

[기계설비자동제어 공사종류별 분류 방안에 관한 연구 ③]

기계설비 자동제어공사는 공종별로 체계화된 세분류와 현황분석 등이 미흡하여 타 공사업종(전기, 통신)과의 기술 및 업역구분에 있어 빈번한 마찰이 발생하고 있다. 따라서 대한설비건설협회가 자동제어 공사분류에 대한 학술적인 논리방안을 모색하기 위해 대한설비공학회에 운영을 의뢰한 결과 「기계설비자동제어 공사종류별 분류방안에 관한 연구」 결과가 나왔다.

이에 대한설비건설협회 자동제어설비공사위원회는 이 연구결과를 바탕으로 자동제어공사의 기술 및 업역구분을 확실히 할 계획이다.

(편집자 주)

제 4 절 기계설비 자동제어 공사

1. 개요

자동 제어 기술은 건설, 플랜트, 철도, 교통, 선박, 항공, 물류, 농업, 환경 등 많은 산업 시설에 적용 활용되고 있는 최첨단 기술로서 주목받고 있으며 발전 또한 급격한 성장 추세를 보이고 있는 실정이다. 특히 기계설비에 대한 자동제어는 최근 대형 빌딩과 기계 플랜트 등의 급격한 발전으로 적용의 범위가 점차 확대되고 있으며 자동제어 공사의 범위 또한 급격히 넓어지고 있는 실정이다. 그동안 기

계설비와 관련된 자동제어 공사의 경우 건설교통부 건설산업기본법, 산업자원부 전기공사법, 정보통신부 통신공사법 등의 관련 법규 하에서 실시되어 왔다. 그러나 최근 들어 기계설비에 대한 자동제어 기술의 급속한 발전은 그 적용 대상이 점차 확대되고 있으며 특히 통신 시스템, 제어기 등의 발전은 점차 단순한 on/off 제어에서 다양한 기계설비의 제어 기술이 융합되는 형태로서 나타나고 있다.

제어란 조작이나 동작 등에 의해 원하는 목적을 달성하는 것을 의미한다. 그 목적이 자동적인 방법에 의하여 이루어질 경우 이를 자동제어라고 한다. 자동제어는 그 적용 대상에 따라 크게 건축물, 산



업, 수송 분야로 분류할 수 있다. 건축물에는 공조 설비, 보안, 방재, 위생, 검침 관련 자동제어 설비가 필요하고, 산업에는 공정과 관련된 설비, 수송에는 수송기기와 수송기기의 주행과 관련된 자동제어 설비가 필요하다. 이 중 최종 제어 대상이 기계설비인 경우 이를 기계설비 자동제어라 하며 이를 위한 공사를 기계설비 자동제어 공사라고 한다.

제어 방식으로는 공기식, 전기식, 전자식, DDC 방식과 이들을 조합한 방식이 사용된다. 전기식은 에너지원을 쉽게 얻을 수 있으며 비록 정밀도가 타 방식에 비하여 떨어지나 구조 및 원리가 간단하고 고장이 적은 방식으로 가격이 저렴하며 시공 및 관리보수가 간단하다. 전기식은 일반적으로 자동제어에서 제어할 대상의 장비가 많지 않은 건물 규모가 10층 미만인 일반 사무실이나 작은 공장 계통이나 아파트 설계시 주로 사용하는 방식이다. 전자식은 감도 및 정밀도가 높고 연속 및 순차제어, 간단한 보상제어가 가능해 경제적 운전이 되며 평균 온도 제어가 가능한 방식이다. 항온항습을 요구하는 소규모의 실험실이나 지역 난방을 수용하는 아파트와 같은 현장 독립 제어시에 사용된다. 공기식은 에너지원이 깨끗하며 건조된 압축공기이므로 소량의 전기 전원으로 사용할 수 있고 연속, 순차 제어가 가능하며 비례동작이 원활하고 큰 힘을 낼 수 있기 때문에 병원, 호텔 등의 대형 설비 제어에 적합한 방식이다. 안정성을 최우선으로 하는 중, 대형 공장 등에서도 공기식을 선호한다. DDC 제어 방식에서는 검출부는 전자식, 조절부는 DDC를 사용하므로 각종 연산 제어 및 에너지 절약 제어가 가능하며 정밀도 및 신뢰도가 가장 높은 방식이다. 또한 제어 계통이 중앙감시장치로 연결되어 있어 중앙에서 설정 변경 및 제어 상태의 효율적인 감시를 할 수 있다. 최근에는 분산 제어 방식이 도입되어 국부적인 고장의 영향이 전체에 미치지 않도록 각종 장비의

제어 프로그램을 DDC에 내장하고 있으며 중앙 컴퓨터에서는 단지 MMI(Man Machine Interface) 기능으로 감시 기능과 제어 기능만을 담당하게 하고 있다. 중, 대형 건물로서 공조 구역이 많이 나뉘어져 있어서 해당 공조기가 많으며 각 공조실이 건물의 여러 곳에 산재되어 있는 경우 또는 대단위의 아파트 단지로서 중간 기계실이 여러 곳에 분산되어 있는 경우 등에 사용하는 방식이다. 특히 최근에는 IBS가 사무용 건물에 도입되면서 비록 투자비는 고가이나 설치 후 건물의 유지보수와 건물 수명의 연장 그리고 각종 장비의 상호 연계에 따른 에너지 절감을 위한 시스템의 효율적인 운전을 위하여 DDC 방식이 폭넓게 적용되고 있다.

기계설비 자동제어에서는 제어하고자 하는 대상의 동특성이 파악되어야 적합한 제어 알고리즘을 구성할 수 있고 이에 상응한 자동제어 시스템을 선정하여 설계, 시공할 수 있다. 동특성의 파악과 응용을 위해서는 해당 기계설비 시스템의 특성의 이해와 오랜 시간에 걸친 경험이 요구된다. 기계설비의 전문적인 지식 없이 기계설비 자동제어 시스템을 설계, 시공할 경우, 부적절한 제어, 고비용 또는 고장 등의 문제를 야기시킬 수 있다.

자동제어 공사를 위해서는 자동제어설비의 특성에 대한 근본적인 이해가 선행되어야 한다. 산업시설물 및 건축물에 설치되는 기계설비는 자동제어설비가 필수적으로 포함된다. 자동제어설비는 표준화된 대량 생산품 예컨대 TV처럼 구입한 후 설치만 하면 작동하는 것이 아니라 제어대상인 기계설비의 동특성에 맞도록 각종 센서 및 액추에이터의 종류, 개수 및 위치를 선정하고 그 환경에 적합한 제어기 및 통신 방식 등을 선정해야 한다. 다시 말하면 제어 대상 설비인 기계설비 및 제어특성에 관한 전문지식을 갖춘 시공업자가 제어관련 센서, 액추에이터, 제어기 및 통신선로 등을 유기적으로 배치하여 해당

설비를 최적으로 운전할 수 있도록 하여야 한다.

