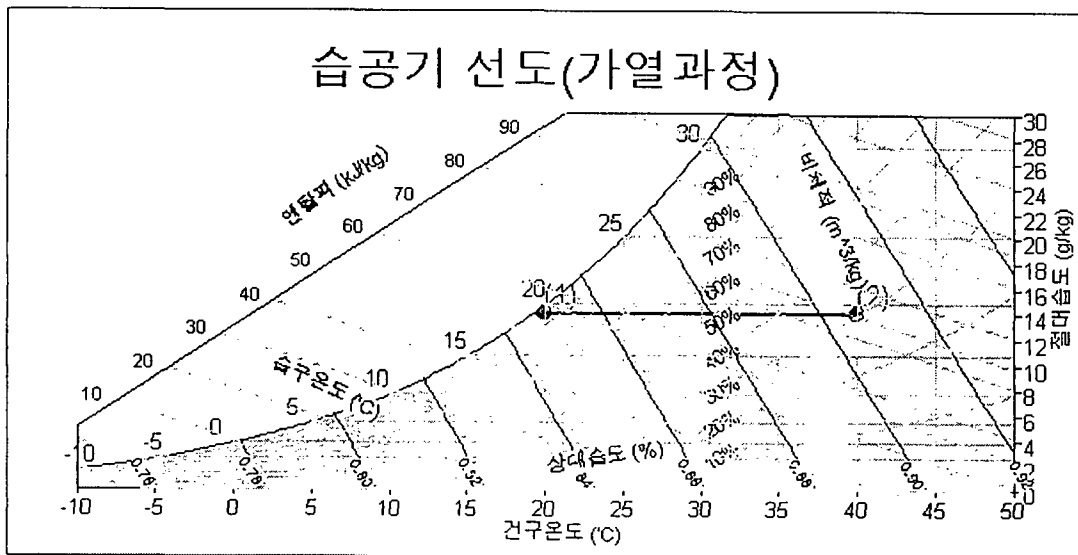
㉔ 습공기선도 작성여부 선택 화면

다음의 화면에서 “선도에 표시” 버튼을 누르면 습공기선도가 작성된다.



㉕ 습공기선도 작성 화면

다음의 선도에서 상태점(1)은 습공기의 최초상태, 상태점(2)는 습공기의 최종상태를 나타낸다.



## 2. 벽의 열취득

### 가. 열관류율

#### (1) 설명

벽체를 통한 열전달율( $Q$ )은 다음과 같다.

$$Q = U A \Delta T \quad (3.4.11)$$

여기서,  $\Delta T$ 는 정상열전달계산에서는 실내와 외기의 온도차이며, 주기정상열전달계산법인 ASHRAE 냉방부하계산에서는 냉방부하온도차, CLTD 이고 일본공기조화·위생공학회 계산법에서는 효과온도차, ETD 이다.

#### (2) 알고리즘

벽체의 열관류율  $U$ 는 다음과 같다.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \sum \frac{\ell_i}{k_i} + \frac{1}{C} + \frac{1}{h_i}} \quad (3.4.12)$$

- 여기서,  $U$  : 벽체의 열관류율(  $W/m^2 K$  )  
 $R_T$  : 열관류저항(  $m^2 K / W$  )  
 $h_o$  : 외표면열전달계수(  $W/m^2 K$  )  
 $h_i$  : 벽체의 내표면열전달계수(  $W/m^2 K$  ),  
 $\ell$  : 각 재료의 두께(  $m$  )  
 $k$  : 각 재료의 열전도율(  $W/m K$  )  
 $C$  : 중공층이 있는 경우 중공층의 콘덕턴스(  $W/m^2 K$  )

#### (3) 프로그램

열관류율, 응답계수 및 전도전달함수를 구하는 프로그램이며, menu=1로 두어 열관류율을 계산한다.

(가) 입력화면

그림 3.4.4는 입력화면의 일예이며, 열관류율을 계산하기 위한 6가지의 입력데이터의 입력방법은 다음과 같다.

그림 3.4.4 열관류율 입력화면

- ① 명칭 - 명칭은 한글 32자, 영문은 64자 이내의 문자열을 입력할 수 있다.
- ② 층의 수 - 층의 수는 실내공기층과 외부공기층을 포함한 층의 개수이며, 최대 14개 이다.
- ③ 출력종류 - 출력종류는 열관류율, 응답계수, 전도전달함수의 3가지 경우가 있으며 기본출력은 열관류율로 설정되어 있다.
- ④ 정확도 - 정확도는 연구용, 공학용(보통), 공학용(정밀)의 3가지 경우가 있으며 공학용(보통)이 기본값으로 설정되어 있다.
- ⑤ 중간계산출력 - 중간계산 출력은 없다.
- ⑥ 재료데이터 입력방법
  - ㉠ 재료는 실내 층에서 실외층의 순서로 입력한다.

㉔ 각 층의 재료데이터는 재료선택창에서 재료명에 해당하는 재료 번호를 선택하고 “삽입” 버튼을 선택하면 열전도율, 밀도 및 비열이 자동적으로 입력되므로 두께만 입력하면 된다. 공기층인 경우에는 그 두께를 반드시 0으로 입력해야 한다.

㉕ 해당재료명이 재료표에 없는 경우에는 등록된 후 ‘나’항과 같이 입력한다

㉖ 단위계는 SI단위계를 사용한다.

(나) 출력화면

그림 3.4.5는 출력화면으로 출력값은 각 층의 열저항, 총열저항 및 열관류율이 다.

명칭 : WALL_1		열관류율			
		층의 수 : 7		단위계 : SI	
층번호	재료명	두께 (mm)	열전달계수/열전도율 W/m <sup>2</sup> K / W/m <sup>2</sup> ·K	열저항 (m <sup>2</sup> K/W)	
1	실내공기층	0.000	8.300	0.12048	
2	플라스터	3.000	0.740	0.00405	
3	돌담	20.000	1.500	0.01333	
4	보통콘크리트	120.000	1.400	0.08571	
5	돌담	25.000	1.500	0.01667	
6	타일	8.000	1.300	0.00615	
7	외부공기층	0.000	17.000	0.05882	
				층열저항 =	0.30523
				열관류율 =	3.276 (W/m <sup>2</sup> K)
					2.817 (kcal/h·m <sup>2</sup> ·°C)

그림 3.4.5 열관류율의 출력화면

나. 응답계수(Response Factor)

(1) 설명

벽체의 응답계수로는 그림 3.4.6에 나타낸 것과 같이 0°C 벽체의 한 면에서 여진으로 삼각파 펄스상의 온도변화를 줄 때, 각 시간간격  $\Delta t$ 의 표면열류 응답을 나타내는 수열이다. 응답은 여진을 받은 표면에서의 것과 여진의 반대측 표면에서의 것 2가지가 있는데, 전자를 흡열응답, 후자를 관류열응답이라 한다. 온도여진의 위

치는 경계조건에 따라서 표면온도의 경우와 공기온도의 경우가 있지만, 여기서는 단지 공기온도여진으로 취급한다.

