

서울 노원지구의 집단에너지 공급사업 소개

에너지관리공단 집단에너지사업본부 도유봉 차장
TEL : (02)932-3201(교환 520)

1. 개요

'91년 10월 노원 자원회수시설의 소각열을 이용한 노원지구 집단에너지공급사업의 기본계획이 수립되어 '92년 6월에 노원, 도봉 및 중랑구 일원 105,000 가구를 공급대상으로 사업계획이 확정되었다. 열병합보일러 150t/h 1기 및 터빈발전기 37,000kW와 열전용보일러 150t/h 4기의 시설규모로 '93년 7월에 통상산업부 허가를 받아 동년 12월 공사에 착공

하여 '94년 12월 공릉 1택지지구 3,420여 가구에 열공급을 개시하였고, '96년 12월에 종합준공(열원시설용량 426Gcal/h)하여 '97년 12월 현재 76,000세대에 열을 공급하고 있으며, 향후 2000년까지 년차적으로 공급을 확대해 나갈 계획이다.

2. 운영방법

본 집단에너지 열원시설은 연료가 가지고 있는 열에너지를 최대한 이용하기 위하여 자원회수시설에서 발생하는 열을 우선적으로 사용하고, 부족분은 열병합보일러 또는 열전용보일러 운전을 통해 전력생산(발전) 및 열수용가에 중온수를 공급하게 되며, 전체 흐름도는 (그림1)과 같다.

지역기후 특성상 여름, 겨울간의 기온차가 현저하게 크기 때문에 기저부하(Base load)와 첨두부하(Peak load)의 차이가 매우 크며, 따라서 용량이 큰 첨두부하 담당용의 열전용보일러가 필요하다. 지역 열부하가 자원회수시설 및 열병합발전설비에서 공급가능 이상의 양이 필요하게 되는 경우 4대의 첨두부하용 열전용보일러 운전을 통해 열에너지를 공급하게 된다.

약 4개월간의 여름철에는 난방부하가 거의 없고, 아침, 저녁의 급탕부하가 대부분을 차지하므로 자원회수시설의 열원만으로 전력생산 및 열부하 공급용으로 이용하며, 발생하는 열을 축열시켜 필요한 피크시간대에 이용할 수 있도록 축열조 설비가 설치

되어 있다.

열원 발생설비에서 열을 공급받아 수용가에 열을 공급해 주는 순환 온수 열교환계통을 터빈추기 및 배기단에 연결된 1,2차 온수열교환기와 열전용보일러와 연결된 보조온수열교환기가 있다. 또한 온수공급을 위한 온수순환펌프가 구성되어 지역열부하에 따른 공급,회수되는 온수의 차압제어를 통해 온수유량을 조절하여 공급량을 제어한다. 만일, 각 수용가에서 온수사용량이 많아지면 각 말단측 기계실(Sub-station)의 차압이 감소하므로, 차압을 증가시키기 위해 온수공급량이 많아지며, 온수공급량을 많게 하기 위해 온수순환펌프 회전수를 차압과 비례로 증가시킨다.

온수 공급온도는 (그림2)와 같이 외기온도에 따라 조절하게 되는데, 외기온도가 16°C 이상이면 온수공급온도를 70°C ~ 120°C로 자동변환 제어되며, 온수회수온도는 40°C ~ 80°C로 설계되었다. 그러므로 열부하의 변화에 따라 열병합보일러, 열전용보일러 등의 순으로 부하가 조절되며 짧은기간 동안의 변화에서는 축열조가 변화의 차이만큼을 담당하여 운전하게 된다. 열부하에 따른 운전모드를 (표1)에 나타낸다.

3. 열공급시설 주요 운전현황

가. 시설 규모

- 공급 열부하 : 최대 열부하 390Gcal/h(생산능력 462Gcal/h), 일 평균 열부하 285Gcal/h(최대 열부하의 73% 수준)
- 공급 세대 : 105,688세대
- 온수공급/회수온도 : 120°C/70°C
- 열병합 발전보일러 : 150t/h×1기, 40kg/cm²G, LNG 연소식
- 자원회수시설 폐열회수 : 70t/h(35t/h×2기), 40kg/cm²G, 쓰레기 소각열
- 발전시설 : 37,000kW×1기(추기복수식)