자동공사에는 Table 2.4.1과 같은 공사 순서에 따른다. 이 때 최적의 제어 시스템을 선정하기 위하여 기계설비의 동특성 해석은 매우 중요하다.

2. 자동제어 공사 종류

기계설비 자동제어 공사는 기계설비의 자동제어를 위한 공사로 여기에는 기계설비의 자동제어 기기, 기계설비의 종합 제어, 기계설비의 통신, 기계설비의 자동 검침 등이 포함된다. 기계설비의 자동 제어에는 냉방 및 난방을 위한 공조기기, 보안, 방재, 위생 등이 대상이며, 여기에는 덕트 및 배관의 온도, 습도와 유량 제어, 실내 공간의 온도, 습도, 청정도 제어 등이 포함된다. 이를 위하여 제어 변수를 측정할 수 있는 센서 설치와 유량 제어를 위한 제어 밸브 설치가 포함된다.

다음은 기계설비 자동제어 공사 중 공기조화 시스템의 예를 들어 공사 종류 및 예시를 제시한다.

가. 자동제어 기기

일반적인 자동제어 시스템의 제어기기류와 제어밸브류의 설치 공사의 내용은 Table 2.4.2, Table 2.4.3과 같이 구성되는데 자동제어 기기들은 건축물 내 공기조화, 냉난방 시스템의 제어를 위해 필수적인 요소기기들로서 이들의 제어기기류 및 제어밸브류 설치 공사는 공기조화, 냉난방에 대한 전문 지식을 갖춘 기계공학 전공의 자동제어 엔지니어들이 설계 및 시공하여야 한다. 따라서, 이 공사는 기계설비 공사업중 자동제어 설비공사업의 고유 업역에 해당한다.

나. 기계설비의 자동 검침 설비

자동검침 시장은 홈 네트워크 (home network) 분야의 급성장으로 향후 시장의 급팽창이 예상된다. 향후 무인경비 시스템이 의무화되고, 정보통신 1등급 기준의 고급 주거단지 건설이 활성화되면 자체 자동 검침 시스템의 설치가 불가피해진다. 한국

Table 2.4.1 자동제어 공사 순서

순서	직무	직무내용
1	계획	시방서의 요구에 따라 경제적, 기술적, 사회적, 환경적 타당성 및 영향에 대하여 종합적으로 분석하여 적절한 제어 시스템을 계획한다.
2	기본 설계	제어대상에 적합한 자동제어시스템의 기본적인 구성 및 제어조건을 포함한 기본 사항을 결정한다.
3	상세 설계	기본설계를 바탕으로 하여 시스템의 동특성을 분석, 해석한 후 자동제어시스템 구성에 필요한 시방서, 도면, 계산서 등을 상세하게 작성한다.
4	자재의 선정, 구매, 제작, 검사	상세설계를 기준으로 자동제어시스템 구성에 필요한 각종 제어기기를 구매, 제작 및 검사를 한다.
5	시공 / 감리	자동제어시스템 시공에 직, 간접으로 연관된 각 분야의 상호 유기적 관계에 따라 건설 공정계획과 관리를 하고 품질 및 공정기한을 준수하도록 감독한다.
6	시운전 / 인도	자동제어시스템의 기기별 성능을 확인하고 수정하여 점차적으로 대상 설비 전체를 운전하여 최종 성능을 확인한다. 시운전이 성공적으로 종료되면 사용자에게 인도를 한다.
7	종합관리	제어 대상의 최적 운전을 위해 제어시스템을 종합 관리한다.



Table 2.4.2 제어기기류 설치 공사

덕트용, 배관용 실내용 온도 검출기	공기 또는 유체의 온도 검출
외기용 온도, 습도 검출기	외기 온도 및 습도를 검출
일시량 검출기	일시량 검출
배관용, 실내용, FCU 온도 조절기 (2 위치식)	유체 온도 제어용
실내용 습도 검출기	환기 및 공조 설비에서 습도 검출
덕트용 차압 발신기	가스 및 유체의 정압, 부압, 차압 측정
2 위치식, 비례식 댐퍼 조작기	환기 및 공조 장치의 댐퍼 구동
액체 유동, 차압 스위치	환기 및 공조 시스템의 차압, 정압, 부압 감시
이산화연감지기, 일산화탄소 검출기	실내 또는 덕트 내의 공기 탁도 검출
연기 검출기	연기 농도를 검출하여 경보 발생
화재 검출기	화재를 검출하여 경보 발생
압력 검출기	기체 또는 액체의 압력 측정
천장형 온도 검출기 (VAV용)	천장에 설치하여 실내 온도 검출
VAV, CAV, FPU 제어기	실내 온도와 풍량 제어
풍량 측정기	풍량 측정
가변 풍량 조절용 인버터	풍량 조절을 위한 회전수 제어

Table 2.4.3 제어밸브류 설치 공사

2방 밸브 (on/off, 비례)	환기 및 공조 설비에서 유도장치 및 FCU과 같은 단자 유닛, 적은 용량의 가열기, 가냉기 등의 용량 제어
조작기 연결구 일체형 밸브	냉, 온수 제어에 사용되고 조작기는 24 VAC의 저전압으로 동작되며 정/역 방향 회전식의 동기식 모터에 사용
FCU 유닛용 밸브	HVAC 시스템에서 냉온수, 증기, 유체 등을 제어하는데 사용되며 비례식, 2 위치식 제어에 적합한 밸브
2방 수위 조절 밸브	유입수 자체의 수압을 동력원으로 사용하여, 개폐 제어를 하는 자력식 완충 작용 밸브
버터플라이 밸브	난방, 환기 및 공조설비 설치시 조절 또는 차단 밸브로 사용

과 유사한 아파트나 다세대 형태의 주거문화가 형성되는 중국, 베트남등도 개인 프라이버시 보호 및 편리성 지향 목적 등으로 자동검침 시스템의 채택을 검토 중이다.