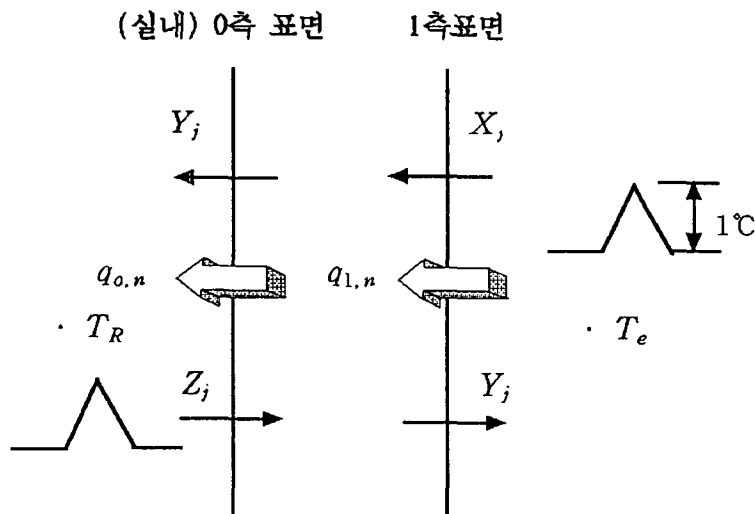


그림 3.4.6 벽체의 응답계수

그림 3.4.6에 나타낸것처럼 외벽에서는 외표면을 1로하고 실내측표면을 0으로 하면, 1측의 공기온도가 펄스상의 변화를 할때 흡열응답을  $X_j$ , 관류응답을  $Y_j$  로 한다. 또 0측에 여진을 줄 때, 이때의 흡열응답을  $Z_j$  로 한다. 관류응답은 1측에 여진을 준것과 동일하게 되는 것을 알 수 있기 때문에, 결국 하나의 벽체에 대해서 3종류의 응답계수가 존재하는 것이 된다.  $X_j, Y_j, Z_j$ 는 여진후  $j\Delta t$  시의 각 표면에서의 열류이고 단위는  $\text{W}/\text{m}^2$  이다.

실용계산에서는 응답계수의 감소율인 공비  $C$ 를 이용한 수정응답계수  $XM_j, YM_j, ZM_j$  를 사용하며 다음 식으로 구한다.

$$XM_j = X_j - C * X_{j-1}, \quad 0 < j < N \quad (3.4.13)$$

여기서,  $N$ 는 개별 계산항의 수 이다.

열전달율은 표면 1에서 표면 0방향을 +로하면 그림 3.4.6에서  $n$ 시의 열전달  $q_{1,n}$

과  $q_{0,n}$ 는 다음과 같다.

$$q_{1,n} = \sum_{j=0}^{\infty} X_j \cdot T_{e,n-j} - \sum_{j=0}^{\infty} Y_j \cdot T_{R,n-j} \quad (3.4.14)$$

$$q_{0,n} = \sum_{j=0}^{\infty} Y_j \cdot T_{e,n-j} - \sum_{j=0}^{\infty} Z_j \cdot T_{R,n-j}$$

수정응답계수를 이용하면 다음과 같다.

$$q_{0,n} = \sum_{j=0}^N Y M_j \cdot T_{e,n-j} - \sum_{j=0}^N Z M_j \cdot T_{R,n-j} + c q_{0,n-1} \quad (3.4.15)$$

응답계수는 다음과 같이 도출된다.

두께  $l_i$ , 열전도율  $k_i$ , 열확산율  $a_i$ 인  $i$  층의 열전도 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.4.16)$$

이것을 라플라스변환하고, 라플라스변환 매개변수를  $s$ 로 표시하면,

$$\begin{bmatrix} T_i(s) \\ q_i(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i(s) & B_i(s) \\ C_i(s) & D_i(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{i+1}(s) \\ q_{i+1}(s) \end{bmatrix} \quad (3.4.17)$$

여기서,

$$\begin{aligned} A_i(s) &= \cosh l_i \sqrt{s/a_i} \\ B_i(s) &= \frac{1}{k_i \sqrt{s/a_i}} \cdot \sinh l_i \sqrt{s/a_i} \\ C_i(s) &= k_i \sqrt{s/a_i} \cdot \sinh l_i \sqrt{s/a_i} \\ D_i(s) &= A_i(s) \end{aligned} \quad (3.4.18)$$

$$C_i(s) = k_i \sqrt{s/a_i} \cdot \sinh l_i \sqrt{s/a_i}$$

$$D_i(s) = A_i(s)$$

증공층이나 공기층 같이 열용량이 없는 경우에는 다음과 같다.

$$A_i(s) = D_i(s) = 1$$

$$B_i(s) = R_i = \frac{l_i}{k_i} \quad (3.4.19)$$

$$C_i(s) = 0$$

n개의 다중벽과 실내와 실외의 공기층을 포함하면 n+2개의 특성행렬로 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} T_o(s) \\ q_o(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_R(s) \\ q_R(s) \end{bmatrix} \quad (3.4.20)$$

우변의 열전달특성 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & R_o \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(s) & B_1(s) \\ C_1(s) & D_1(s) \end{bmatrix} \cdot \cdot \cdot \begin{bmatrix} A_n(s) & B_n(s) \\ C_n(s) & D_n(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & R_R \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4.21)$$

열량으로 정리하면

$$\begin{bmatrix} q_o(s) \\ q_R(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{D(s)}{B(s)} & -\frac{1}{B(s)} \\ \frac{1}{B(s)} & -\frac{A(s)}{B(s)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_o(s) \\ T_R(s) \end{bmatrix} \quad (3.4.22)$$

단위응답을 구하기 위해서  $T_o(t)=1, T_R(t)=0$  혹은  $T_o(t)=0, T_R(t)=1$  로 두고, 이를 라플라스 변환하여 식 (3.4.22)에 대입하면 라플라스 변환된 열류응답의 일반적인 표시는

$$q(s) = \frac{F(s)}{sB(s)} \quad (3.4.23)$$

가 되며, 여기서 F(s)는 특성행렬요소중의 A(s), D(s) 혹은 1중의 하나가 된다.



