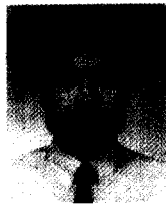


## 산업용 냉동기의 제어

### Controls of Industrial Refrigeration Systems

이 성 주  
S. J. Lee  
(주) 경원세기



· 1950년생  
· 인텔리젠티빌딩시스템 및 농수축산물의 콜드체인 분야에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머릿말

냉동기에는 압축식과 비압축식이 있다. 그 중에서 압축식을 분류할 때 응용분야에 따라서 일반공조용, 산업용, 저온용, 냉각방식에 따라서 직접냉각형, 간접냉각형 등으로 분류될 수 있고 주로 사용되는 압축기 종류에 따른 분류 방식으로는 왕복동, 스크류, 원심형 등으로 분류할 수 있다.

또한 비압축식의 경우에는 흡수식, 흡착식 등으로 분류되고 있다. 냉동기의 제어방식은 어떤 압축기를 사용하느냐에 따라서 달라지게 된다. 본 글에서는 이와 같이 광범위하게 사용되는 냉동기계류중 소형(1HP~10HP)을 제외한 중대형 쪽에 속하는 냉동기의 제어방식에 대해서 요약하고 특히 DDC(Direct Digital Control)시스템의 적용시 주의 점을 요약해 보고자 한다.

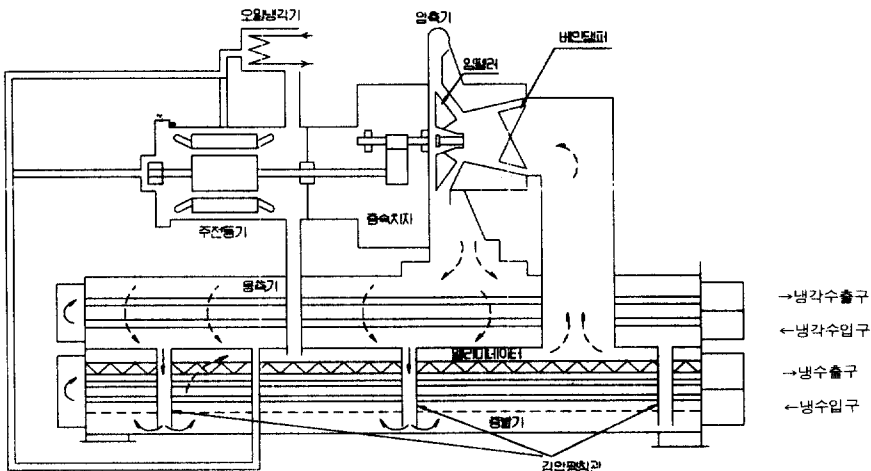


그림1 터보 냉동기의 원리도

## 2. 압축식 냉동기의 제어

압축식 냉동기에 사용되는 압축방식에 따라서 비용적 압축형인 원심식-터보형(주로 대형에 적용)과 용적압축식인 왕복동식(소형-중형), 스크류식(중형-대형), 스크롤, 로터리(소형)로 분류할 수 있으며 이중 중대형에 속하는 터보 냉동기의 제어에 대해서 소개토록 한다.

터보 냉동기의 특징은 사용 냉매(R123)의 운전압력이 대기압 이하이므로 운전중에 외기가 침입할 수 있으므로 이를 주기적으로 추출시키는 추기장치가 필요하다. 터보 냉동

기의 냉동사이클은 용적 압축식에서와 같이 압축-응축-팽창-증발의 과정을 순환하게 된다.(그림 1참조)

### 2.1 압축기의 용량제어

밀폐형 원심식 1단 압축기는 상온용으로 주로 사용되며 핵심부품인 임펠러를 증속기어를 사용하여 회전 동력원인 전동기와 연결시켜 임펠러를 고속으로 회전시켜주므로 서흡입냉매 가스를 압축시켜 주는 장치이다. 압축기 용량을 제어하기 위해서 베인댐퍼를 사용하며 압축기의 흡입측에 설치되어 있다. 상세구조는 그림2와 같으며 베인댐퍼의 위치를

