

지역 난방 시스템 (XII)

District Heating System (XII)

오 후 규
H. K. Oh
부산수산대학교 냉동공학과

6.4 조합운전

6.4.1 목 표

다수의 열발생장치로부터 하나의 관로망으로 열을 공급하게 되면 일반적으로 다음과 같은 이점이 있다.

- ① 지역난방의 효과가 향상된다.
- ② 공급 신뢰성을 높이고, 확실한 공급이 가능하다.
- ③ 전시스템의 운전이 원활하게 이루어진다.

효과 향상의 의미는 장치를 가장 높은 효율로 운전하여 배분비용(열매체 순환비용, 손실열량 비용)을 포함한 비용을 최소로 할 수 있는 가능성과 여러가지 종류의 에너지 복합이용에 대한 가능성도 추구할 수 있다는 것이다.

시스템내의 많은 열원중에서 한 열원이 부분적 혹은 전면적으로 정지될 경우에도 수요자에 대한 공급의 신뢰성은 단독운전보다 높다. 열발생 장치중에 축열조가 없는 설계가 일반적이기 때문에 설계시에 모든 장치를 운전하고 있고, 고장이 있을 경우 조합운전을 하여도 적어도 한 두곳의 수요자에 대한 공급 삭감은 피할 수 없지만, 전면적인 운전 정지는 대부분 피할 수 있다. 부분부하범위에서는 이 때의 부하율과 관계가 있지만, 개개의 열원을 전부하에 가깝게 운전할 수 있다. 기존의 많은 정치의 신뢰성을 높이기 위해서는 반송, 배분, 수요가 및 관로망의 자동화를 적절

하게 설계할 필요가 있다.

대부분의 경우, 지역공급시스템에서는 열병합 즉, 전기에너지와 열에너지를 동시에 발생시키는 플랜트를 사용하고 있다. 그러나, 열과 전기에 대한 수요평형이 동시에 평형을 이룬다고는 할 수 없다. 구조, 시스템이 다른 열원장치에서도 자동화 운전을 하기 쉽게 하면 전기, 열에너지 공급시스템으로부터의 요구를 전부는 아니더라도 일부분 만족시킬 수 있다. 지역난방에서의 열매로서는 고온수가 가장 많이 사용된다.

6.4.2 조합운전방법

기본적으로 다음과 같은 3종류로 구분할 수 있다.

- ① 열발생장치에서 밸브 등으로 공급선을 변경할 수 없는 배관망에 대해 온수를 공급하는 운전방법. 공급범위는 각각의 센터 부하에 따라 이행할 수 있다(그림 6.35).
- ② 공급범위를 밸브 등으로 변경할 수 있는 배관망이 설치된 열발생장치에서의 조합운전. 그때 그때 장치의 능력에 따라 분리장소는 변경할 수 있다(그림 6.36).
- ③ 고정된 연결장소에서 다른 사양의 지역난방배관망과 연결할 수 있고, 연결장소를 통해 전달되는 열량을 요구와 경제적인 관점에서 변화시킬 수 있는 운전방법(그림 6.37).

이상과 같은 조합운전방식에 대한 장·단점은 다음과 같다.

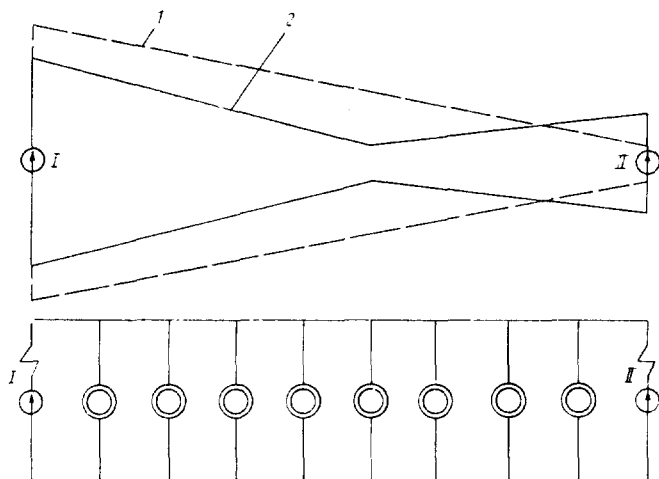
(1) 그림 6.35의 경우

- ① 최적인 부하분배를 확실히 하기 위해서는 각각의 부하에 대해 열발생용량을 단시간에 처리할 수 있도록 해야 한다.
- ② 전체시스템에 대해 간단한 운전이 확보되어야 한다.
- ③ 공급온수량이 감소하여도 어떤 수요가에 대해 부스터펌프가 필요없도록 전체시스템에 대한 압력이 결정되어야 한다.
- ④ 상당히 큰 시스템의 확장이 요구되고, 여러

개의 서브펌프스테이션이 필요해지면 운전이 복잡하게 된다.