식 (3.4.23)의 분모에서

$$B(s) = 0 \quad (3.4.24)$$

가 특성방정식이며, 그 근을  $\beta_k (k=1, 2, \dots)$ 라 하면 단위열류응답은 식 (3.4.23)을 유수정리에 의해 역변환하여 구할 수 있다.

$$q(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{d}{ds} \left( \frac{sF(s)e^{st}}{B(s)} \right) + \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{F(s)e^{st}}{s \cdot \frac{dB(s)}{ds}} \right)_{s = -\beta_k} \quad (3.4.25)$$

식 (3.4.25)의 우변 첫항은 극(pole) 영에서의 유수이며,  $s=0$ 일 때 행렬요소  $F(s)$ 는 항상 1이므로  $1/B(s)$ 이 된다.

그런데 식 (3.4.21)로부터

$$\lim_{s \rightarrow 0} \begin{pmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{U} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.4.26)$$

이 되므로  $U = 1/B(0)$ 이며 다층벽의 열관류율을 뜻한다. 그러므로 단위응답의 기본해는 식 (3.4.25)로 부터 다음의 급수해로 표시된다.

$$q(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k e^{-\beta_k \cdot t} \quad (3.4.27)$$

여기서,

$$A_0 = U \quad (3.4.28)$$

$$A_k = \left\{ \frac{F(s)}{s \cdot \frac{dB(s)}{ds}} \right\}_{s = -\beta_k}$$

RF의 종류는 식 (3.4.28)에서  $F(s) = D(s)$  일 때 X계열,  $F(s) = 1$  일 때 Y계열 그

리고  $F(s)=A(s)$  일 때 Z계열이 되며, 그림 3.4.4와 같다.

여기서, 열전달행렬 요소의 값은 표 3.4.4와 같다.

표 3.4.4 특성행렬 요소의 값

구분	행렬요소	행렬요소의 미분값	
		행렬요소 S=0일때	S=- $\beta_k$ ( $k>1$ )일때
고 체 층	$A_i(-\beta_k) = \cos w$	$A_i'(-\beta_k) = \frac{R_i C_i}{2}$	$\frac{R_i C_i}{2} \frac{\sin w}{w}$
	$B_i(-\beta_k) = \frac{R_i}{w} \cdot \sin w$	$B_i'(-\beta_k) = \frac{R_i^2 C_i}{6}$	$\frac{R_i}{2\beta_k} \left( \frac{\sin w}{w} - \cos w \right)$
	$C_i(-\beta_k) = -\frac{w}{R_i} \sin w$	$C_i'(-\beta_k) = C_i$	$\frac{C_i}{2} \left( \frac{\sin w}{w} + \cos w \right)$
	$D_i(-\beta_k) = \cos w$	$D_i'(-\beta_k) = \frac{R_i C_i}{2}$	$= A_i'$
공 기 층	$A_i(0) = 1$	0	0
	$B_i(0) = R_i$	0	0
	$C_i(0) = 0$	0	0
	$D_i(0) = 1$	0	0

주 :  $R_i = \frac{\ell_i}{k_i}$  ,  $C_i = \rho_i c_i \ell_i$  ,  $w = \sqrt{R_i C_i \beta_k}$

식 (3.4.28)의 단위응답은 기본해로서 계가 영도로 유지되어 오다가  $t = 0$ 에서 급격히 계단형으로  $1^\circ\text{C}$  상승하여 그후 일정하게 유지되는 조건에서 구한 것이다. 그러나 외란이 기온인 경우에는 2등변삼각형, 조명인 경우에는 직사각형으로 모사되므로 Duhamel의 중첩적분식으로 계산하면 다음의 표 3.4.5와 같다.

표 3.4.5 RF의 계산식

단위파형	RF <sub>j</sub> (j : 시각열)	
	j = 0	j ≥ 1
2등변삼각파	$A_o + \frac{1}{\delta} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A_k}{\beta_k} (1 - e^{-\beta_k \delta})$	$-\frac{1}{\delta} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A_k}{\beta_k} (1 - e^{-\beta_k \delta})^2 e^{-(j-1)\beta_k \delta}$
직사각형파	$A_o + \sum_{k=1}^{\infty} A_k$	$\sum_{k=1}^{\infty} A_k (1 - e^{-\beta_k \delta}) e^{-j\beta_k \delta}$
직각삼각파A	$\frac{1}{\delta} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A_k}{\beta_k} (1 - e^{-\beta_k \delta} - \beta_k \cdot \delta)$	$\frac{1}{\delta} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A_k}{\beta_k} (1 - e^{-\beta_k \delta} - \beta_k \delta) e^{-j\beta_k \delta}$
직각삼각파B	$A_o + \sum_{k=1}^{\infty} A_k$	$\frac{1}{\delta} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A_k}{\beta_k} (1 - e^{-\beta_k \delta} + \beta_k \delta) e^{-j\beta_k \delta}$

주 :  $\delta$ 는 시간길이이며, 보통  $\delta=1$ 이고,  $A_o=U$  이다.