- 열전용 보일러 : 600t/h(150t/h×4기),
12kg/cm²G, LNG 연소식
- 온수 열교환기 : 열병합 110Gcal/h, 열전용
80Gcal/h×4기
- 온수 순환펌프 : 대형 2,200t/h×4기, 소형
1,000t/h×2기
- 송수전 설비 : 154kV GIS 40/50MVA,
지중케이블 154kV 3C-XLPE
400mm²×1.8km
- 자동제어 설비 : 분산제어(DCS) 설비
- 열수송관 설비 : 10km(2중보온관 규격 750mm
~ 20mm)
- 수용가 기계실 : 231개소(공동주택-199개소, 기
타건물-32개소)

나. 열병합발전 계통운전

열병합발전을 위한 증기터빈(Steam turbine)은 노원자원회수시설에서 발생하는 증기를 년중 전량 수급하여 처리할 수 있도록 구성되어 있다. 지역열부하가 증가되는 경우 열병합보일러를 운전하여 자원회수시설의 증기부족량을 보충하고 지역열부하에 맞춰 열병합보일러의 부하를 조절한다. 본 시설은 전력생산보다 지역열부하 공급이 우선이며, 터빈이 정지되었을 경우에도 열공급에 차질이 없도록 터빈 바이패스설비가 구성되어 있다. 터빈은 소각로 증기 최대량 70t/h와 열병합보일러 용량 150t/h를 전량 수용할 수 있으며, 발전량은 37,000Kw이다.

또한 이때 추기 및 배기를 응축시키면서 지역 열부하용 열원을 발생시키며, 그량은 정격 106Gcal/h(발전 모드) 또는 110Gcal/h(열공급 모드) 이하에서는 열전용보일러 운전없이 열병합(쓰레기소각열+터빈+열병합보일러) 설비만으로 운전하여 년중 약 7개월간 지역열부하를 공급한다.

1) 증기터빈 사양

- 용량 및 대수 : 37,000kW×1대
- 형 식 : 추기복수식
- 터빈입구 증기조건
 - 증기압력 : 40kg/cm²
 - 증기온도 : 398°C
- 터빈출구 증기조건
 - 증기압력 : 0.54kg/cm²
 - 증기온도 : 82°C

2) 계통 운전

증기터빈의 운전을 지역열부하의 변화에 효율적으로 조절될 수 있도록 증기터빈 추기단과 연계되어 있는 2단계 열병합 열교환기의 온수출구 온도제어를 기준하여 부하제어를 한다. 이것은 지역열부하가 증가되는 경우 온수순환펌프에 의해 온수유량이 많아지고, 온수유량이 많아짐에 따라 2단계 열병합 열교환기의 온수출구 온도가 강하된다. 그러면 증기터빈은 강하된 온수출구 온도를 다시 상승시키기 위해 열교환 기로 공급되고 있는 증기량을 증가시켜야 하며, 이를위해 증기터빈 입구에 설치된 거버너밸브의 개도(Opening)를 증가시키게 된다.

이에 따라 증기터빈으로 유입되는 증기량이 증가되면, 발전량이 증가되고 열교환기로 유입되는 증기량이 증가되어 온수출구 온도가 상승하게 된다. 결국, 증기터빈의 주요 조절변수는 배압제어이다. 이때, 거버너밸브의 지나친 개방(Open)으로 증기터빈 유입압력이 과대하게 낮아져 자원회수시설의 보일러 드럼 및 열병합보일러 드럼의 심한 액위변동을 유발하게 되므로 이를 방지하기 위해 증기터빈 거버너밸브는 증기터빈 유입압력과 배기압력을 거버너 콘트롤러에서 낮은 신호선택기(Low signal selector)에 의해 캐스케이드제어(Cascade control)를 하게 된다.

다. 자동제어 계통운전

1) 개요

노원지구 집단에너지공급설비의 자동제어 계통은 크게 분류하여

- 열병합발전용 터빈발전기 자동제어
- 열병합발전용 보일러 자동제어
- 열전용보일러 자동제어
- 온수 순환설비 자동제어

등으로 이루어져 있으며, 이중 열병합보일러, 열전용보일러 및 온수순환설비의 자동제어를 위한 주 설비는 미국 하니웰사에서 공급한 TDC-3000에 의해 이루어져 있으며, 기타 시퀀스제어용으로는 미국 알렌브레들리사에서 공급한 PLC-5 Family Series의 프로그래머블 로직 콘트롤러로 구성되어 있다. 열병합 보일러의 자동제어계통은 가장 복잡하고 중요한

제어계통으로서 중앙제어실에서 원격 자동제어가 가능한 분산 제어방식(DCS)이다. 자동제어계통의 중요한 제어루트(Control loop)로서는 연소제어, 급수량제어, 주증기 온도제어, 공기예열기 온도제어 등이 있다.