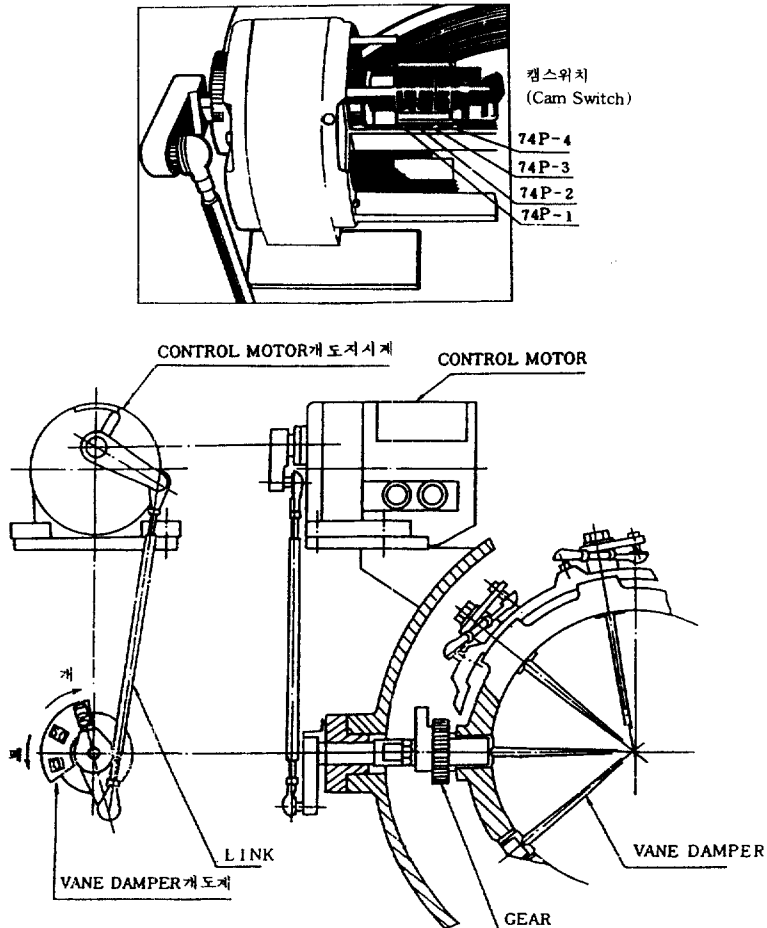


그림2 용량제어장치 상세도

제어할 수 있도록 4개 캡스위치가 설치되었 으며, 이 스위치들은 베인템퍼 모터의 회전축 에 직렬로 연결되어 있다. 베인템퍼 모터는 써보모터로서 냉동기의 2차냉매(물 또는 브 라인)의 온도에 따라 보조권선과 주권선 중 어느 한쪽으로 전원이 공급되도록 되어 있으 며 전원공급 방향에 따라 전동기의 회전방향 이 결정되도록 설계되어 있다.

그림3에는 베인템퍼 모터의 제어를 위한 캡스위치의 회로를 나타내 었다.

캡스위치 4개(74P1~74P4)중 2개(74P1~ 74P2)는 용량제어를 위한 베인템퍼 모터의 회전각도 조절을 위하여 사용되고 1개(74P3) 는 냉동기의 기동시에 완전 무부하 상태로 베 인템퍼가 위치되어 있는가를 확인 시켜주는

기능스위치로 사용되고 있다. 나머지 1개 (74P4)는 냉동기의 냉각부하가 점점 줄어들 더라도 베인템퍼의 개도가 15%이상을 유지 하며 압축의 썩싱(Surging)현상을 방지하기 위해 사용된다.

### 2.2 오일온도 제어

윤활유는 냉매와 잘 섞여서 사이클 내를 순환하게 되며 대부분의 오일은 압축기의 하 우징 바닥에 모이게 된다. 운전정지 중에는 하우징 바닥에 모여있는 오일의 온도를 전기 가열기로 가열하여 40~55℃로 유지시켜 준 다.