(2) 알고리즘

(가) 준비계산

- ① 특성방정식의 최대 근  $\beta_{max}$  및 최대항수  $N_i$  설정
- ② 각층의 열저항  $R_i$ 와 열용량  $C_i$  계산

$$R_i = \frac{\ell_i}{k_i}, \quad C_i = \rho_i c_i \ell_i$$

- ③ 열관류율 U 계산

(나) 특성방정식의 근 및 예비계산

- ① 초기치  $\beta_k=0$  으로 설정
- ② 행열요소 및 그 미분값 계산

· 표 3.4.4의 식을 이용하여 공기층, 고체층,  $\beta_k=0$  및  $\beta_k \neq 0$  를

구분하여 계산

- ③ 관류 및 흡열 응답계수를 구하는 시계열의 계수 계산

· 식 (3.4.28)과 표 3.4.4의 식

④ 근  $\beta_k$  의 계산

· Newton-Raphson 법에 의한 다음 식에서 새로 구한 현재값  $\beta_k'$  가 종전값  $\beta_k$ 에 수렴될 때 까지 반복계산

$$\beta_k' = \beta_k + \frac{B(-\beta_k)}{B'(-\beta_k) - B(-\beta_k) \sum_{j=1}^{m-1} [1/(\beta_j - \beta_k)]} \quad , \quad m \geq 2 \quad (3.4.29)$$

⑤ 관류계수 및 흡열계수 계산

· 식 (3.4.28) 및 표 3.4.4를 이용

(다) 응답계수의 계산

· 표 3.4.5의 계산식

(라) 공통비와 수정응답계수의 계산

· 공통비는  $c = \exp(-\beta_1)$  로 계산

· 수정응답계수는 식 (3.4.4)으로 계산

(3) 프로그램

프로그램에서 menu=2로 두어 응답계수를 계산한다.

(가) 입력화면

입력화면은 그림 3.4.4의 열관류율 입력화면과 같으나, 출력종류를 응답계수로 설정하면 된다. 중간계산출력이 필요하면 클릭한다.

(나) 출력화면

① 중간계산값

그림 3.4.7은 중간계산 출력화면으로 입력 및 중간계산값, 특성방정식  $B(S)=0$ 의 근과 응답계수 Y계열과 Z계열의 계산에 필요한 계수들의 값이다.

1. 입력 및 중간계산값								
층 번호	재료명	입력값		계산값				
		두께 ( mm )	k or h (W/m*K) (W/m^2*K)	밀도 (kg/m^3)	비열 (kJ/kg*K)	열저항 (m^2*K/W)	열용량 (W*h/m^2*K)	
1	실내공기층	0.000	8.300	0.000	0.000	0.12048	0.00000	
2	플라스터	3.000	0.740	1300.000	1.100	0.00405	1.19167	
3	몰탈	20.000	1.500	2000.000	0.800	0.01333	8.88889	
4	보통콘크리트	120.000	1.400	2200.000	0.880	0.08571	64.53334	
5	몰탈	25.000	1.500	2000.000	0.800	0.01667	11.11111	
6	타입	8.000	1.300	2400.000	0.840	0.00615	4.48000	
7	외부공기층	0.000	17.000	0.000	0.000	0.05882	0.00000	
합계						=	0.30523	90.20501
열관류율						=	3.27624(W*h/m^2*K)	
2. 특성방정식 B(S)=0의 근 및 계수								
근번호	근 BETA(i)	계수 관류계수(A(i,2))	계수 흡열계수(A(i,3))					
0	0.20739	-4.44011	3.02229					
1	1.38624	1.61994	0.85516					
2	4.14253	-0.68720	0.33691					
3	8.55119	0.36606	0.17806					
4	14.64481	-0.21983	0.11137					
5	22.53523	0.14207	0.07537					
6	32.28883	-0.09862	0.05286					
7	43.85395	0.07347	0.03837					
8	57.12386	-0.05762	0.02941					
9	72.09834	0.04638	0.02420					
45	1765.99655	0.00185	0.00099					
46	1846.24056	-0.00174	0.00091					

그림 3.4.7 응답계수의 중간계산값

② 최종결과

그림 3.4.8은 최종결과의 출력화면으로 응답계수, 수정응답계수 및 공통비의 값이 표시되어 있다.

응답계수(이동변상각과)					
방향 WALL 1		편의수 7		단위계 [S]	
시각점 n	응답계수 RF		수직 응답계수 RFM		단위 (W/m <sup>2</sup> K)
	Y(n)	Z(n)	Ym(n)	Zm(n)	
0	0.01158	6.58468	0.01158	6.58468	
1	0.22233	-0.97325	0.21292	-6.32462	
2	0.44859	-0.50349	0.26791	0.28747	
3	0.45502	-0.35937	0.09044	0.04981	
4	0.39288	-0.27984	0.02309	0.01222	
5	0.32507	-0.22437	0.00578	0.00305	
6	0.26563	-0.18159	0.00145	0.00076	
7	0.21624	-0.14738	0.00036	0.00019	
8	0.17583	-0.11973	0.00009	0.00005	
9	0.14292	-0.09729	0.00002	0.00001	

공공비 [C] = 0.81270  
연관유율 [U] = 3.276 (W/m<sup>2</sup>K)

그림 3.4.8 응답계수의 출력화면

다. 전도전달함수(Conduction transfer function)

(1) 설명

전도전달함수에 의한 외벽 및 지붕을 통한 전달은 다음식으로 계산한다.

$$q_n = A \left[ \sum_{i=0} b_i (t_{e,n-i}) - \sum_{i=1} d_i \{ (q_{e,n-i}) / A \} - t_r \sum_{i=0} c_i \right] \quad (3.4.30)$$

- 여기서,
- $q_n$  : n시에서의 벽 또는 지붕을 통한 실내로 열전달(W)
  - A : 벽, 지붕의 실내표면적
  - n : 시각
  - i : 합산을 위한 지수
  - $t_{e,n-i}$  : 시간 n-i 일 때의 상당외기온도(°C)
  - $t_r$  : 일정하다고 가정한 실내온도(°C)
  - $b_i, c_i, d_i$  : 전도전달함수의 계수들

전도전달함수의 계산 알고리즘은 제3절 1. 나 (2) (가) 전도전달함수와 같다.

(2) 알고리즘

'나' 항의 응답계수와 동일하며 (다)항에서 전도전달함수를 표 3.3.4와 표 3.3.5로 계산한다.

(3) 프로그램

menu=3으로 두어 전도전달함수를 계산한다.

(가) 입력화면

입력화면은 그림 3.4.4와 같으며, 출력종류를 전도전달함수로 선정한다.

(나) 출력화면

① 중간계산값

그림 3.4.7의 응답계수의 중간계산값과 같다.

② 최종결과

그림 3.4.9는 전도전달함수의 최종결과 출력화면으로  $b_n$ ,  $d_n$ ,  $\sum C_n$  및 열관류율 U의 값이다.