2) 연소제어 계통

가) 연소용 공기량 제어

공기량의 제어목적은 과잉공기의 최적량을 공급해서 연료를 완전 연소시켜 배기가스에 의한 열손실을 최소로 하므로써 보일러 효율을 증대시키는데 있다. 공기유량은 유량전송기로부터 공기량이 4~20mA 직류전기 신호로 변환되고 공기온도에 따라 공기유량이 보상되며 이 출력신호가 Root extractor를 지난후 공기유량의 설정치는 보일러 부하요구량과 연소량에 따라 최소 공기량이 정해져서 공기량과의 차에 따라 압입송풍기(FDF) 입구베인의 개도를 조절기 위한 조절기의 설정치 압력 신호가 된다. 이때 산소분석계에서 측정된 폐가스중의 산소량은 주증기 유량에 따른 O₂ 바이어스값과 비교되고 그 편차신호가 적분동작을 하는 조절기에 입력되며 그 출력은 공기량 조절기 압력을 보상하여 실제의 보정치가 된다.

나) 연료량 제어

보일러가 안정적인 운전을 하기 위해서는 과대한 버너 압력변동을 최소로 하여 일정한 압력을 유지하여야 한다. 유량전송기에 의해 측정된 유량은 보일러 요구량 신호 및 연소 공기량 신호와 비교되고 작은쪽을 선택하여 연료량의 자동설정치가 되므로 이 신호가 비례적분 조절기를 거쳐 천연가스량 제어밸브의 개도를 조정한다.

3) 급수제어 계통

운전중에 보일러 부하에 맞는 량의 급수를 공급하고 드럼수위가 일정한 수위로 유지되도록 제어되어야 한다. 드럼수위제어는 중요한 것으로 수위가 높아지면 캐리오버(Carry over)현상이 일어나 터빈에 수분이 들어가서 터빈날개를 손상시키고, 반대로 수위가 너무 낮으면 보일러 튜브를 과열시키게 된다. 그러므로 드럼수위 제어에는 3요소 제어를 채

택하고 있는데, DEMAND 신호로서 드럼수위 신호, 선행제어 신호로서는 급수유량 신호를 사용하고 있으며 최종적으로 급수유량 신호와 급수유량 설정치와의 차에 의한 신호에 의하여 급수제어밸브가 제어되고 있다.

드럼수위 신호는 두개의 드럼수위 전송기(Transmitter)중에서 하나가 선택되어 드럼 수위 설정치와 비교되고 주증기 온도 및 압력이 보정된 주증기 유량이 선행제어 요소로 가해진다. 특히 드럼수위는 급수의 밀도에 의해 달라지므로 드럼압력의 보정을 하여야 하는데, 이것은 드럼압력 전송기에 의해 행하여지고 있다.

4) 주증기 온도제어 계통

주증기 온도는 Desuperheater에 스프레이되는 급수량을 제어함으로써 일정한 증기온도를 유지토록 되어있다. 주증기 온도제어를 위하여 피이드백 신호로서 사용되는 주증기 온도는 2차 과열기 출구에 설치된 온도센서에 의해 측정되어 콘트롤러에 보내진다. 이 제어기의 출력신호는 2차 과열기 입구온도의 설정치로서 캐스캐이드 되어진다. 따라서 2차 과열기 입구온도와 캐스캐이드 설정치가 비교되어 조절기의 압력이 되고 이의 출력이 과열기 스프레이 밸브개도를 조정하게 된다.

5) 공기예열기 온도제어 계통

연돌에 배출되는 배기가스를 이용하여 연소용 공기를 가열하므로써 열효율을 증대시키고 공기예열기(Gas Air Heater)의 저온부 부식을 방지코저 공기예열기 인입공기를 증기가열기(Steam Air Heater)로 가열하고 있다. 또한 절탄기(Economizer)출구의 가스온도는 보일러 부하에 따라 변하므로 공기예열기 저온부 온도를 일정하게 유지하기 위해 공기예열기 인입 공기온도를 조절하고 있다. 공기예열기 인입공기온도는 온도감지기에 의해서 측정되고 공기예열기 출구 가스온도도 온도감지기에 의해서 측정되며, 위의 온도는 평균값 유니트(Averaging Unit)에 의해 평균온도신호가 되어 공기예열기 저온부 온도의 신호로 되며 이것과 설정치와 비교되어 그 편차가 비례적분 조절기에 의해 증기가열기 스팀제어밸브의 개도를 조정한다.