이렇게 하면 윤활유 중에 섞여있는 냉매는 증발이 되므로 오일폼핑(oil Foaming)현상

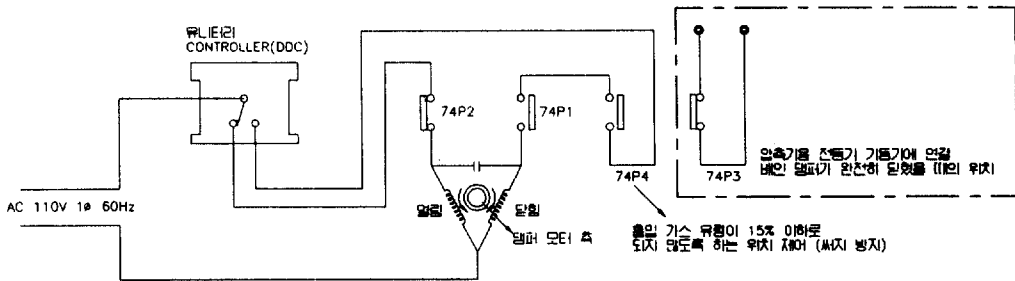


그림3 베인템퍼 모터와 캡스위치

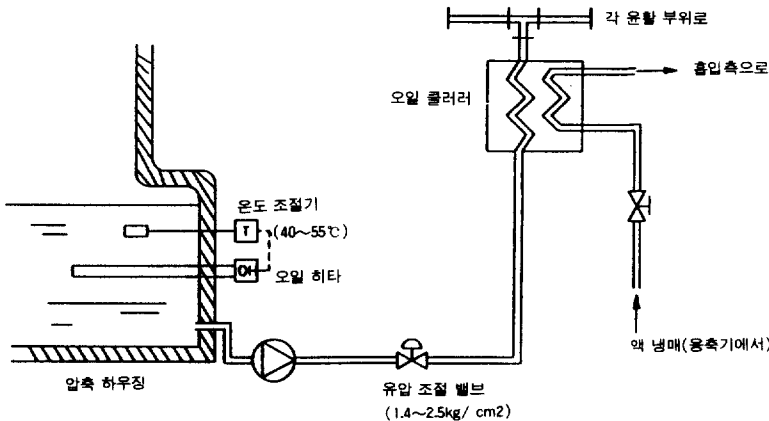


그림4 오일계통의 제어요소

으로 인한 윤활유의 캐리오버(Carry Over) 현상을 방지할 수 있다.

하우징내의 오일온도는 온도조절기에 의해서 오일히터의 열량을 조절해주므로써 제어한다. 오일온도가 과도하게 상승하게 되면 냉각 매체로서 응축해 냉매를 사용하여 오일과 열 교환시켜서 냉각 제어한다.

유압은 그림4에서와 같이 유압조절 밸브로서 조절하게 되며 보통 1.4~2.5kg/cm2정도를 유지해야 한다.

2.3 각종 안전장치 및 센서

터보 냉동기에서의 사이클 운전상의 안전장치는 표1에 나타난 것과 같다. 이외에 냉동

기의 자동운전을 위한 각종 온도 스위치 및 압력 스위치류가 필요하게 되며 표2에 나타내었다.

2.4 압축기 구동용 전동기 제어

압축기 구동용 전동기의 냉각방식은 냉매 냉각 방식으로서, 응축기로부터 액냉매를 주전동기 내부로 순환시켜 주전동기의 발열부하를 감당하고 있다.

코일의 온도 상승한계치는 일반적으로 60℃내외로 하고 있으며 명판상 표시정격 전류를 95%이상 초과 운전되지 않도록 베인덱퍼 용량제어 장치를 사용하여 전류를 제한하고 있다.