부하구성요소		벽의 열취득		창의 열취득	
전도전달함수					
명칭: WALL_1			중의수: 7		단위계: SI
시계열	b(n) (W/m <sup>2</sup> *K)	d(n) (-)			
0	0.01158	1.00000			
1	0.20984	-1.07879			
2	0.21130	0.22027			
3	0.02001	-0.00327			
4	0.00010	0.00000			
5	0.00000	0.00000			
6	0.00000	0.00000			
Sum(C(n)) =		0.45283 (W/m <sup>2</sup> *K)			
열관류율(U) =		3.276 (W/m <sup>2</sup> *K)			

그림 3.4.9 전도전달함수의 출력화면

### 3. 그림자 계산 S/W개발

#### 가. 설명

이 알고리즘은 벽과 창외부에 설치된 각종의 차양과 날개벽으로 인한 그림자의 길이를 구하여 유리창의 일사열취득에 필요한 일조면적율을 구하기 위한 것이다.

차양과 날개벽의 종류는 다양하나 격자루버형은 이들을 모두 포괄하고 있기 때문에 이것을 기준으로 알고리즘을 작성하였다.

그림자 길이를 계산하기 위해서는 그 도시의 위도와 경도, 계산시각, 벽의 방위각과 경사각 및 날개벽과 차양의 치수가 필요하다.

#### 나. 알고리즘

(1) 일일정수를 계산한다.

(가) 연간 통산일수

$$n = 30 \cdot (\text{mon} - 1) + (\text{mon} + \text{mon}/8)/2 - (\text{mon} + 7)/10 + \text{day} \quad (3.4.31)$$

$$w = \frac{\pi \cdot n}{183} \quad (3.4.32)$$

여기서, mon은 월이며, day는 일이다.

(나) 태양적위

$$\delta = 0.006322 - 0.405748 \cdot \cos(w + 0.153231) - 0.005880 \cdot \cos(2.0 \cdot w + 0.207099) - 0.003233 \cdot \cos(3.0 \cdot w + 0.620129) \quad (\text{rad}) \quad (3.4.33)$$

(다) 균시차

$$\epsilon = -0.000279 + 0.122772 \cdot \cos(w + 1.49831) - 0.165458 \cdot \cos(2.0 \cdot w - 1.26155) - 0.005354 \cdot \cos(3.0w - 1.571) \quad (\text{h}) \quad (3.4.34)$$



(라) 시차 = 진태양시 - 지방표준시

$$\Delta t = \varepsilon + (\text{LONG} - 135) / 15 \text{ (h)} \quad (3.4.35)$$

여기서, LONG는 그 지방의 경도이다.

(2) 시각(時角)을 계산한다.

$$HA = (t - 12 + \Delta t) \cdot \pi / 12$$

(3) 태양위치를 계산한다.

(가) 태양고도

$$\sin \beta = \cos L \cdot \cos \delta \cdot \cos HA + \sin L \cdot \sin \delta \quad (3.4.36)$$

여기서, L은 그지방의 위도이다.

(나) 태양방위각

$$\cos A_s = (\sin \beta \cdot \sin L - \sin \delta) / (\cos \beta \cdot \cos L) \quad (3.4.37)$$

(4) 벽태양방위각을 계산한다.

$$\gamma = A_s - A_w \quad (3.4.38)$$

여기서  $A_w$ 는 벽방위각이며,  $\gamma$ 는 다음과 같이 수정한다.

$$\gamma = \gamma - 360, \quad \gamma \geq 180 \text{ 일때}$$

$$\gamma = \gamma + 360, \quad \gamma \leq -180 \text{ 일때}$$

(5) 태양입사각을 계산한다.

$$\cos \theta = \sin \beta \cdot \cos \alpha + \cos \beta \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma \quad (3.4.39)$$

여기서,  $\alpha$ 는 벽의 경사각이다.

만약  $\cos \theta \leq 0$  이면 유리창일조율  $SR_{win}=0$ , 벽일조율  $SR_{wal}=0$ 으로 처리한다

(6) 형상각을 계산한다.

(가) 수직면

$$\tan \gamma_v = \tan \gamma \quad (3.4.40)$$

$$\tan \phi_v = \tan \beta / \cos r$$

여기서,  $\tan \phi_v$ 는 형상각이며,  $\tan \gamma_v$ 는 벽태양방위각의 정현이다.

(나) 경사면

$$\tan \gamma = \tan \gamma_v / (\sin \alpha + \tan \phi_v \cdot \cos \alpha) \quad (3.4.41)$$

$$\tan \phi = (-\cos \alpha + \tan \phi_v \cdot \sin \alpha) / (\sin \alpha + \tan \phi_v \cdot \cos \alpha)$$

(7) 날개벽의 그림자 길이, XL을 계산한다.

(가)  $\tan \gamma \leq 0$  일때

$$a_1 = x_4$$

$$a_3 = x_2$$

$$XL = -\tan \gamma \cdot x_1$$

(나)  $\tan \gamma > 0$  일 때

$$a_1 = x_2$$

$$a_3 = x_4$$

$$XL = \tan \gamma \cdot x_5$$

(8) 차양에 의한 그림자길이 YL를 계산한다.

(가)  $\tan \phi \leq 0$  일때

$$b_1 = y_4$$

$$b_3 = y_2$$

$$YL = -\tan \phi \cdot y_5$$

(나)  $\tan \phi > 0$  일때

$$b_1 = y_2$$

$$b_3 = y_4$$

$$YL = -\tan \phi \cdot y_1$$

(9) 전일조면적 W1을 계산한다.