라. 온수순환 제어계통

지역난방수(중온수) 공급은 온수순환펌프로써 각 수용가까지 필요한 압력으로 가압하고, 열병합 열교환기와 열전용 열교환기로서 필요열량으로 수열운전을 한 다음 배관망을 통해 지역난방수를 공급한다. 각 수용가에서 열원을 사용하고 회수되는 온수는 열사용 정도에 따라 온도가 감소되어 회수배관망으로 돌아오게 된다. 이때 공급했던 지역난방수 온도와 회수온도, 유량을 비교·환산하여 수용가의 열부하를 감시, 기록한다. 또한 수용가로 공급, 회수한 압력차를 감시하여 설정된 압력차로 조절하기 위해 온수순환펌프의 유량을 가변속 유체커플링으로 공급압력과 유량을 동시에 조절한다. 따라서 차압제어기에는 각 수용가에서의 차압과 온수순환펌프 출구압력을 비교하여 압력, 유량을 제어하게 된다.

회수되는 지역난방수는 상시여과기(Mud separator + Cartridge filter)에 의해 배관내에 발생하는 모든 이물질을 제거하고, 수질을 적정하게 유지하지 않을 경우에는 온수순환 계통내의 배관이나 기계류가 부식되어 배관 파열사고, 기계류의 마모 및 열교환기내 관석(Scale)누적으로 열교환 효율감소등이 발생하므로, 지역난방수의 수질을 기준대로 유지하기 위해 시료채취설비(Sampling rack) 및 약품 주입설비를 온수순환펌프 흡입측에 설치하여 운전하고 있다.

5. 맺음말

노원지구 집단에너지사업은 안정적인 열공급으로 민원방지 및 서비스향상추구, 효율적인 운영관리로 사업수지 균형도모, 경제적이고 효율적인 에너지공급체계 확립을 목표로 노력하고 있다. 주요 추진내용을 요약해 보면, 첫째, 성수기와 계절별 및 시간대별로 급변하는 열부하를 적정하게 관리하기 위한 운전예측모드를 설정하여 시행, 둘째, 설비의 최적상태를 유지하므로서 최대성능을 발휘하도록 주기적인 예방정비와 정기점검(일상, 주간, 월간등)을 실시, 셋째, 안전사고 방지 및 무재해운동 정책을 위한 안전관리 생활화와 계층별 안전교육 및 가상모의훈련(4회/년) 실시, 넷째, 맨홀, 복합매설 구역 등 취약지구를 중심으로 열수송관 특별점검과 관로순찰을 강화하고, 관로주변의 각종공사(전력, 가스, 상하수도, 통신등)현황에 대한 관리감독을 철저히 하고 있다. 그러므로 향후 집단에너지사업은 플랜트 안정운전 확립과 산업무재해 달성, 민원제로화 실현, 에너지이용합리화 추진, 지구환경개선등으로 다가오는 21세기에는 에너지와 환경이 조화를 이룰 수 있는 환경친화사업으로 각광을 받게 될 것이다.

(표 1) 난방부하에 따른 운전모드(MODE)

운전모드	모드 I	모드 II	모드 III	모드 IV	모드 V	모드 VI	모드 VII
펌프운전 열 원 (Gcal/h)	소형 1대 소각열 11	소형1대 대형1대 소각열 35 열병합 42	소형1대 대형2대 소각열 35 열병합 70 축열조 28	소형1대 대형3대 소각열 35 열병합 73 열전용240	소형1대 대형3대 소각열 35 열병합 73 열전용282	소형2대 대형3대 소각열 35 열병합 73 열전용238 축열조 44	소형1대 대형4대 소각열 35 열병합103 열전용252
지역별부하 (Gcal/h)	11	77	105~133	133~304	304~390	390	390
전력생산량 (MW)	-	37	37	33.6	33.6	33.6	-
공급 (°C)	80	80~120	80~120	80~120	120	120	120
회수 (°C)	40	40~70	40~70	40~70	70	70	70
유량 (t/h)	275	1,712	2,335~2,949	2,949~6,740	6,056~7,769	7,769	7,769
운전시기	하절기 급탕 최저 부하시	춘추절 난방 중 부하 축열운전시	춘추절 난방 중 부하 방열운전시	동절기 난방 고 부하 운전시	동절기 최대부하시	동절기 최대부하시방열	T/G고장시 동절 기(난방최고부하)
비 고	펌프용량 : 소형 - 1,000(t/h)×2대, 대형 - 2,200(t/h)×4대						