표1 터보냉동기의 안전장치

품 명	복귀 조작	설 정 치		보 안 항 목
		회로 OFF	회로 ON	
냉수온도 조절 스위치	자동	8℃	3℃	냉수 과냉각
유온도 조절 스위치	"	58℃	63℃	급유온도 이상상승
주전동기 과부하 계전기	수동	-	-	주전동기 과부하
주전동기 과열온도 스위치	자동	53℃	75℃	주전동기 이상과열
오일펌프모터 과부하 계전기	수동	-	-	오일펌프 과부하
증발기 저압 스위치	자동	-360mmHg	-480mmHg	증발기압력 이상저하
응축기 고압 스위치	"	0.5kg/cm2G	0.85kg/cm2G	응축기압력 이상상승
급유 차압 스위치	"	0.95kg/cm2G (차압)	0.7kg/cm2G (차압)	급유압력 이상저하
냉수단수 차압 스위치	"	0.25kg/cm2G (차압)	0.15kg/cm2G (차압)	냉수 단수

표2 온도스위치 및 압력스위치

품 명	복귀형식	설 정 치	
		회로 OFF	회로 ON
압축기 자동운전 온도스위치	자동	4℃	13℃
오일히터 온도조절 스위치	"	55℃	50℃
추기장치 자동운전 압력스위치	"	0.1kg/cm2G	0.15kg/cm2G
"	"	0.3kg/cm2G (차압)	0.15kg/cm2G (차압)

이러한 기능을 전류제한(Current Limit)기능이라 말한다.

그 외에 주전동기 권선의 온도를 감지하는 내부 써머스탯트를 이용한 보호장치가 사용된다.

터보냉동기용 압축기의 전동기 용량은 대개 100kw 이상이기 때문에 주전원을 주로 고압 3.3kv 혹은 6.6kv를 사용하고 있다.

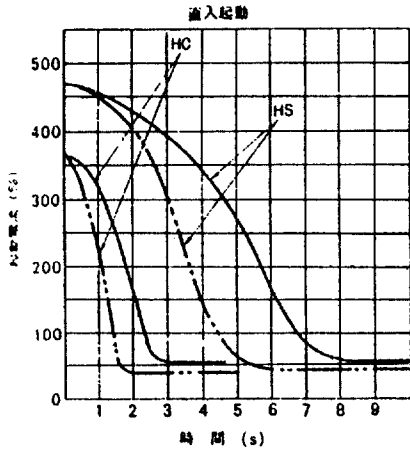
기동방식은 그림5와 같이 크게 3가지로 나누어지며, 가장 보편적으로 사용되는 것이 Y-△ 기동방식이고 대용량 200kw 이상의 전

동기에서는 주로 기동보상기에 의한 기동방식을 사용하고 있다.

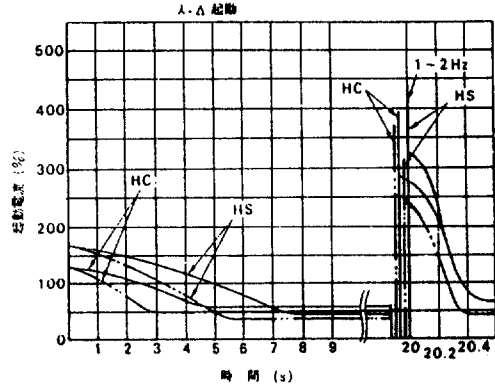
3가지의 기동방식중 개폐에 의한 초기 과도전류가 가장 안정적인 것은 기동보상기에 의한 기동방식이다. 감압기동방식의 선정은 실수요자의 수전 설비 용량과 기동기의 초기 투자비를 고려하여 선정할 필요가 있다.