(가) 벽의 가로  $X_w > XL$ , 또는 벽의 세로길이  $Y_w > YL$ 이면

$$SR_{win} = SR_{wat} = 0$$

(나) 전일조면적 W1계산

$$W1 = (X_w - XL) \cdot (Y_w - YL)$$

(10) 유리창 일조면적 W3 및 벽일조면적 W4 계산

(가) 유리창만 그늘진 경우,  $XL \geq (x_3 + a_3)$

$$\text{유리창 일조면적 } W3 = 0$$

$$\text{벽 일조면적 } W4 = W1$$

(나) 유리창의 일조면적 가로

㉠ 그림자가 창에 미달된 경우,  $XL \leq a_3$

$$W2 = x_3$$

㉡ 창이 일부 그늘진 경우

$$W2 = x_3 + a_3 - XL$$

(다) 차양에 의해 유리창이 그늘진 경우,  $YL \geq (b_1 + y_3)$

$$W3 = 0$$

$$W4 = W1$$

(라) 차양 그림자가 유리창에 미달된 경우,  $YL \leq b_1$

$$W3 = y_3 \cdot W2$$

$$W4 = W1 - W3$$

(마) 차양 그림자가 창에 도달한 경우,  $YL > b_1$

$$W3 = (b_1 + y_3 - YL) \cdot W2$$

$$W4 = W1 - W3$$

(11) 유리창 일조면적을  $SR_{win}$  및 벽일조면적을  $SR_{wal}$  계산

$$SR_{win} = W3 / (x_3 \cdot y_3)$$

$$SR_{wal} = W4 / A_{wal}$$

다. 프로그램

(1) 입력화면

그림 3.4.10은 입력화면의 일예이며, 그림자를 계산하기 위한 4가지 입력데이터의 입력방법은 다음과 같다.

그림 3.4.10 입력화면의 예

(가) 날개벽과 차양의 치수

그림 3.4.11은 외부차폐물 및 벽과 태양의 위치를 위한 도움말화면이며, 차양과 날개 벽은 다음과 같이 입력한다.

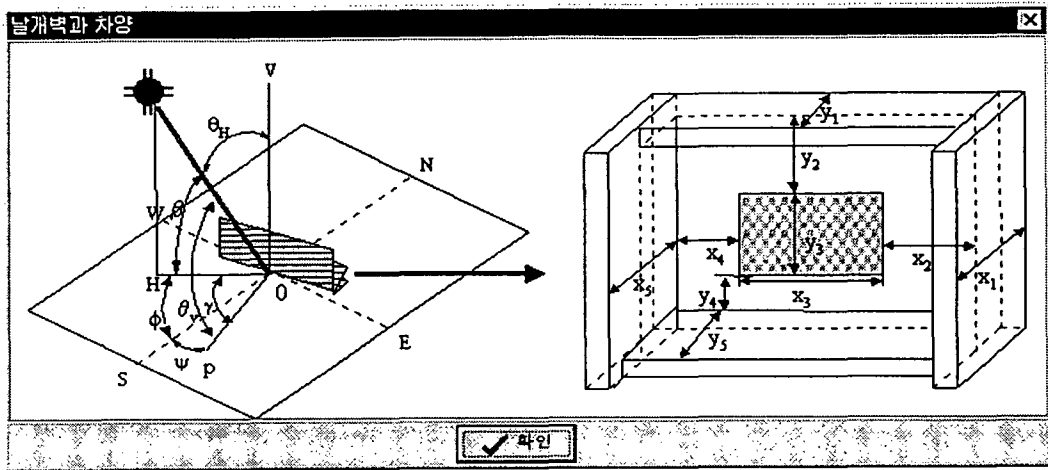


그림 3.4.11 벽과 태양의 위치 및 차양과 날개벽의 치수

㉓ 모든 벽면이 창인 경우

$$\cdot X_2 = X_4 = 0, \quad Y_2 = Y_4 = 0$$

㉔ 창이 없고 모두 벽인 경우

$$\cdot X_3 = 0, \quad Y_3 = 0$$

·  $X_2 + X_4 =$  벽의 가로,  $Y_2 + Y_4 =$  벽의 세로가 되도록 치수를 부여한다.

· 치수의 단위는 m, cm, mm 중 어떤것이러도 좋지만  $X_i, Y_i$ 의 단위는 같아야 한다.

(나) 도시의 위도와 경도

도시의 위도와 경도입력은 사용자의 편의를 위해 표 3.4.6과 같이 국내 26개 대도시의 위도와 경도값을 스크롤박스안에서 선택하여 값을 설정할 수 있도록 하였고, 기타도시를 선택할 경우에는 사용자가 직접 건물위치, 위도 및 경도를 입력할 수 있도록 되어있다.

표 3.4.6 주요도시의 위도와 경도 및 표고

도시	위도 Lat. (N)	경도 Long. (E)	표고 Height (m)
속 초	38° 12'	128° 36'	25.8
대관령	37° 41'	128° 44'	820.0
춘 천	37° 54'	127° 44'	74.0
강 릉	37° 45'	128° 54'	26.0
서 울	37° 34'	126° 58'	85.5
인 천	37° 29'	126° 38'	68.9
울릉도	37° 29'	130° 54'	221.1
수 원	37° 16'	126° 59'	36.9
서 산	36° 47'	126° 27'	19.7
울 진	36° 59'	129° 25'	49.5
청 주	36° 38'	127° 26'	59.0
대 전	36° 18'	127° 24'	77.1
추풍령	36° 13'	128° 00'	245.9
포 향	36° 02'	129° 23'	5.6
군 산	36° 59'	126° 42'	26.3
대 구	35° 53'	128° 37'	57.8
전 주	35° 49'	127° 09'	51.2
울 산	35° 33'	129° 19'	31.5
광 주	35° 08'	126° 55'	70.9
부 산	35° 06'	129° 02'	69.2
충 무	34° 50'	128° 26'	32.2
목 포	34° 47'	126° 23'	53.4
여 수	34° 44'	127° 44'	67.0
제 주	33° 31'	126° 32'	22.0
서귀포	33° 14'	126° 34'	51.9
진 주	35° 12'	128° 06'	21.5

(다) 계산시각

계산시각의 입력시 각각의 범위는 다음과 같다.

- 월 : 1월 ~ 12월

• 일 : 1일 ~ 각 달의 마지막날

• 시간 : 1시 ~ 24시

(라) 벽의 방위각 및 경사각

벽방위각은 정남(S)으로부터 시계방향으로 측정한다.

반시계방향으로 측정할 경우에는 (-)부호를 붙인다.

(2) 출력화면

그림 3.4.11은 출력화면으로 화면의 좌측에 그림자의 형상 그리고 우측에 주요 계산값들로 구성되어 있다.

각 입력값을 설정후 계산한 결과, 프로그램상의 출력결과는 그림 3.4.12와 같으며 태양고도( $\beta$ )는  $70.779^\circ$ , 태양방위각( $A_s$ )은  $-29.549^\circ$ , 벽태양방위각( $\gamma$ )은  $60.451^\circ$  이고, 그림자의 가로방향길이(X)는 176.398 cm, 세로방향의 길이(Y)는 87.238 cm로 계산되었다.