기계설비공사업에서 담당할 원격검침설비공사는 건축물 내 열원, 위생설비 등의 사용량 검침을 위한

원격식 수도미터, 온수미터, 냉수미터 및 가스미터 및 이 계기들과 데이터 정보를 주고 받을 중앙감시 장치로의 데이터 통신설비공사이다. 적용될 수 있는 통신선로는 RS232/485통신, 전화선, 단지내 LAN망을 들 수 있다. 이러한 통신망은 건축설비의 일부인 각종 유량계의 검침 및 제어를 위해 부수적



Table 2.4.4 기계설비의 자동 검침 설비 공사

유량계 원격식 수도 미터	유량 측정, 제어, 적산 유량계를 통한 유량 점검과 펌프 및 밸브에 순차적인 제어프로그램을 통해 데이터 통신을 이용하여 세대별 시간대 사용량, 세대별 일일 사용량, 월별 검침내역을 중앙감시 장치로 전송하여 그 값을 적산하여 세대별 사용량을 원격 검침
원격식 온수 미터	난방용 온수 열량 사용량 원격 검침
원격식 급탕 미터	급탕용 급탕 사용량 원격 검침
원격식 가스 미터	가스 사용량 원격 검침
원격식 냉수 미터	중앙 냉방 시스템에서 냉방 부하를 위한 냉수 에너지 사용량 원격 검침

으로 필요한 통신망이며 일반 가정용 또는 사무용의 LAN망이 아니므로 본 기계설비 자동제어 공사에 포함되어야 한다. 원격검침 설비는 단순히 미터기의 데이터만 읽어 적절한 산술연산과 프로그래밍으로 처리되는 시스템이 아니다. 냉수, 온수, 가스

유량 등 열유체 현상에 대한 이해와 계측 경험이 있는 기계공학 배경의 엔지니어가 계측장치의 수명, 신뢰도, 이상 검출 등의 보수유지를 위한 제어기능을 포함하여 원격검침설비의 자동제어설비 작업이 진행되어야 함을 의미한다.

Table 2.4.5 기계설비의 종합 제어 시스템 공사

CCMS(Central Control and Management System)	중앙관제장치(CCMS)로서 운전원이 영상표시 장치 등을 운전원 데스크를 통하여 건물설비를 종합관제하는 중앙관제실에 설치될 제장치를 기계설비 중앙관제장치라 하며 주컴퓨터 (소프트웨어 포함), 분산처리장치, 주변장치로 구분한다. 기계설비 CCMS는 냉난방, 열원 및 위생설비 등의 설비기기의 원활한 동작을 감시 및 제어함으로써 쾌적한 실내 환경을 제공한다. 기계설비제어 중앙관제장치는 공조/위생설비 등 도면에 표기된 관제대상인 기계설비를 그래픽 화면을 통하여 제어 및 감시 할 수 있어야 하며, 실제로 설비 운영자는 설비 중앙관제장치로 건물 내 설비를 제어 및 감시
DDC(Direct Digital Control)	현장 제어 장치로서 건물내 설비 현장에서 설치되어 각종 설비를 직접 디지털 기능으로 제어하는 디지털 처리장치(DDC)로 각종 설비데이터를 모아 각 장비 및 기기를 제어하는 독립적 기능(stand alone)을 가지며, 그 데이터를 다른 현장 제어장치 또는 중앙처리장치로 송출
POT(Portable Operator Terminal)	휴대용 조작터미널로서 DDC와 RS232통신으로 연결되어 현장에서 설비 이상 유무를 감시한다. 야간이나 어두운 곳에서 쉽게 작업할 수 있도록 backlight 기능이 있는 LCD 채택
기계설비 관련 IBS(Intelligent Building System)	건물 내의 기계설비, 전력, 조명, 방범, 주차관제, 엘리베이터, 방재시스템, 사무자동화시스템, 화상전송 시스템과 모든 데이터를 공유하는 시스템을 지칭하며 모든 시스템이 상호 데이터를 공유함으로써 효율적이고 경제적인 빌딩관리 시스템으로 유지



Table 2.4.6 기계설비 제어를 위한 통신망 설비 공사

BA(Building Automation) 네트워크 LAN	기계설비, 중앙관제장치의 각 단말기와 호스트 간에 데이터를 공유하기 위한 근거리 통신
-------------------------------------	--

다. 기계설비의 종합 제어 시스템

기계설비의 종합 제어 시스템 공사의 예시는 Table 2.4.5와 같이 CCMS 설치공사, DDC 설치공사, POT(Portable Operator Terminal), 기계설비 관련 IBS 요소기기 설치 공사이다. IBS 공사는 건물 내의 기계설비, 전력, 조명, 방범, 주차관제, 엘리베이터, 방재시스템, 사무자동화시스템, 화상 전송시스템과 모든 데이터를 공유하는 시스템을 지칭하며 모든 시스템이 상호 데이터를 공유함으로써 효율적이고 경제적인 빌딩관리 시스템으로 유지하기 위한 공사로 정의된다. IBS는 건설교통부가 지향하는 21세기형 새로운 건축 개념으로서 정보통신 혁명을 전통적인 건설기술과 접목하여 운전 에너지를 절약하고, 재실자에게 쾌적한 실내환경을 제공하며 저렴한 비용으로 건물을 관리하고자 하는 것이다. 이러한 IBS의 취지를 구현하기 위해서는 건축물에 부착된 각종 기계설비들을 효율적이면서 최적상태로 운전하고 감시할 수 있는 통합관리 시스템이 요구된다. 이러한 통합관리 시스템은 관리하는 영역은 공기조화 및 냉난방 설비, 위생설비, 방재 및 방범설비, 주차관제설비, 엘리베이터 등을 포함한다. 이들은 건축물에 부착된 설비로서 IBS의 근본 목적 달성을 위하여 해당설비들을 유기적으로 통합하고 관리할 수 있어야 하므로 건축물 설비공사를 담당하는 건설교통부 산하 기계설비공사업에서 주관하여야 한다.

라. 기계설비 제어를 위한 통신망 설비

기계설비 제어를 위한 통신망 설비 공사로 제어 대상의 특성과 제어 방식에 따라 통신 방법이 달라

지므로 기계설비 자동제어 공사에 해당된다.

3. 시방서 구성

시방서는 공사를 시행하는데 있어서 지침을 명확히 제시하고 모든 공사 자재의 재질 또는 성능을 명기함으로써 자재 구입시의 기본이 되는 일종의 공사 약정서이다. 이러한 공사 시방서는 시공자와 건축주 간의 견해차를 해소시키며 설계 의도대로 공사를 진행할 수 있으며 향후 유지 보수 관리의 지표가 된다. 따라서 현장 시공 부분, 공장 제작 부분, 건축주 준비 사항 등의 명확한 공사 구분 제시로 일어날 수 있는 분쟁의 요인을 제거할 수 있다. 시방서는 일반적으로 현장제어설비공사와 중앙관제설비공사로 분류되며 각각은 일반, 기기, 시공 분야로 나누어진다.

건설교통부에서 2002년에 제정한 건축기계설비공사 표준시방서에는 제6장에 자동제어설비공사의 시방서가 수록되어 있으며 그 구성은 Table 2.4.7과 같다.