(2) 그림 6.36의 경우

- ① 단계적으로 공급선을 변화시키는 것에 불과하므로 열발생장치의 부하도 단계적인 변화에 대해서만 대응할 수 있기 때문에 최적의 부하분배라는 점에서는 대략적인 것만 되는 것에 지나지 않는다.
- ② 단기간의 운전형태변경(운전중의 절환, 여러개의 원격밸브의 조작)으로 수요변화에 의한 배관내압력, 압력구배의 변화에 대응하기 위해서는 비용이 많아진다.



I, II 열원

- 1. 열원 I 만이 있을 경우의 압력곡선
- 2. 열원 I, II의 조합운전시 압력곡선

그림 6.35 2개소의 열원 조합운전

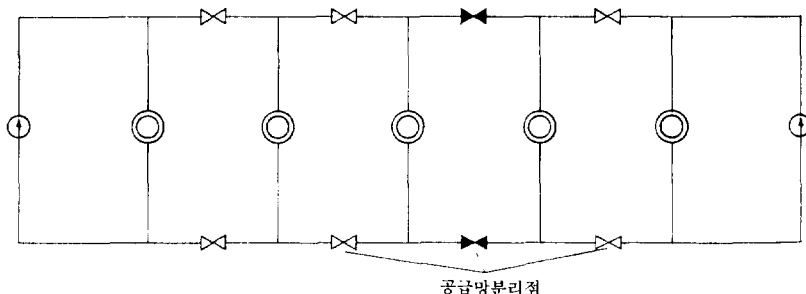


그림 6.36 2개소에 열원이 있으며, 분리가 가능한 조합

- ③ 수력학적 문제 뿐만 아니라 사고(예를 들면, 경수의 누설)를 빠른 시간내에 해결할 수 있고, 또한 이상과 같은 문제점을 국부적으로 간단하게 한정시킬 수 있다.

(3) 그림 6.37의 경우

- ① 수력학적인 문제를 간단히 처리할 수 있고, 운전관리가 용이하다.
- ② 공급시스템을 건설할 때, 여러가지 공급범위의 확장에 대해 충분히 예측해야 한다.
- ③ 서브시스템에서 압력을 변경할 수 있기 때문에 원격반송이 간단하다.
- ④ 장치비용이 많이 필요하다. 결합 장소에서 열교환기(전체시스템으로 고려한 경우의 필요 최대전열용량으로 크기가 결정된다)를 필요로 하기 때문에 비용이 많아진다.
- ⑤ 결합 장소에 열교환기를 설치하기 때문에 공급온도가 높아지고, 발전량이 감소한다.

6.4.3 장치의 형태

(1) 난방배관망

조합배관망이 발전한 형태로서 다음과 같은 3가지가 있다.

- ① 지역적인 열수요의 증대에 따라 우선 섬에 설치되어 있던 난방배관망이 통합된 경우
- ② 처음 장치가 설치된 소재지로부터의 공급

량을 증대시킬 수 없기 때문에 다른 장소에 열발생장치를 신설한 경우

- ③ 장기적인 전망에 따라 계획적인 형성과 운곽의 크기로서 결정된 경우

처음 2가지 경우에는 열발생 플랜트가 공급할 수 있는 용량감소가 다른 열원에 부속되어 있던 범위에 대한 공급을 담당해야 하기 때문에 발생된다. 각각의 난방배관망으로 부분적으로 다른 압력에 대응하기 위해서는 결합장소에 적당한 제어장치(예를 들면, 제어밸브)을 미리 고려해야 한다.