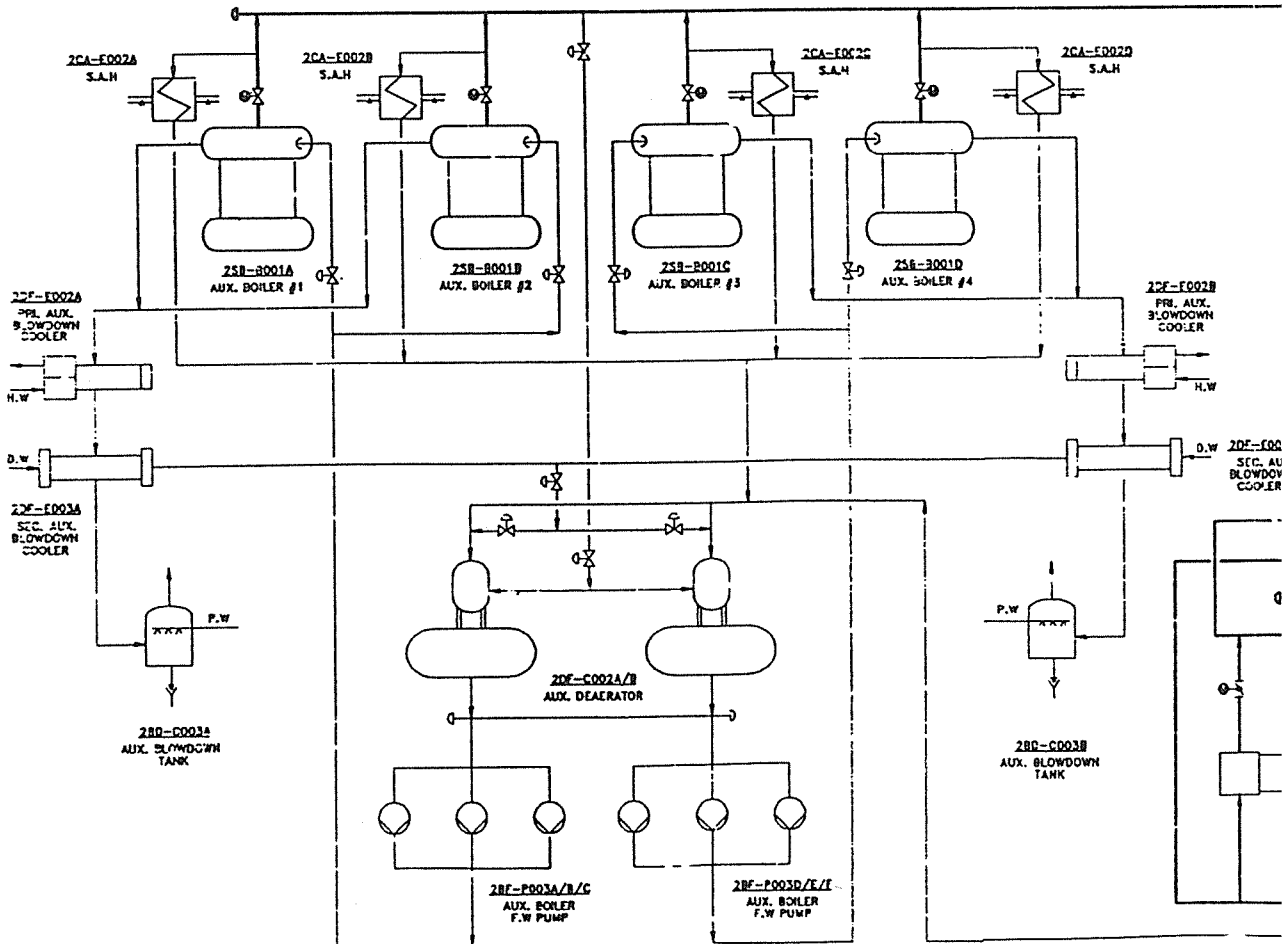