Table 2.4.7의 시방서를 보면 제어 대상이 기계설비인 경우, 기계 전공자가 제어 시스템을 설계, 시공, 운영하는 것이 바람직하다. 제어 공사는 측정 센서의 설치로부터 시작되는데 시스템의 특성을 명확하게 파악해야지만 적절한 센서의 선택이 가능하고 설치 개수와 설치 위치가 최적화될 수 있다. 시스템 특성을 이해하지 못하는 비전문가에 의한 설계는 적합하지 않은 센서를 선정하게 되고 측정 위치와 개수를 잘못 산정하여 제어가 최적으로 수행되지 않음은 물론 빈번한 비정상 운전 또는 고장의 원

Table 2.4.7 건축기계설비공사 표준시방서 제6장 자동제어설비공사의 시방서 목차 (2002년 제정)

<p>제1절 현장제어설비공사</p> <p>1. 일반 사항</p> <p>1.1 적용 범위</p> <p>1.2 현장 제어 방식의 개요</p> <p>1.2.1 전기 제어식</p> <p>1.2.2 전자 제어식</p> <p>1.2.3 DDC식</p> <p>1.2.4 공기 제어식</p> <p>1.2.5 병용 방식</p> <p>2. 현장 제어 기기</p> <p>2.1 일반 사항</p> <p>2.2 온도 조절기 및 검출기</p> <p>2.3 습도 조절기 및 검출기</p> <p>2.4 압력 조절기 및 검출기</p> <p>2.5 유량 검출기 및 스위치</p> <p>2.6 조작기</p> <p>2.7 조절 밸브</p> <p>2.8 전자식 밸브</p> <p>2.9 조절 댐퍼</p> <p>2.10 액면 제어 장치</p> <p>2.11 공기원 압축 장치</p> <p>2.12 자동제어반</p> <p>2.13 배관, 배선 자재</p> <p>2.13.1 전기배관, 배선자재</p> <p>2.13.2 공기배관자재</p> <p>3. 시공</p> <p>3.1 일반 사항</p> <p>3.2 기기 설치</p> <p>3.2.1 조절기 및 검출기</p> <p>3.2.2 조작기, 조절밸브 및 조절댐퍼</p> <p>3.2.3 공기원 압축장치</p> <p>3.3 제어반의 설치</p> <p>3.4 전기배관 및 배선</p> <p>3.5 공기배관</p> <p>3.6 시험 및 검사</p> <p>3.6.1 배관의 시험</p> <p>3.6.2 시험 및 공사</p> <p>3.7 시공 구분</p> <p>3.7.1 자동제어공사와 기계설비배관공사의 구분</p> <p>3.7.2 자동제어공사와 덕트 공사의 구분</p> <p>3.7.3 자동제어공사와 변풍량 조절 장치 공사</p> <p>3.7.4 자동제어공사와 방열기 설치 공사</p>	<p>3.7.5 자동제어공사와 풍량측정장치 취부 공사</p> <p>3.7.6 자동제어공사와 전기설비공사의 구분</p> <p>3.7.6 자동제어공사와 기계설비장비 간의 연동 공사의 구분</p> <p>제2절 중앙관제설비공사</p> <p>1. 일반 사항</p> <p>1.1 적용 범위</p> <p>1.2 시스템 구성</p> <p>1.3 기능</p> <p>1.3.1 운전자 암호 지정 및 운용 등급 지정</p> <p>1.3.2 메뉴 방식의 운용</p> <p>1.3.3 원격 기동, 정지</p> <p>1.3.4 상태 감시</p> <p>1.3.5 경보 감시</p> <p>1.3.6 계측</p> <p>1.3.7 스케줄 운전</p> <p>1.3.8 온습도 제어의 설정</p> <p>1.3.9 공기조화에 관한 에너지 제어</p> <p>1.3.10 운전관리에 관한 자료 수집</p> <p>1.3.11 보고서</p> <p>1.3.12 전기설비, 방재, 방법설비, 기타 관련 설비의 제어, 계측, 기록</p> <p>1.3.13 시설물 관리 기능</p> <p>1.3.14 원격 감시</p> <p>2. 기기 및 재료</p> <p>2.1 중앙제어 및 감시장치</p> <p>2.1.1 개요</p> <p>2.1.2 중앙 관제 장치</p> <p>2.1.3 기록 장치</p> <p>2.1.4 무정전 전원 장치</p> <p>2.2 현장제어장치 및 입출력 모듈</p> <p>2.2.1 개요</p> <p>2.3 배관 및 배선자재</p> <p>3. 시공</p> <p>3.1 일반 사항</p> <p>3.2 중앙제어 및 감시장치, 현장제어장치, 입출력 모듈의 설치</p> <p>3.2.1 탁상형 장치</p> <p>3.2.2 지립형 장치</p> <p>3.2.3 벽걸이형 장치</p> <p>3.3 배선</p> <p>3.4 시험 및 검사</p>
---	---

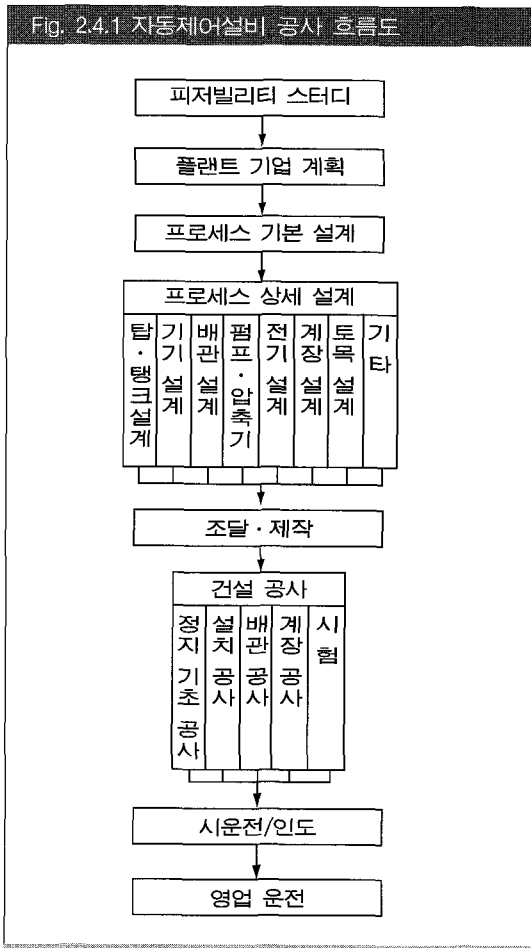


인이 된다.

4. 자동제어 공사의 일반 사항

산업시설물 및 건축물 내 기계설비 자동제어공사를 위해서는 시공업체는 기계, 건축, 토목, 전기, 계장 등의 전문분야 협력이 필요하며 기계설비 및 자동제어설비 건설은 물론 건설환경 조건, 노동력 확보, 생활환경에 이르기까지 폭넓은 검토가 필요하다. Fig. 2.4.1은 자동제어설비 공사의 흐름도를 일례로 나타낸다.

Fig. 2.4.1 자동제어설비 공사 흐름도



가. 피저빌리티 스터디 (요구 시방 검토)

경제면의 검토 : 제품의 시장조사, 원료의 구입선, 입지조건, 수송수단, 건설비의 개산, 생산판매코스트의 시산, 노동력의 확보, 자금 계획 등에 관해 검토한다.