3번째 경우는 처음부터 적절한 난방배관망의 운곽과 담당구역을 선정할 수 있다. 또한, 한 열원에서는 말단배관이지만, 다른 열원에서는 간선이 될 수 있으므로 배관의 두께, 펌프의 크기 등에 대해서는 충분한 검토를 해야 한다. 크기를 결정하는 데 있어 본질적으로 영향을 주는 것은 전시스템에 대해 유리한 조건을 만들어 낼 수 있는 제어시스템이다. 따라서, 난방배관망 중에 광범위하게 산재되어 있는 수요자측에 계약량의 공급을 보증할 수 있어야 하고, 조합운전에 대한 경제성이 최종적인 문제로 된다.

효과적인 조합운전에 있어서 수요자측에서의 자동제어가 필요하다. 이러한 제어는 2차측 시스

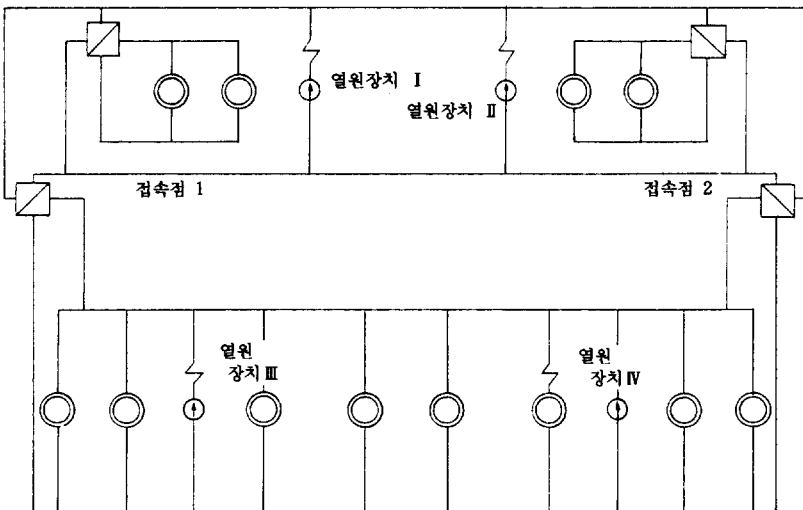


그림 6.37 파라미터로서 전환이 가능한 조합 시스템

템으로 보내는 공급온도 및 수요자측에서의 열수요 특징을 나타내는 몇가지 온도에 의해 이루어진다. 지역열공급센터로부터 공급할 수 있는 열용량은 공급온도의 상승에 따라 송수량을 변화시키지 않고 증대시킬 수 있다.

(2) 수요자측의 결합

수요자측의 결합에 대한 2가지 기본적인 것(직접 또는 간접)을 조합운전의 관점에서 평가한다.

1) 직접급수(브리드인 방식)

- ① 난방기에서 필요한 압력이 1차측 시스템에서 허용되는 정압으로, 부스터펌프 등이 없어도 얻어질 수 있는지에 대한 조사가 필요하다.
- ② 수력학적으로 직접 연결되어 있기 때문에 시스템으로부터 간섭을 받아 압력이 변할 위험에 대해 수요자측에서도 대비되고 있다.
- ③ 수요자측에 설치된 장치는 각각의 열발생장치의 부하 변동에 의해 어느 관로에서는 압력차가 높아지기 때문에 광범위한 제어범위 또는 몇가지의 감압장치(완전히 닫아지는 것은 불가)를 설치할 필요가 있다.

2) 간접방식

- ① 1차측 시스템의 압력은 수요자와 관계없이 결정된다. 따라서, 난방배관망중에 부스터펌프를 설치하지 않아도 대용량 원거리 수송이 가능하다.
- ② 시스템의 확장에 따라 발생하는 문제도 용이하게 해결된다.
- ③ 소수의 대규모 스테이션에서 운전되므로 운전관리가 간단하다.
- ④ 직접급수와 비교하면 1차측 배관계가 고온이기 때문에 열손실이 증가한다.

간접급수시의 설비비가 높지만, 직접급수와의 차액은 간접급수의 시스템 확대 및 운전관리의 면에서 이득이기 때문에 어느 정도까지 보상되는지는 구체적인 대상에 대한 검토에 의해 처음부터 결정되기 때문에 경우마다 다르다.

(3) 변동 조합운전에서의 압력유지와 평형 시스템

각각의 열발생장치 또는 지역난방배관망 구성요소중에서 사고가 발생하여도 시스템 일부분의 운전이 가능하기 위해서는 다음과 같은 사항이 필요하다.