2.5 추기장치 제어

사이클 내에 유입된 불응축가스(공기등)를 추출하는 목적으로 사용되는 추기장치는 반

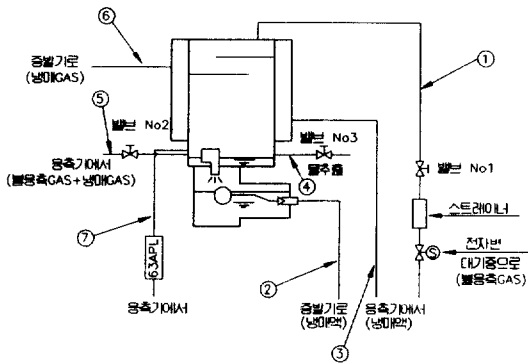


① 직입기동



② Y-△기동

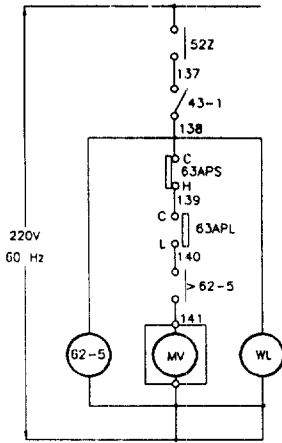
그림5 기동전류특성



배관계통 설명

- ① 불응축가스 기외방출용 배관
- ② 내부탱크내 응축냉매 귀환용 배관
- ③ 외부탱크(냉각용 자켓)냉매액 입구배관
- ④ 배수용 배관
- ⑤ 냉매가스+불응축가스 흡입관
- ⑥ 외부탱크(냉각용 자켓) 냉매가스 귀환용 배관
- ⑦ 63APS 및 63APL용 압력스위치 배관

그림6 추기장치 계통도



- 522 : 냉동기 운전용 보조계전기
- 43-1 : 추기장치 운전용 스냅스위치
- 63APS : 불응축가스 방출용 차압스위치(ON/ 0.15kg/cm<sup>2</sup>, OFF/ 0.3kg/cm<sup>2</sup>)
- 63APL : 역류방지용 압력스위치(ON/ 0.15kg/cm<sup>2</sup>G, 1kg/cm<sup>2</sup>G)
- 62-5 : 운전상태 확립용 타이머
- MV : 전자변 코일
- ML : 추기장치 운전표시 램프

그림7 추기장치 제어회로

드시 냉동사이클 운전 중에만 동작시키도록 되어있다. 추기장치의 동작원리도는 그림6에 나타내었다.

추기장치의 운전압력은 응축압력이 0.5kg/cm<sup>2</sup> G 이상인 경우에 한해서 운전가능하다. 그림에서거 같이 응축기 상부에 모여진 불응축가스는 가스분리기에서 압력스위치(63APL)를 통해 추기조 내부로 보내지며, 추기조 외부에 설치된 냉각용 자켓을 통과시켜주는 액냉매에 의해 불응축가스 중에 냉매는 재응축 할 수 있도록 냉각되어지며, 재응축된 액냉매는 추기조 하부의 플로우트 밸브를 통하여 증발기로 돌아가도록 하며 공기등 불응축가스는 추기조 상부에 모여서 대기로 방출되기를 기다리게 된다. 불응축가스의 량은 냉매가스가 재응축으로 추기조내로 유입되는 가스유량이 감소되게 되며 결과적으로 추기조내 압력과 응축기 압력이 비슷해지게 된다. 이때 응축기내 압력과 추기조내 압력차를 감지하는 차압스위치(63APS)에서 그 차압이 0.15kg/cm<sup>2</sup>에 도달하게 되면 추기조내의 불응축가스를 자동으로 대기 중에 방출되도록 전자밸브를 열어주고 차압스위치의 차압이 다시 0.3kg/cm<sup>2</sup> 이상 되면 대기방출용 전자밸브를 닫아준다. 이와 같이 차압스위치와 역류방지용 압력스위치를 사용하여 추기