기술면의 검토 : 이용 가능한 기존 기술, 개발을 필요로 하는 신기술과 그 실현의 가능성, 특히, 제어공정 우열평가 등의 기술관계를 체크, 검토한다.

사회적 환경면의 검토 : 일반적으로 공해라 일컬어지는 폐수, 소음, 악취, 방사능 등을 전반적으로 검토하고 대상 설비가 정상으로 운전되고 있을 때나 이상시에 있어서도 사회적으로 악영향을 미치지 않도록 종합적으로 검토한다.

나. 제어설비 기업 기획

피저빌리티 스터디 (feasibility study)의 결과를 바탕으로 계획 실행의 가부를 결정한다.

다. 제어 공정의 기본 설계

제어공정 기본 설계는 건설에 필요한 기계설비의 기본적인 여러 가지 성질 및 제원 (공정 데이터)을 결정하는 작업으로서 다음과 같은 것이 있다.

- 설계조건 확인
- 물질수지(mass conservation), 열수지(heat balance)
- 조업운전 방법, 안전관리방식
- 건물 및 구조물의 기본 시방
- 제어공정 flow chart (제어공정 계통도)
- P&I (Piping & Instruments, 배관 계측 계통도)
- 공정 배치도
- 유틸리티 (전력, 물, 열원 등) 계획
- 배관의 기본시방 (재료, 부설 경로 등)
- 계장 관계, 전기 관계의 기본 시방

5. 자동제어 공사 구성

자동제어 공사는 계획, 시공, 시운전, 인도, 유지 관리 등으로 분류된다. 자동제어 설계는 자동제어 시스템이 최적으로 운전될 수 있게 계획하는 작업으로 자동제어 시스템을 구축함에 있어 가장 중요한 첫 단계이다. 이는 의복 착용시 첫 단추에 해당하는 작업으로 설계가 올바르게 이루어지지 않을 경우 그 다음 단계인 시공, 운전을 아무리 잘 하여도 원하는 제어가 이루어지지 않는다. 설계는 일반적으로 계획, 기본 설계, 상세 설계(동특성 해석 포함) 등의 순서로 이루어진다. 이 중 동특성 해석은 제어 대상 시스템의 명확한 파악이 전제가 되어야지만 가능한 작업으로 제어 대상이 기계설비인 경우 기계 전공자만이 가능한 작업이 된다.

가. 계획

자동제어 시스템 설계를 진행함에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 고객이 원하고 있는 품질을 정확하게 파악하는 일이다. 요구 품질은 시방서나 기술 협의 형태로 전달되지만 작성이 불충분하거나 설명 부족, 때로는 변형되어 별개의 말로 전달되기도 하

므로 진정한 요구는 무엇인가를 충분히 검토하여 문서로서의 확인이나 정리를 해두어야 한다. 특히 자동제어설비의 설계는 여러 가지 제어요소 기기의 결합체인 관계로 고객이 요구하는 품질이 한번에 확보되기 어렵다. 따라서, 품질 전개는 Fig. 2.4.2에 나타난 품질 전개표 등의 수법을 이용하여 체계적으로 진행되어야 한다. 품질전개는 요구 품질전개로부터 품질 기능 전개, 설계 품질 전개로 차례로 항목의 세분화를 하여 최종적으로는 제품의 제작이 가능한 레벨까지 전개한다. 새로운 건축물이나 산업시설물의 경우 제어하고자 하는 기계설비의 자동제어공사를 진행하는데 있어서 기술의 핵심(이론, 기술 등)을 모두 알고 있다는 것은 어려운 일로서 미지의 부분이나 이미 알고 있다고 할지라도 환경 조건 등이 달라져 새롭게 검토나 실증을 필요로 하는 부분이 반드시 존재한다. 필요로 하는 기술은 상세히 분석하여 기지 기술과 미지 기술로 구분한다. 구분된 미지의 기술에 관해서는 Fig. 2.4.2의 품질전개 방법을 적용하여 개발을 진행하지만 한정된 기간과 비용으로 시공을 마쳐야 하는 자동제어설비공사의 특성상 기능, 비용, 납기의 trade-off가 필요하다. 이러한 제약 조건 하에서 성공적인 시공을

Fig. 2.4.2 품질 전개의 개요

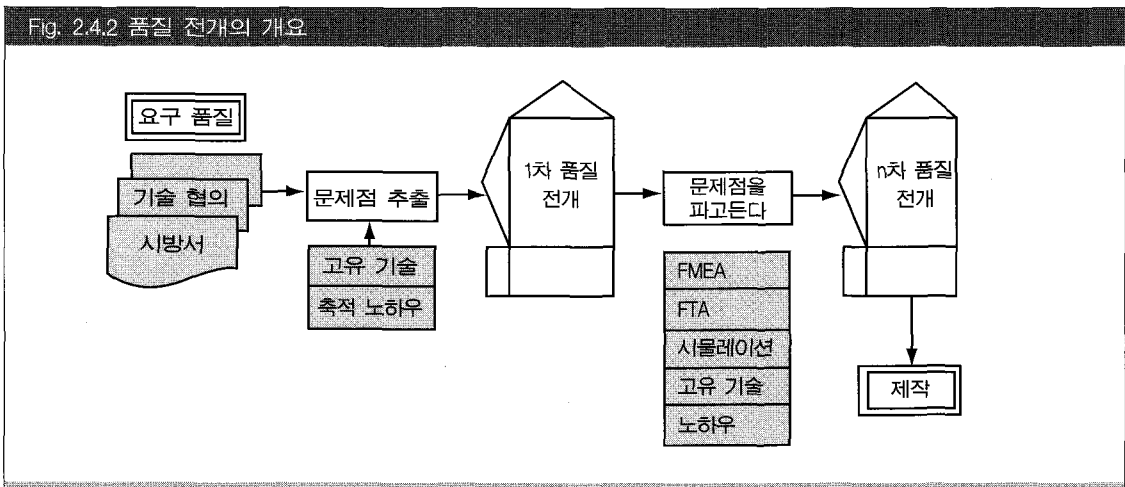
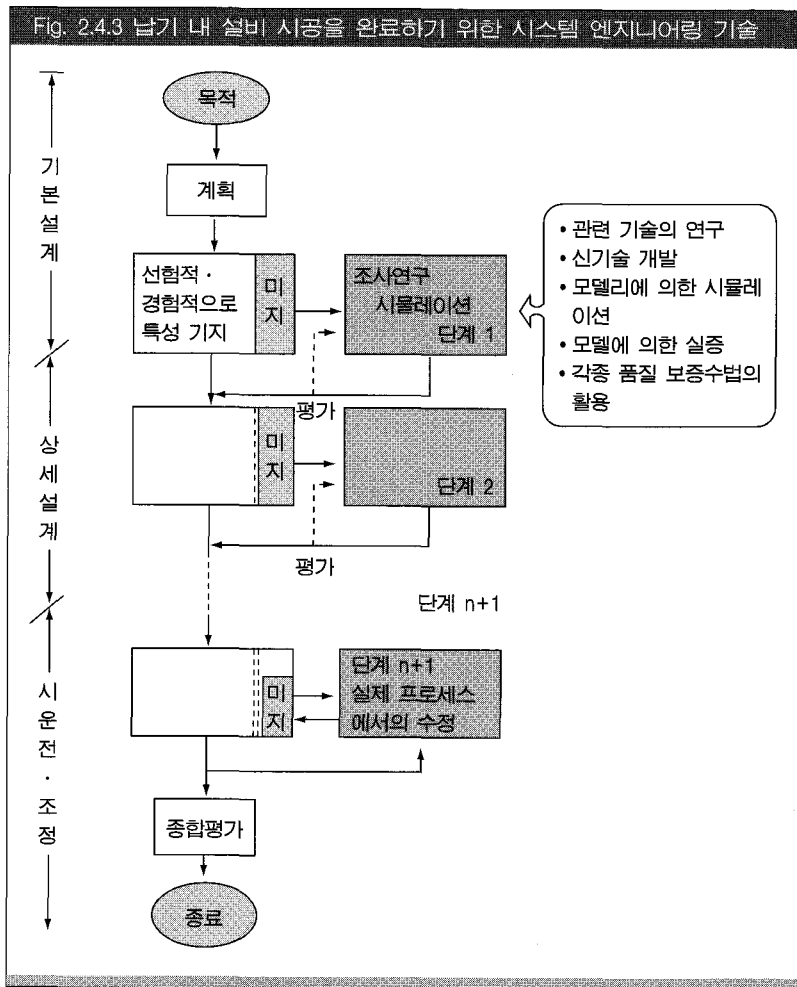