- ① 전시스템의 용량을 분담하고 있는 각각의 열발생장치 및 동격의 각 공급점(예를 들면, 대규모의 열전달 스테이션)에는 압력을 유지하기 위한 장치가 설비되어야 한다.
- ② 종래부터 압력을 유지하기 위한 방법의 선정에 있어서 동적 압력유지방법이 특히 적합한 것으로 믿어지고 있고, 광범위한 공급범위를 가진 독립된 관로망의 규격 및 기준을 적용할 수 있다.
- ③ 압력유지장치가 있는 평형시스템의 측정(측정값의 갱신, 종류, 측정허용 오차) 등에 대해서도 독립된 관로망에 대해 같은 계산근거를 이용할 수 있다.
- ④ 기본적으로 압력이 양호하게 유지되면 하나의 팽창탱크로서 가능하지만, 최근에는 공급의 신뢰성 측면 및 단독운전을 확실하게 하기 위해 모든 열발생플랜트에 팽창탱크를 설비하고 있다.
- ⑤ 양호하게 압력을 유지하기 위한 플랜트에서의 팽창탱크 용량은 정격운전시의 경우를 고려하여 계획한다.
- ⑥ 가장 좋지 않은 경우(순환운전을 계속하고, 모든 열발생 플랜트에서 가열이 되지 않는 경우)에 대한 탱크용량을 설비할 필요는 없다. 순환의 감소 또는 중지되어도 필요 급수량을 확보할 수 있고, 기타 다른 플랜트에 의한 압력유지로 절환하는 것으로서 공급이 더욱 확실하게 된다. 대규모 소비의 중지에도 같은 효과가 있다.

6.4.4 조합시스템의 운전관리

현재까지 난방배관망에서 실시된 조합운전방법^(6, 66, 67, 68)에 있어서 전술한 3방식을 장치공학적으로 구성한 것은 항상 신뢰할 수 있는 운전이 가능하였다고 보고되어 있다. 조건으로서는 공학상, 기술상, 특히 관로망의 수력학적 문제의 해결 및 공학상·조직상의 조건을 만족시키는 것으로 보고되었다.

(1) 기술상의 문제

1) 압력유지/팽창탱크 시스템

시스템내에서의 압력 유지를 위해서는 열매체 순환중이나 정지중에도 관로망중에 물을 공급, 배출시킬 필요가 있다. 앞서 주어진 파라미터는 이것에 상당하는 허용오차로서 제어기내로 저장된다. 운전중의 압력유지 외에도 조합운전에 관해서는 많은 문제가 존재한다. 제어설정치와의 완전한 일치가 불가능하기 때문에 어느 정해진 장치에서는 다른 곳으로 배출 또는 공급되기 때문에 팽창탱크가 비거나 넘칠 위험이 있다(비정상운전). 이 때문에 가변 조합운전에서는 운전중의 압력 유지에 대해 충분한 주의를 기울여야 한다.