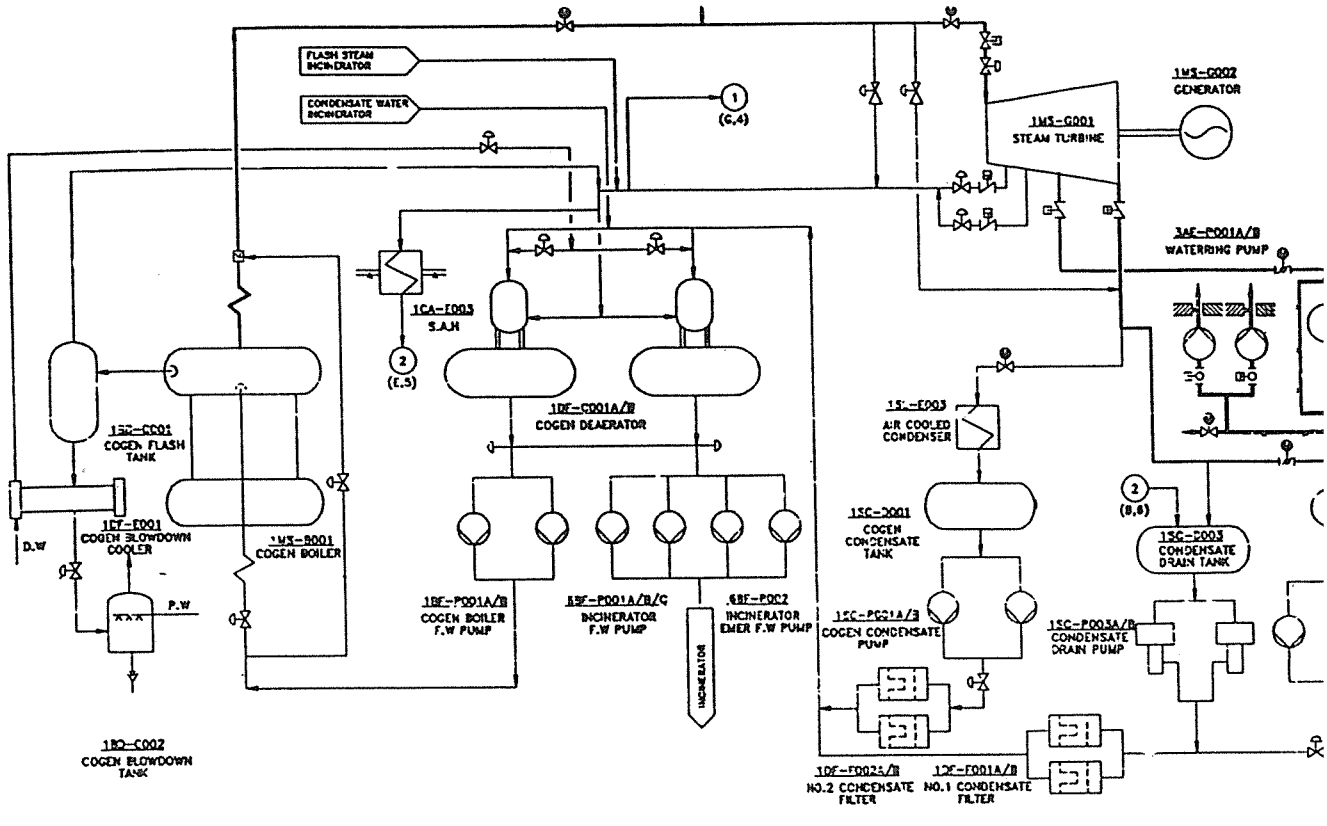