Fig. 2.4.3 납기 내 설비 시공을 완료하기 위한 시스템 엔지니어링 기술



다. 상세 설계

상세 설계는 제조 설계라고도 하며 기본 설계에 따라 기계제어설비 건설에 필요한 시방서, 도면 등을 상세하게 작성하는 작업이다. 기기 설계 (탑, 탱크, 펌프, 블로어 등), 배관설계, 전기설계, 계장설계, 토목, 건물설계 등 피저빌리티 스터디에서 상세 설계에 이르기까지의 엔지니어링 업무를 특히 계장메이커의 입장에서 본 항목과 분담을 다음의 Table 2.4.8에 나타낸다.

Table 2.4.8의 설비는 설비 메이커의 경우 건축물이나 산업시설물에 설치될 기계설비 (예컨대, 냉동기, 보일러, 공기조화장치, 엘리베이터, 방법 및 방재설비 등)를 시공할 기계설비공사 업체이고 계장 메이커의 경우 이러한 기계설비의 자동

위해서는 해당 설비와 자동제어 이론에 관하여 전문지식을 갖춘 기계공학분야의 전문 엔지니어가 요구된다. 다음의 Fig. 2.4.3은 이러한 전문 엔지니어가 해당 기계설비 및 자동제어 설비 시공을 주어진 납기 내에 추진하기 위한 접근 방법을 나타낸다.

나. 기본 설계

기본 설계에서는 적용 공정의 특성을 파악하여 최적 제어 방식을 결정한다. 여기에서는 기능성, 편리성, 경제성 등이 종합적으로 고려된다.

제어 운전에 필요한 자동제어 설비를 시공할 기계설비공사업체에 해당한다. Table 2.4.8의 당해구분 내역에서 알 수 있듯이 설비 메이커와 계장 메이커는 각자 독자적으로 업무를 진행하는 것이 아니라 긴밀하고도 유기적 협조를 통해서 건축물 및 산업시설물 내 기계설비가 원활히 제어되도록 시공업무를 수행한다. 여기서, 업무상의 협조는 설비 메이커와 계장 메이커가 시공하는 기계설비의 특성에 대하여 공통적인 전문지식이 있어 설비시공시 상호 보완적인 관계를 유지함을 의미한다. 보완적 업무

Table 2.4.8 엔지니어링 작업 분담표

업무내용		당해구분						구체적 내용
유저	기본시방,조업방법의 제시	A	B	C	D	E	F	A. 유저가 독자 또는 플랜트 메이커와 결정하는 업무범위
	1 생산설비 수차제원	●						B. 설비 메이커가 독자 또는 유저와 협의하여 결정하는 업무범위
	2 운전, 조업방법	●						C. 설비 메이커가 계장 메이커에 상담하여 결정하는 업무범위
	3 초기투자, 운전 유지비	●						D. 설비 메이커가 계장 메이커의 제안에 의해서 결정하는 업무범위
	4 공정	●						E. 계장 메이커가 설비 메이커 또는 유저와 협의하여 결정하는 업무 범위
	5 입지조건	●						F. 계장 메이커가 독자적으로 결정하는 업무 범위
	6 기타	●						
설비 메이커	기본 설계							CRT 화면의 제시, 수식 모델의 제시
	1 물질수지, 열수지 검토		●					계장용 기재(컴퓨터,마이크로컴퓨터,일반기계 등)선정 제안
	2 조업운전방법,안전관리방식 검토		●					1항, 2항을 바탕으로 최적 시스템의 검토, 제안
	3 P&I 작성, 공정표 작성		●					2항, 3항, 4항 등의 기초 데이터를 바탕으로 시방서 작성
	4 장치 및 기기 배치도 작성		●					동상
	5 계장 시스템 설계			●				1항,2항,6항 등의 기초 데이터를 바탕으로 시방서 작성
	6 관리 데이터 처리 방식, 컴퓨터 제어 방식의 확립				●			3항,4항,5항,7항,8항 등의 자료에 따라 시방서의 작성
	7 계장 기기 시방서, 데이터 시트의 작성					●		계장 시스템의 부분에 관한 요령서 입안
	8 계장반, 시퀀스 시방서 작성					●		동상
	9 컴퓨터 제어, 시스템 시방서 작성					●		동상
	10 계장 공사 시방서 작성					●		
	11 종합조정, 시운전 요령서 작성			●		●		
	12 통상운전 및 보수 요령서 작성			●		●		
	13 정기 점검 및 긴급시 보수 요령서의 작성			●		●		
14 기타			●		●			
계장 메이커	기기 제작 설계							루프 결선도, 기술 시트, 데이터 시트의 작성
	1 계장기기의 단선 루프도					●	●	CRT 화면의 작성, 그래픽 그림의 작성
	2 기기 시방 가능 결정					●	●	시퀀스 테이블의 작성
	3 계장반 설계					●	●	
	4 시퀀스도 설계					●	●	
	5 계장반 반내 전원 계통도 작성					●	●	
	6 계장반 반내 배선 접속도 작성					●	●	
	7 계장 공사 설계도 작성					●	●	
8 기타					●	●		



협조를 위한 핵심요소는 양자가 모두 대상 설비인 기계설비에 대한 전문지식이 있어 최적제어 운전을 위한 센서 및 액추에이터의 제원, 위치, 설치 방법, 제어 알고리즘, 제어기 등의 장단점을 논의하고 함께 시방서를 작성할 수 있는 수준을 전제로 한다.