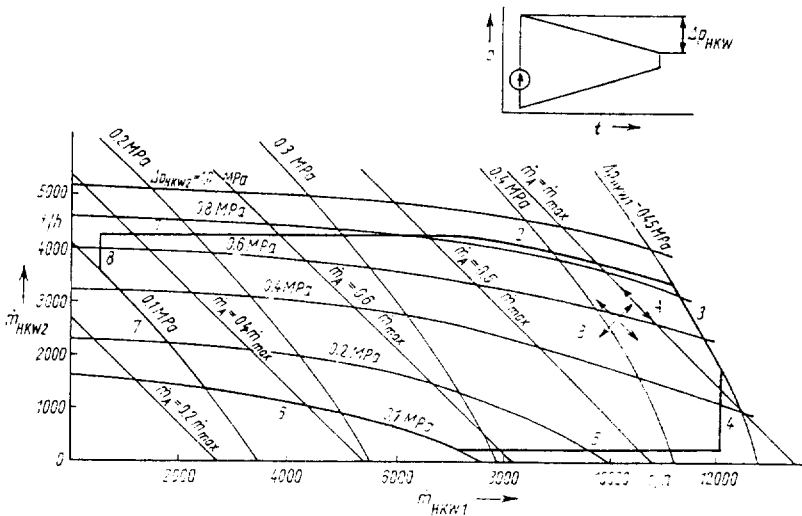
2) 허용최소압력차의 보장

각 수요자에 대한 필요유량을 확보하기 위해 최소허용압력차 이하가 되어서는 안된다. 따라서, 최소허용압력차에 대해 정해진 값으로 순환

펌프를 운전할 수 있도록 계획해야 한다. 안정된 제어를 보충하기 위해 제어용 열병합발전 플랜트로서 제어할 수 있는 공급점을 통해서 제어하도록 하고, 나머지 열발전 플랜트 혹은 공급점은 전부 정량으로 운전되도록 한다. 이 사이에서도 공급한계의 변화가 동시에 일어나므로 펌프의 운전점은 성능곡선상에서 움직이게 된다. 따라서, 일정 공급량을 보내기 위해서도 제어가 필요하다.

3) 관로망 관리점의 고정

일반적으로 단독운전시에선 최소압력차의 점, 범위가 고정되어 있지만 많은 장치를 조합한 경우에 있어서는 그 점, 범위가 변동된다. 이것은 총발생량의 각 장치에 대한 분담의 차이로 인해 일어난다. 관로망이 복잡한 공급구역에 대해 장치를 분배하는 경우에 적어도 압력차가 상대적으로 최소가 되는 많은 점이 나타날 수가 있다. 이것은 분배에 따라 이동하지만, 경우에 따라서는



한계곡선

1. HKW2의 최대 고온수 공급량
2. HKW2의 최대 허용압력차
3. HKW1의 최대 허용압력차
4. HKW1의 최대 고온수 공급량
5. HKW2의 최소 고온수 공급량
6. HKW2에서 가능한 최소압력차

7. HKW1에서 가능한 최소압력차

8. HKW1의 최소 고온수 공급 제어

A : 온도제어에서의 변화 방향

* : $\dot{m}_A = \dot{m}_{HKW2} + \dot{m}_{HKW1}$

B : 양적제어 변화방향

그림 6.38 2개소 열공급발전소의 조합에 대한 열공급 특성

절대최소가 존재한다.

[역주(그림 6.38)]

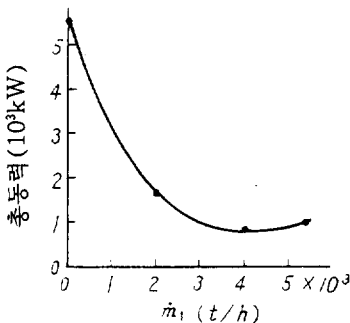
그림 6.38은 그림 6.35와 같이 조합되어 있는 2개소의 열병합 플랜트의 온수공급량(t/h)의 상호관계를 나타낸 것이다. 그림에서의 선 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8로 둘러 싸여진 부분이 운전가능한 영역이다.

선 A는 각 플랜트로부터의 공급량이 일정한 경우를 나타낸다. 총공급량이 일정한 때, 플랜트 1, 2로의 부하 분배에 의해 소요동력이 달라진다.

예로서, $m_A=5,300t/h$ 에서 최적운전점을 구해보자. 그림 6.38로부터 $\dot{m}_1=5,300, 4,000, 2,000$ 에서의 Δp_{HKW1} , \dot{m}_2 , Δp_{HKW2} 를 읽고, 다음 표에서 값을 구한다.

①	\dot{m}_2	5,300	4,000	2,000	0
②	Δp_{HKW1}	0.19	0.17	0.15	-
③	\dot{m}_2	0	1,300	3,300	5,300
④	Δp_{HKW2}	-	0.12	0.43	1.03
⑤	①×②+③×④	1,007	836	1,719	5,459

위의 표를 그래프화시킨 것이 그림 예이다. 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이 총공급량을 일정하게 한 경우, 펌프 P_1 , P_2 에 대한 부하분배에 따라 총동력이 변화하고, 최적치가 존재한다.



그림에 부하분배와 총동력

최소 압력차를 가진 장소를 확정하고, 장기간에 걸쳐 Δp 에 대한 허용치 이하가 되지 않도록 하기 위한 방법으로는 다음과 같은 것이 있다.

① 관리, 감시 센터로 전송시키는 압력차 원격

전송 장치를 가능한 한 많은 점에 설치한다.

② 적절한 방법으로 예상한 최소압력점 1 혹은 2, 3점에 대해 열발생장치상에서 얻을 수 있는 분담부하에서의 압력차를 계산하고, 그 값을 측정한다.