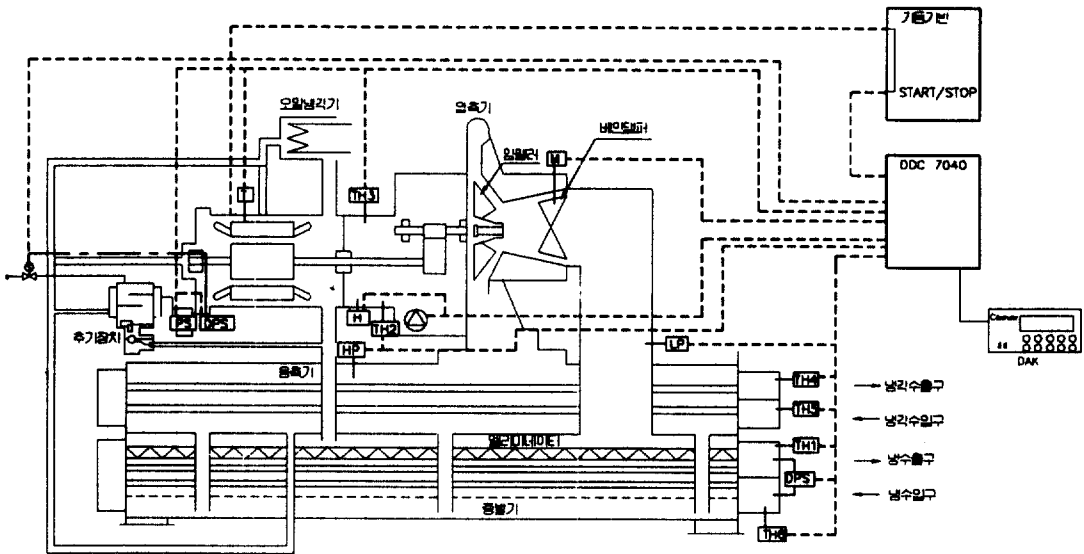
장치를 연속분전시킨다. 그림7에 추기장치의 제어회로를 나타내었다.

### 3. DDC방식의 적용

DDC 제어장치의 사용되는 신호는 아날로그(Analog)와 디지털(Digital)신호로 구분될 수 있으며 터보냉동기의 경우 온도(냉수및 냉각수 입출구 온도, 오일온도, 주전동기 권선의 온도등) 주전동기의 전류측정, 전압신호등에 아날로그 입력이 주로 사용되며 아날로그 신호란 온도에 따라 저항 값이 변화하는 저항 센서라든가 압력에 따라 전류 값이 변화하는 압력변환기, 전압의 변화 및 전류의 변화값 등을 의미한다.

터보 냉동기에서의 제어요소중 냉수단수 릴레이, 냉각수 플로우 스위치, 주전동기과전류 계전기, 오일펌프 과전류 계전기, 증발압력 스위치, 급유차압 스위치등 안전장치용 입력과 추기장치 운전용 차압스위치, 역류방지 압력스위치 등에는 디지털 입력이 사용되었다.

그림8에 각 제어 요소와 DDC 콘트롤러와 연결다이아그램을 보여준다. 터보냉동기의 운전개시시와 정지시의 운전순서의 한 예가 그림9과 그림10의 플로우 차트(Flow chart)



입 력		출 력	
제어신호	냉수 과열 온도	제어신호	보전 신호
	냉수 압력 온도		
	주전동기 온도		
	오일 온도		
	보전 신호 CF (0 ~ 5 v)		
디지탈출력	냉각수 출구 온도	디지탈출력	냉매기 기압/절지
	냉각수 입구 온도		오일 하터 기압/절지
	고압 스위치 (HP)		오일 클로프 기압/절지
	저압 스위치 (LP)		기어트 배반 OPEN
	냉수 압출구 차압 스위치 (DPS)		기어트 배반 CLOSE
	주전동기 OCR		
	오일 릴프 OCR		
	추기압차 압력 스위치 (PS)		
추기압차 차압 스위치 (DPS)			

그림8 DDC의 연결다이아그램

에 표시되어 있다.