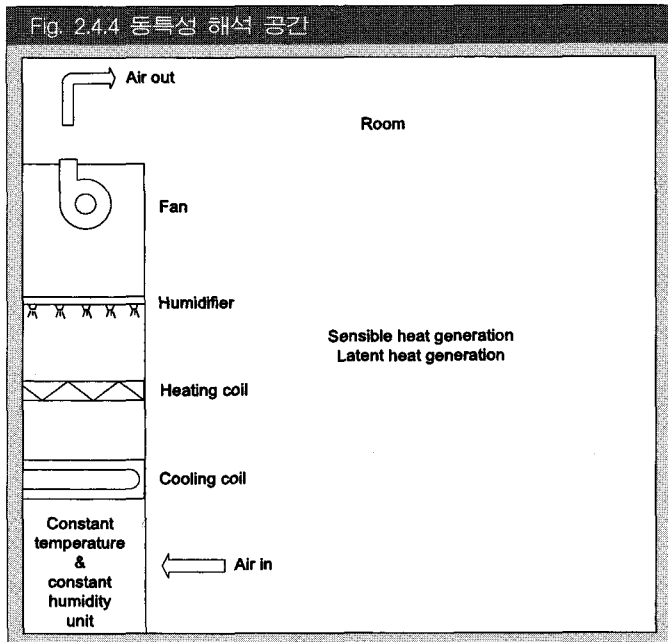
결국 기계설비 및 자동제어공사의 성공적 수행여부는 대상 설비인 기계설비 및 제어 시스템에 대한 전문지식을 보유하고 있는가에 달려있다. 이는 화학공장 또는 정유공장의 공정제어를 해당 설비를 전공하는 화학공학분야에서 전문지식을 보유하고 있는 것과 같은 이치이다. 자동제어라는 학문은 자동제어 대상을 효과적으로 제어하기 위하여 필요한 공통적 이론의 틀만을 제공할 뿐이다. 현실세계에서 자동제어를 구현하려면 제어대상이 속한 설비분야의 전문가가 공정의 특성에 대한 전문적인 지식을 보유하고 있는 상태에서 자동제어 이론을 구현하여야 한다.

따라서, 자동제어의 학문적 체계는 소속된 대상 설비의 특성에 맞게 발전하므로 공통적인 이론을 바탕으로 하면서도 제어시스템 설계의 출발점인 제어 대상 설비의 동적모델의 파악이 가능한 전문분야별로 자동제어 시스템의 구현은 각기 다른 길을 걷고 있다. 무인항공기, 미사일 등의 유도무기체계에 대한 자동제어는 항공공학에서 다루고, 화학공정에 대한 자동제어는 화학공학에서 다룬다. 수배전 및 발전설비와 관련한 전력계통의 제어는 전기공학에서 다룬다. 마찬가지로 맥락에서 건축물과 산업시설물에 설치되는 기계설비의 공정은 기계공학의 전문분야이므로 기계공학의 자동제어학문분야에서 다룬다.

상세 설계에서 자동제어 시스템의 최

적 설계를 위하여 동특성 해석이 수행되는 것이 바람직하며 이 해석은 제어대상 설비의 동특성에 관한 전문지식을 갖춘 엔지니어에 의해 이루어져야 한다. 그 이유는 자동제어 이론이나 설비지식보다 더 중요하고 이해하는데 오랜 시간을 요하는 것이 바로 제어 대상의 동특성 이해이다. 예컨대, 건축물의 냉난방 제어를 위한 공기조화 장치의 용량을 선정하고 이 장치를 효율적으로 제어하기 위해서는 열역학, 유체역학, 열전달, 공기조화 및 냉동 등과 같은 전통적인 기계공학의 열유체분야 학문에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이들 학문을 익히고 실제의 기계장치에서 응용하기 위해서는 많은 시간과 경험이 필요하며 이 분야의 전문지식을 갖춘 엔지니어만이 자동제어 이론을 효과적으로 해당 기계설비에 적용할 수 있다.

동특성 해석의 중요성은 다음 그림과 실내 공간을 항온항습기로 일정한 온도와 습도로 제어할 경우 명확해진다.



향온항습기로 실내 공기가 유입되고 공기는 순차적으로 냉각코일에 의하여 냉각 및 제습, 가열기에 의하여 가열 그리고 가습기에 의하여 가습된다. 공기조화된 공기는 다시 실내로 공급된다. 내부 공간에는 현열 및 잠열 부하가 일정하게 발생한다. 이 향온항습기를 운전하는 방법에 따라 그 결과는 판이하게 달라진다.

향온항습기는 냉동기, 가열기, 가습기로 구성되며 각 기기를 운전(on) 또는 정지(off) 방법에 의하여 제어한다. Table 2.4.9와 같이 2가지 제어 방식을

제안한다. 여기서 ϕ 는 상대습도이며 단위는 %이다.

Fig. 2.4.5는 1 kW의 현열 부하가 발생하는 경우 A 제어 방식을 적용한 결과이다. 실내의 온도와 습도를 제어하기 위하여 냉동기, 가열기, 가습기가 계속 운전되어 경제적인 측면에서 매우 불리한 조건으로 운전되고 있다. 이에 반하여 Fig. 2.4.6의 B 제어 방식은 설정값만 조금 변경한 제어 방식으로 열원기기의 운전 시간이 대폭 감소하였음을 알 수 있다. Table 2.4.10은 운전 시간과 소비 동력을 비교하고 있다. B 제어 방식의 소비 동력은 A에 비하

Table 2.4.9 제어 루직

	Chiller control based on T		Chiller control based on humidity		Heater control		Humidifier control	
	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off
A	T=23.5°C	T=22.5°C	$\phi=51.5\%$	$\phi=48.5\%$	T=22.5°C	T=23.5°C	$\phi=48.5\%$	$\phi=51.5\%$
B	T=24.0°C	T=23.0°C	$\phi=53\%$	$\phi=50\%$	T=22.0°C	T=23.0°C	$\phi=47\%$	$\phi=50\%$