그림1. 노원 집단에너지 공급시설 전체흐름도

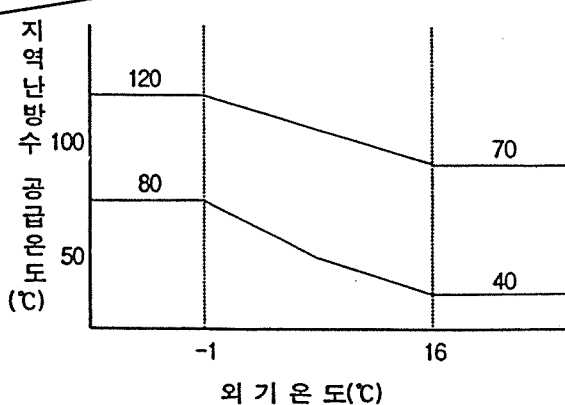
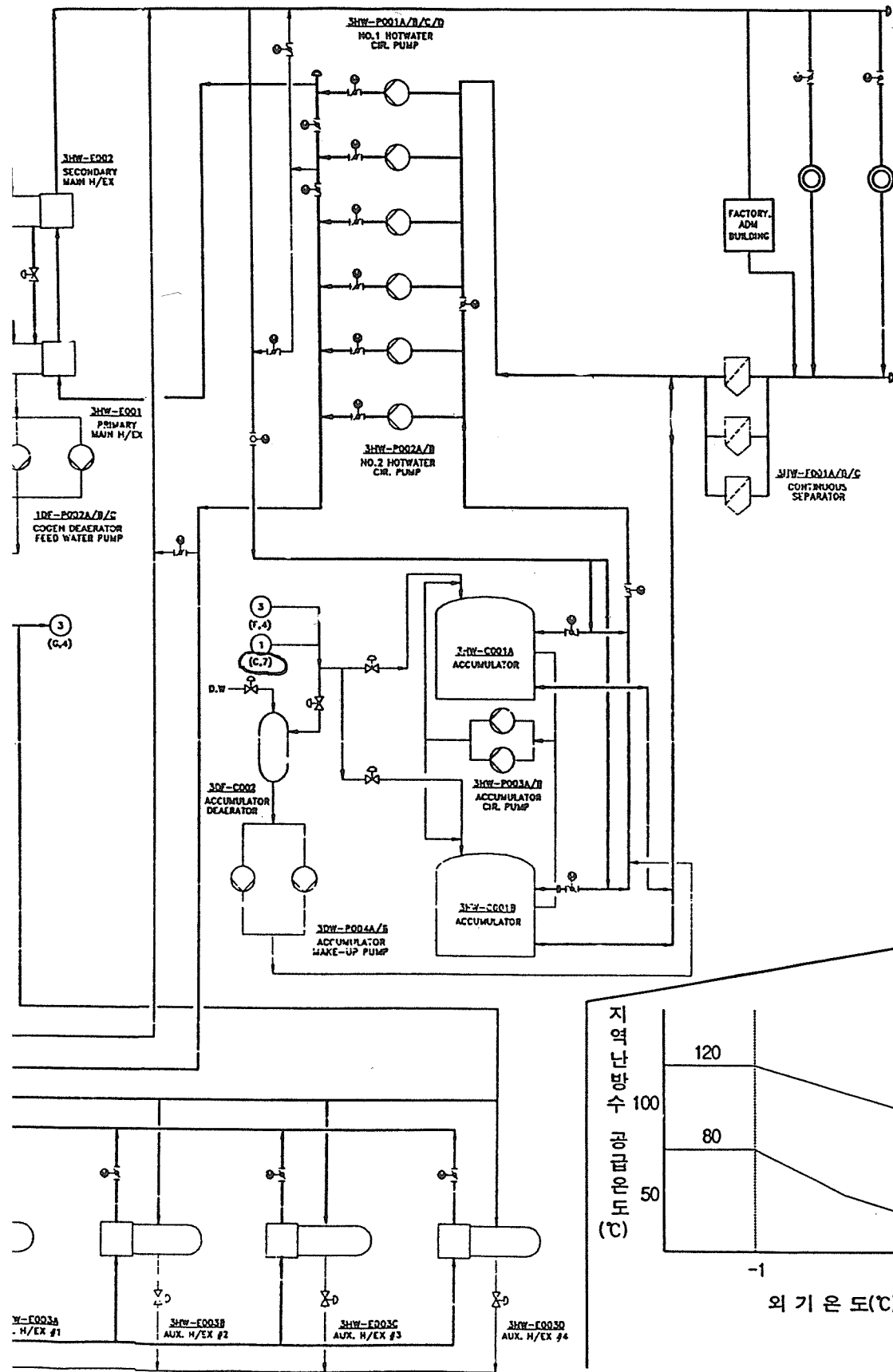


그림2. 외기온도에 따른 공급온도 변화