최선의 해결방법은 구체적인 관로망에 대해서만 가능하다. 관리센터에서의 퍼스널 컴퓨터, 마이크로 컴퓨터에 의한 많은 관로망 범위에 걸친 감시는 실제적으로 우수한 해결법이다.

4) 수력학상의 한계용량을 구함

각각의 열발생소의 공급능력은 관로망 크기, 공급망의 넓이, 허용압력 수준 및 펌프가 처리할 수 있는 용량으로 정해진다. 따라서, 고온수 관로망의 특성과는 다르지만, 각각의 공급점 사이의 부하 전이량이 일정 점에서는 제어된다.^(6. 69, 70)

그림 6.38에 비교적 근접한 위치에 있는 2개소의 열병합발전소에 대한 실제 특성을 나타내었다.

순환량을 감소시킬 수 있는 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 수요자측의 자동화. 이것에 의해 그때 그때의 설치치 이상이 되면 1차 공급온도를 높게하여 관로망으로부터의 공급수량을 감소시킬 수 있다.
- ② 소비자에 대한 요청으로 소비자 자신에 의한 사용량의 감소
- ③ 소비자에 대한 절약협조 요청과 아울러 관리센터로부터 수요자측 간섭

조합운전은 사고시(이 때, 감소한 용량을 일정 삭감시켜 대체할 수 있다) 뿐만 아니라 일반 운전에 대해서도 순환량의 감소는 추천할 수 있지만, 수요자측에 대한 자동화는 필수불가결하다.

(2) 공학상·기술상의 조건

1) 중앙정보 시스템

조합운전을 하는 데 있어서 단독운전과 비교하면 열발생 플랜트 사이의 강한 간섭(특히, 열병합발전소가 많은 경우) 및 서브스테이션, 제어밸브, 스톱밸브, 열저장장치 등에 의해 시스템이 복잡해지기 때문에 새로운 작동방식과 조직이 필요하다.

중앙정보 시스템의 구성은 다음과 같은 사항이 달성되도록 구성되어야 한다.

- ① 중앙공급 시스템으로부터의 정보 파악과 관리센터로의 정보전달 시스템
- ② 관리센터에서의 정보처리
- ③ 명령, 지시, 실행값 등을 관리센터로부터 시스템 요소로 전달한다.

그림 6.39는 정보의 흐름도를 일반적인 형태로 나타낸 것이다.

2) 관제센터의 문제

제어흐름에서의 하나의 제어기는 관제센터의 기능에 대비된다(그림 6.40, 그림 6.41).

이것은 4개의 복합체로 정리될 수 있다.

- ① 시스템의 감시

- ② 지도, 조정(부하분배 표준, 실행값의 사전 지시 등)
- ③ 조절(스톱밸브, 제어밸브, 서브펌프스테이션, 변환스테이션)
- ④ 수치, 고장의 취급

표 6.17은 본질적인 문제를 특성 요인 계통도 형식으로 정리하였다.

제어문제를 해결하기 위한 조건은 지역적인 전기에너지 배전망(BLV)의 중앙관제소와 긴밀한 연락망을 구축하는 것이다. 열병합 발전소의 도입은 두 관제소와의 긴밀한 동조가 있음으로 해서 비로서 처음부터 계획되는 것이다. 또한 운전원 개인에 대한 명령은 기본적으로 한 곳의 중앙 관제소에서만 시달되는 것이 좋다. 지금까지 실