Fig. 2.4.5 A 제어 방식, 현열 부하 1 kW

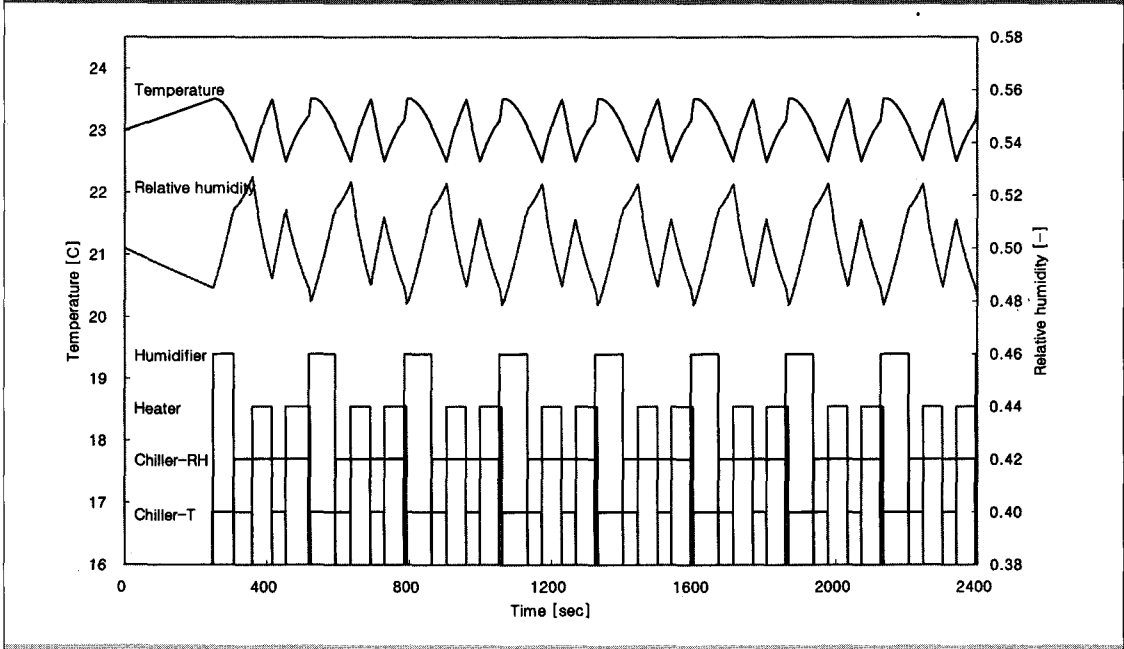




Fig. 2.4.6 B 제어 방식, 현열 부하 1 kW

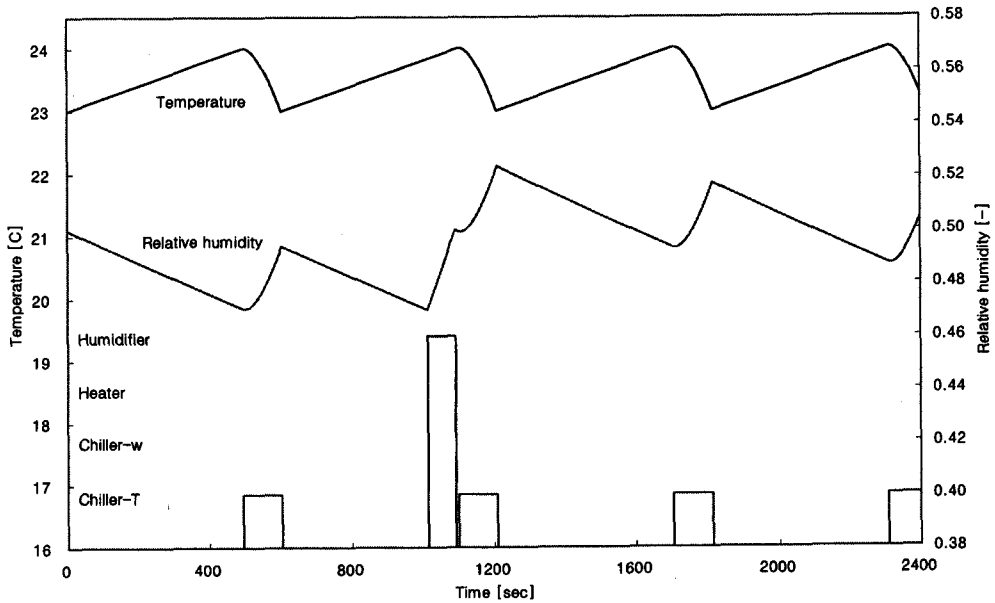


Table 2.4.10 작동 시간과 전력 소비량 (Q_{sensible})

	A		B	
	Time(sec)	Power c.(kWh)	Time(sec)	Power c.(kWh)
Chiller-T	1203.9		425.2	
Chiller-H	1540.8		0	
Chiller-total	2095.1	4.547	425.2	0.930
Heater-T	949.3	5.274	0	0
Humidifier-H	610.4	1.695	78.4	0.218
Total	3654.8(60.9 min)	11.516	503.6(8.4 min)	1.148

여 약 90%의 동력 절약이 가능하다. 이와 같이 제어 대상의 동특성을 명확하게 이해하는 전문가에 의해 제어 시스템이 설계, 시공, 운전될 경우 제어 시스템은 보다 효율적으로 작동하며 소비 동력을 대폭 감소시킬 수 있다.

라. 자재의 선정, 구매, 제작, 검사

자재에는 센서류, 제어밸브류, 통신설비, 조작부 등 자동제어 시스템 구축에 필요한 모든 기기들을 포함한다. 이러한 자재는 해당 제어 대상 시스템의 전문적인 지식을 갖춘 전공자에 의하여 선정되어야 효율 및 경제적인 측면이 충족시킬 수 있다. 이 단계에서는 상세 설계에 따른 각종 기기들 조달, 제작



및 검사한다. 기기 단체로서 시방을 충족시키고 있는가, 성능에 결함은 없는가를 충분히 검사한다.

마. 시공 / 감리

기계설비 건설공사를 공정의 흐름에 따라 분류하면 정지, 기초공사, 기기류의 설치, 건물, 구조물의 구축, 배관, 전기, 계장, 보온, 보냉, 도장의 공정으로 된다. 기계설비 건설의 전공정 관리는 물론이지만 특히 이들 현장의 여러 공사는 상호 연관되어 추후 착오가 생기기 쉬우므로 상세한 고정 계획과 관리가 필요하기 때문에 네트워크 분석이나 PERT 수법 등의 공정 관리 수법을 사용하여 매우 세밀한 관리를 해야 한다.

바. 시운전 / 인도

설비공사가 끝나면 부분적인 시험으로 시작하여

기기마다 성능을 확인하고 수정 등을 가하면서 차례로 범위를 넓혀서 계획된 성능을 충족시키는가의 여부를 확인하고 공정 전체 시험을 실시한다. 이러한 시험은 고객, 관련 시공업체들의 입회하에 실시한다. 시험을 하면서 문제점을 보완한다.

성공적인 시운전이 종료되면 인도를 하게 된다. 인도시 유지, 관리에 대한 모든 대책이 설명서와 전문 관리자에 대한 훈련 형태로 제공된다.

사. 종합관리

자동제어 설비는 관리 전문가에 의해 운전된다. 모든 중요한 사항은 기록되며 관리자는 기록된 사항을 분석하여 자동제어 설비가 최적으로 운전될 수 있도록 한다.

(다음호에 계속)