프로우차트에서 보듯이 주전동기 기동시의 (Y-△ 기동후 약10초이내)에 과도현상으로 자기 정격전류의 1.5배 정도 전류가 흐르게 되고 Y-△로 다시 전환될 때 1~2HZ정도 4~5배의 써지 전류가 흐르는 점을 고려하여 초기 기동시 생길 문제에 대비한다. 선행운전 되어야 하는 냉수펌프, 냉각수펌프등의 인터록 및 흡입배인 탬퍼의 기동위치 스위치등이 정확한 위치에 있는가를 확인한 후 터보 냉동기에 사용되는 DDC 컨트롤러의 기능에는 제조회사에 따라 다르지만 주요기능을 열거 하면 ①아날로그 및 디지털 입출력기능 ②원격제어기능(컨트롤러간에 데이터를 교환 이

용할 수 있음) ③스케줄 운전 기능(1일, 1주일, 휴일 스케줄에 따라 기기운전) ④운전상태 기억기능 ⑤근무시간외 동작기능(임대 빌딩인 경우추가 사용료 징수에 활용) ⑥최적기동(근무시간 전에 사무실 쾌적 환경을 위해 미리 냉방 또는 난방을 시키는 기능) ⑦전격 예측 감시기능 ⑧시계기능(현재 시간을 보관하는 기능) ⑨데이터 통신기능(컨트롤러간 또는 시스템 버스에서 온 데이터를 로컬 버스에 컨트롤러로 전달하는 기능) ⑩경보기능 ⑪PID 기능 ⑫논리회로(LOGIC CIRCUIT) 기능 ⑬연산기능이며 그림9와 같이 통신기능을 이용하여 분산 제어 시스템을 사용 운용할 수 있다.







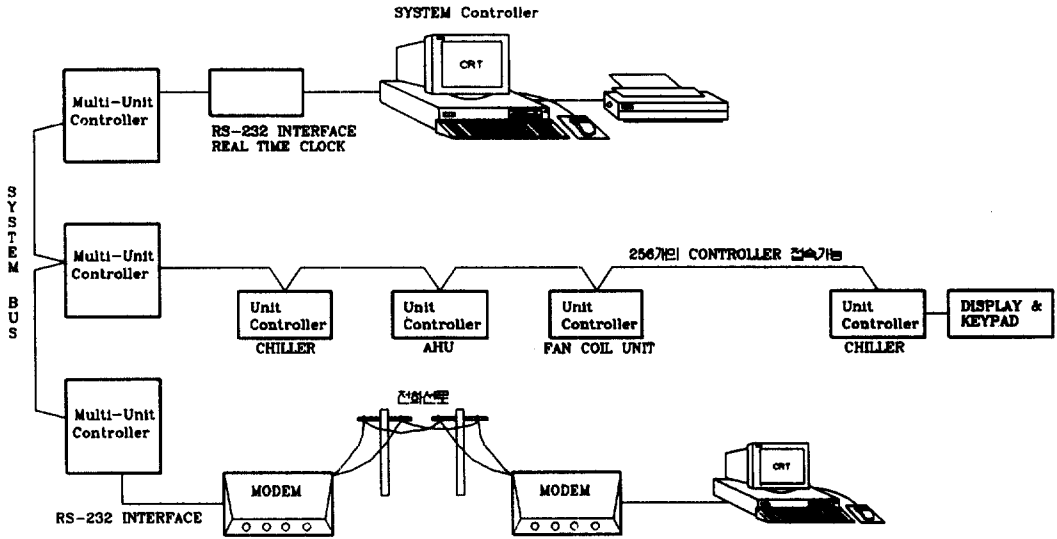


그림11 분산제어 시스템 구축의 예

4. 맺음말

냉동기의 제어에 앞서서 설명한 바와 같이 DDC시스템을 적극 활용함으로써 냉동기 제작회사의 서비스 요원이 사무실에 앉아서 고객의 서비스 요청에 따른 사전점검을 자기

책상의 퍼스널 컴퓨터에서 확인하고, 냉동시스템의 이상유무를 간단히 판단할 수 있게 되었으며, 이로 인해 시간절약 뿐만 아니라 인력관리를 효율적으로 할 수 있는 계기가 되었다고 사료된다.