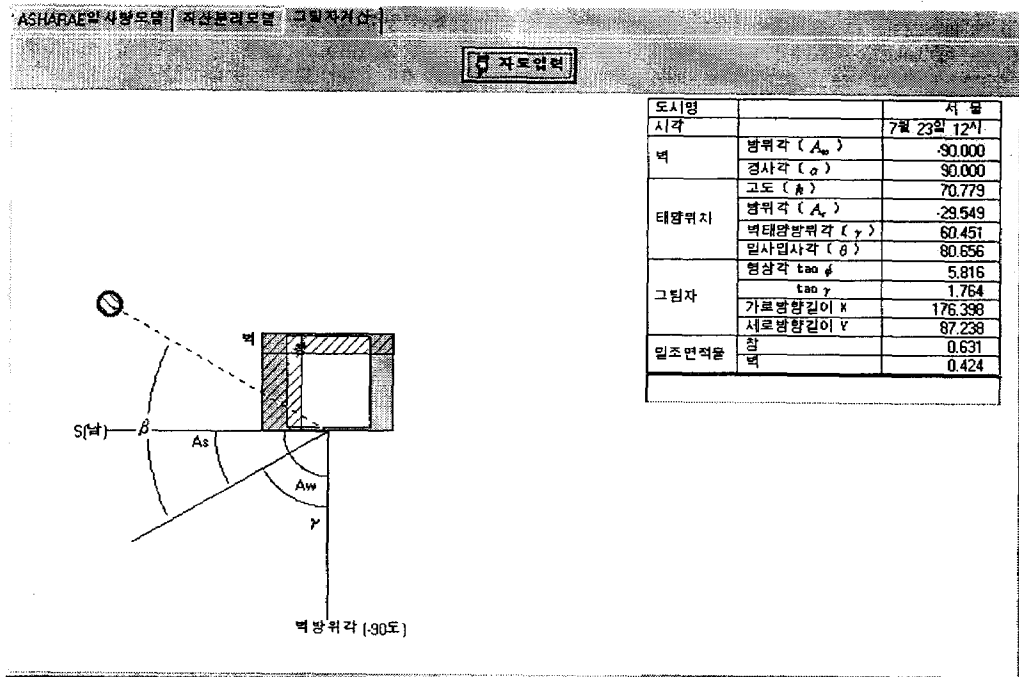


그림 3.4.12 계산예제의 출력화면

#### 4. 단위환산

##### 가. 설명

설계 계산에 사용되는 각 단위의 환산을 용이하게 하기 위하여 다음의 환산표를 참조할 수 있도록 하였다. 단위 환산표는 ASHRAE의 "Handbook of Fundamentals"<sup>1)</sup>를 인용하였다.

##### 나. 단위환산표

###### (1) 압력

psi	in. of. water (60°F)	in. Hg (32°F)	atmosphere	mmHg (32°F)	bar	kgf/cm <sup>2</sup>	pascal
1	27.708	2.0360	0.068046	51.715	0.068948	0.07030696	6894.8
0.036091	1	0.073483	$2.4559 \times 10^{-3}$	1.8665	$2.4884 \times 10^{-3}$	$2.537 \times 10^{-3}$	248.84
0.491154	13.609	1	0.033421	25.400	0.033864	0.034532	3386.4
14.6960	407.19	29.921	1	760.0	1.01325	1.03323	$1.01325 \times 10^5$
0.0193368	0.53578	0.03937	$1.31579 \times 10^{-3}$	1	$1.3332 \times 10^{-3}$	$1.3595 \times 10^{-3}$	133.32
14.5038	401.86	29.530	0.98692	750.062	1	1.01972	$10^5$
14.223	394.1	28.959	0.96784	735.559	0.980665	1	$9.80665 \times 10^4$
$1.45038 \times 10^{-4}$	$4.0186 \times 10^{-3}$	$2.953 \times 10^{-4}$	$9.8692 \times 10^{-6}$	$7.50 \times 10^{-3}$	$10^{-3}$	$1.01972 \times 10^{-3}$	1

###### (2) 유량

ib(avoir.)	grain	ounce(avoir.)	kg
1	7000	16	0.453592
$1.4286 \times 10^{-4}$	1	$2.2857 \times 10^{-3}$	$6.4800 \times 10^{-5}$
0.06250	437.5	1	0.028350
2.20462	$1.5432 \times 10^{-4}$	35.274	1



(3) 체적

cubic inch	cubic foot	gallon	litre	cubic metre(m <sup>3</sup> )
1	5.787x10 <sup>-4</sup>	4.329x10 <sup>-3</sup>	0.0163871	1.63871x10 <sup>-3</sup>
1728	1	7.48055	28.317	0.028317
231.0	0.13368	1	3.7854	0.0037854
61.03274	0.035315	0.264173	1	0.001
6.102374x10 <sup>-4</sup>	35.315	264.173	1000	1

(4) 에너지

Btu	ft · lb <sub>f</sub>	calorie(cal)	joule(J)= watt-second(W · s)	watt-hour(w · h)
1	778.17	251.9958	1055.056	0.293071
1.2851x10 <sup>-3</sup>	1	0.32383	1.355818	3.76616x10 <sup>-4</sup>
3.9683x10 <sup>-3</sup>	3.08803	1	4.1868	1.163x10 <sup>-3</sup>
9.4782x10 <sup>-4</sup>	0.73756	0.23885	1	2.7778x10 <sup>-4</sup>
3.41214	2655.22	859.85	3600	1

(5) 밀도

lb/ft <sup>3</sup>	lb/gal	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1	0.133680	0.016018	16.018463
7.48055	1	0.119827	119.827
62.4280	8.34538	1	1000
0.0624280	0.008345	0.001	1

(6) 비열

ft <sup>3</sup> /lb	gal/lb	cm <sup>3</sup> /g	m <sup>3</sup> /kg
1	7.48055	62.4280	0.0624280
0.133680	1	8.34538	0.008345
0.016018	0.119827	1	0.001
16.018463	119.827	1000	1