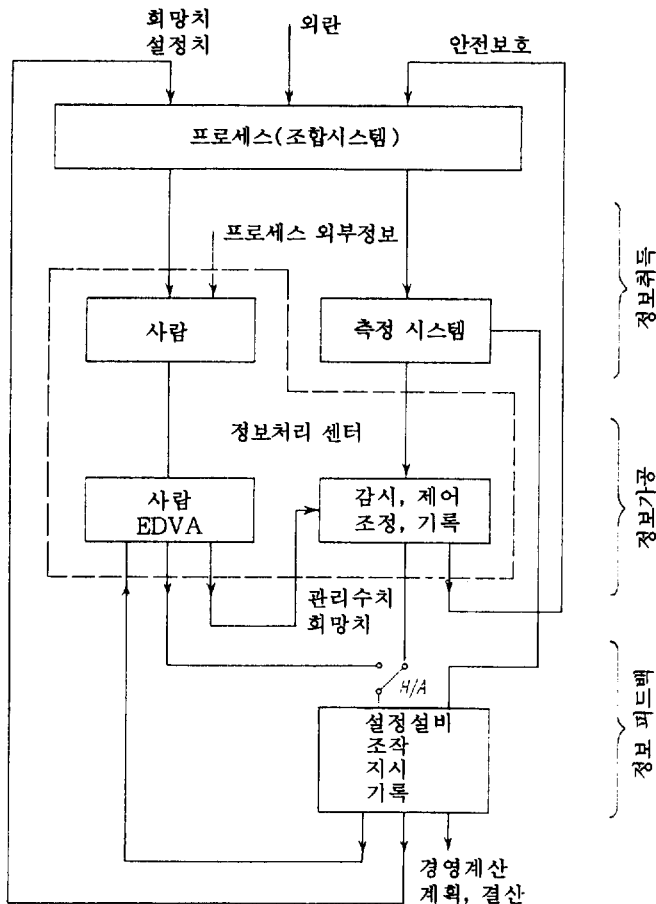


그림 6.39 정보의 흐름

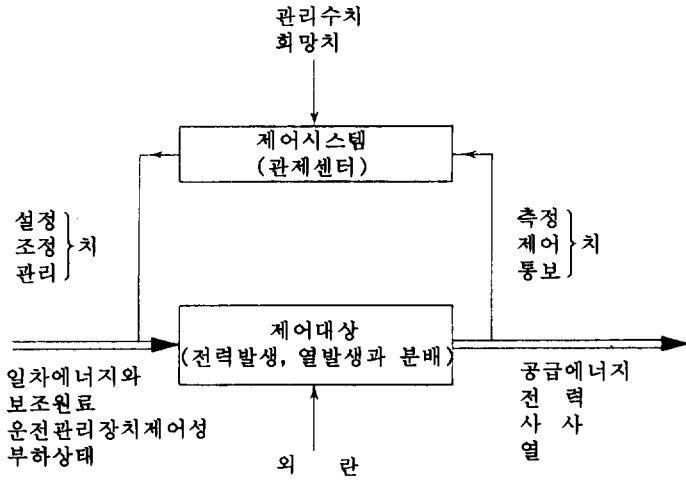


그림 6.40 지역열병합운전시의 제어계통도

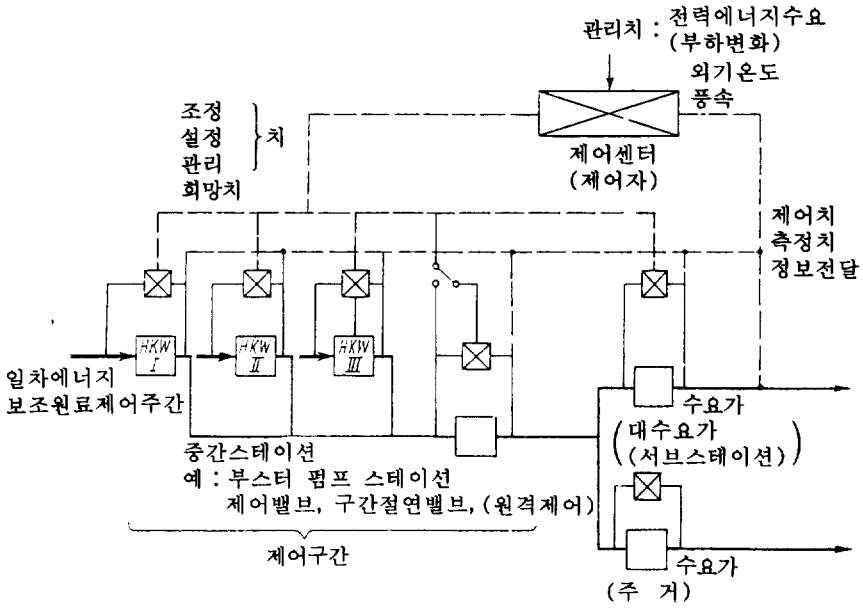


그림 6.41 조합운전에서의 제어구간

표 6.17 관제센터의 사명

공급신뢰성이 높은 지역난방 관리시스템의 최적운전을 위한 지침							
플랜트 운전 참가	플랜트 운전 참가계획·미래시점에 대한 플랜트의 부하 분배		미래시점에 대한 중간플랜트 (변환, 부스터 펌프스테이션)의 운전 참가 계획	공급감시망과 중간플랜트 운전 참가		열공급망과 중간플랜트에 대한 외란정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수요자에 대한 연락 • 대차대조표 작성 • 정산
	플랜트 모델		전력·열수요 변화대응	공급망 모델			
플랜트내 주장치의 부하 정보	플랜트 내의 그 시점에서 사용할 수 있는 장치에 대한 정보	플랜트의 미래시점에 대한 장치 사용 가능성에 대한 정보	미래시점에 대한 제한과 미리 주어져야 하는 조건에 대한 파악	미래시점에 대한 기후 영향 파악	미래시점에 대해서 이용가능한 장치 파악	열매체의 압력, 온도, 유량 등의 정보	미래시점에 대한 장치의 현 시점에서의 이용가능성 파악

시된 조사에 의하면^(6,71,72) 이러한 명령권이 지역 난방관제 센터에 있는 것은 무의미하다는 것을 알 수 있었다. 어느 기간(예를 들면 24시간)을 예상하여 열발생장치의 질과 가치가 높은 운전을 계획하는 데는 축후소의 서비스에 기초하여 안정된 조합운전을 고려해야 한다.

참 고 문 헌

1. FÖRSTER, J., 1974. Ein Beitrag zum optimalen Regelregime von zentralen Fernwärmeversorgungsanlagen. Dresden: Technische Universität, Diss.
2. COKOK OB, E, . 1975.
3. ELSNER, N., 1974. Technisch Thermodynamik. Berlin: Akademie Verlag
4. DITTMANN, A., Untersuchungen zum Regelregime von Heiznetzen. Unverffentlicht
5. KRAFT, G., 1974. Lehrbuch der Heizungs-, Lüftungs-und Klimatechnik, Bd.1, 2. Aufl. Dresden: Verlag Theodor Steinkopff
6. DITTMANN, A., and H. MUNSER., 1976. "Untersuchungen zum optimalen Regelregime zentraler Fernwärmeversorgungssysteme". Stadt- und Gebäudetechnik Berlin I, S. 18-21:2, S. 36-38
7. NIKOLAJEW, V., 1969. Die Zielbaummethoden". Technische Gemeinschaft 17 3, S. 16-25
8. MUNSER, H. 1971. "Automatisierung von Fernwärmeversorgungssystemen". Energietechnik 21 9, S. 395-400
9. LORENZ, G., Experimentelle Bestimmung dynamischer Modelle. Berlin., VEB Verlag Technik. Reihe Automatisierungstechnik. Bd 172
10. KRAUS, M. and E.G. WOSCHNI., 1972. Meßinformationssysteme. Berlin., VER Verlag Technik
11. WOSCHNI, E. G., Information und Automatisierung. Berlin., VEB Verlag Technik. Reihe Automatisierungstechnik. Bd. 98
12. Handbuch der Galvanotechnik. Berlin.,

- 1972 VER Verlag Technik
13. Werstoffzerstörung und Schutzschichtbildung in Wasserversorgungs- und Heizungsanlagen. 3. Aufl. München., 1974 Verlag des Technischen Überwachungsvereins Bayern
14. GLÄSER, G. 1977 Verfahrenstechnische Untersuchungen zum Aufbau und zum Betriebsregime offener Fernwärmesysteme, FE-Bericht ES 9/77 vom 15.11. Dresden: Technische Universität
15. THIEL, G., S. KHLER und R. GAST., 1973 Einfluß von pH-Wert und Chloridgehalt im Kesselinhaltwasser auf die Ausbildung stabiler Schutzschichten in ungedehnten wasserführenden Systemen von Dampferzeugern, IfE-Bericht Nr.14.5068. 73 F, Leipzig: Institut für Energetik
16. M RBE, K.: Kontaktkorrosion in zentralen Gebrauchswarmwasser-Versorgungsanlagen. Korrosion. Zentralstelle f. Korrosionsschutz, Dresden(1976) 5, S.21-27
17. FREIER, R. K.: Betriebserfahrungen mit Metalloxid-Schutzschichten bei Sauerstoffzugabe. In: Vom Wasser, Bd. 38(1971). Sonderdruck