(7) 점도

poise	$\text{lb}_f \cdot \text{s}/\text{ft}^2$	$\text{lb}_f \cdot \text{h}/\text{ft}^2$	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ $=\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	$\text{lb}_m/\text{ft} \cdot \text{s}$
1	$2.0885 \times 10^{-3}$	$5.8014 \times 10^{-7}$	0.1	0.0671955
478.8026	1	$2.7778 \times 10^{-4}$	47.88026	32.17405
$1.72369 \times 10^9$	3600	1	$1.72369 \times 10^9$	$1.15827 \times 10^9$
10	0.020885	$5.8014 \times 10^{-6}$	1	0.0671955
14.8819	0.031081	$8.6336 \times 10^{-6}$	1.4882	1

\*  $1 \text{ poise} = 1 \text{ dyne} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2 = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$

(8) 온도

Scale		K	°C	°R	°F
Kelvin	$x \text{ K} =$	$x$	$x - 273.15$	$1.8x$	$1.8x - 459.67$
Celsius	$x \text{ °C} =$	$x + 273.15$	$x$	$1.8x + 491.67$	$1.8x + 32$
Rankine	$x \text{ °R} =$	$x / 1.8$	$(x - 491.67) / 1.8$	$x$	$x - 459.67$
Fahrenheit	$x \text{ °F} =$	$(x + 459.67) / 1.8$	$(x - 32) / 1.8$	$(x + 459.67) / 1.8$	$x$

## 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

### 제 1 절 연구개발 목표 및 달성도

본 연구의 연구개발 목표 및 달성도는 다음과 같다.

연구개발목표	추진실적	달성도
자료조사 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외 S/W개발 현황 조사</li> <li>• DOE-2, HASP, E-20 II</li> <li>• Elite사의 S/W Set</li> <li>• HVAC2 TOOLKIT</li> <li>- 실무분야의 의견조사 및 분석</li> </ul>	100%
Toolkit 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 습공기선도 (PSYALL)</li> <li>• 상태량해석</li> <li>• 과정해석</li> <li>- 벽의 열취득</li> <li>• 응답계수, 전달함수 등</li> <li>- 그림자계산</li> <li>- 단위환산</li> </ul>	100%
장비선정 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대부하계산 알고리즘 및 프로그램 개발</li> <li>- 장비선정 알고리즘 및 프로그램 개발</li> </ul>	100%
에너지계산 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간부하계산 알고리즘 및 프로그램 개발</li> <li>- 연간 에너지계산 알고리즘 및 프로그램 개발</li> </ul>	100%
통합화 환경 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발프로그램의 통합화</li> </ul>	100%

## 제 2 절 연구개발의 대외 기여도

공조시스템의 통합설계 S/W는 설계과정에서의 노력과 시간이 절약될 뿐만아니라 품질과 생산성을 제고시킬 수 있으며 최적설계화에 의한 에너지 절약효과도 매우 크다. 또한 설계과정에서 발생할 수 있는 오차와 오류를 감소시켜 기계설비시설물 등의 부실설계의 가능성을 최소화 할 수 있으며, 설계의 단순 반복과정을 전산화 함으로서 설계의 경제성을 향상시키고 안정성 제고와 미관 및 환경친화적 시설물 확보에 기여할 수 있다.

또한 본 프로그램은 국내 실무 현장에서 사용되는 건축재료, 공조방식, 기상자료 등을 이용하여 사용자가 편리하도록 통합시스템으로 개발되었기 때문에 실무분야에 널리 사용되면 관련 기술의 발전 및 표준화에 기여할 것이다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구결과 개발된 S/W는 상품화하여 건축설비설계회사 및 건설회사에서 실무에 이용할 수 있도록 보급할 계획이며, 관련 대학 등에 아카데미 버전으로 배포하여 교육용 모델로서 활용하도록 하여 활용도 및 파급효과를 높일 계획이다.

또한, 연구결과 개발된 S/W는 실무에 보급한 후에도 신소재와 신기술개발에 의한 설계기법에 따른 계산알고리즘 변화와 프로그램 환경의 발전에 맞추어 지속적으로 수정, 보완하여 항상 보다 향상된 기능의 S/W가 될 수 있도록 할 것이다.

## 제 6 장 참고문헌

1. ASHRAE, 1997, "ASHRAE Handbook of Fundamentals", ASHRAE.
2. ASHRAE, 1993, "HVAC2 TOOLKIT", ASHRAE.
3. ASHRAE, 1998, "Cooling and Heating Load Calculation Principles", ASHRAE.
4. ASHRAE Handbook, 1988, "Fundamentals", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
5. Building Energy Simulation Group, 1982, "DOE-2 Engineers Manual, Version 2.1A", Lawrence Berkeley Laboratory, UCLA.
6. Building Energy Simulation Group, 1994, "DOE-2 BASICS, Version 2.1E", Lawrence Berkeley Laboratory, UCLA.
7. J.A. Goff and S. Gratch, 1945, "Thermodynamic properties of moist air", ASHRAE Transaction, Vol. 51.
8. A. Wexler, R.W. Hyland and R.B. Stewart, "Thermodynamic Properties of Dry Air, Moist Air and Water and SI Psychometric Charts", ASHRAE, RP-216 & RP-257.
9. A. Wexler and R.W. Hyland, 1983, "Formulations for the thermodynamic properties of dry air from 173.15 to 473.15 K, and of saturated moist air from 173.15 to 372.15 K, at pressure to 5 MPa", Final Report, ASHRAE Project RP-216, 1980, pt.3.
10. R.M.Nelson and M.Pate, 1986, "A Comparison of Three Moist Air Property Formulations for Computer Applications", ASHRAE Transactions, Vol.92,

part1B.

11. ASHRAE, 1967, "Procedures for simulating the performance of component and system for energy calculation"
12. 手塚後一, 藤田稔彦, 1983, "濕空氣線圖와 그 應用(1)", 日本 空氣調和·衛生 工學 第52卷, 第12號.
13. 手塚後一, 藤田稔彦, 1984, "濕空氣線圖와 그 應用(3)", 日本 空氣調和·衛生 工學 第58卷, 第2號.
14. 日本 空氣調和衛生工學會, 1995, , 편람, 기초편, 제12판, II권.
15. 日本 建築設備技術者協會, 1986, "HASP/ACLD/8501 해설서", 日本 建築設備技術者協會.
16. 공기조화·냉동공학회, 기상데이터위원회, "표준 기상데이터설정에 관한 연구 (서울지방)", 공기조화·냉동공학회, 1989.