

◆ 技術報告 ◆

당인리 화력발전소 폐열을 이용한 도시난방

이 종 원*

1. 서 론

화력발전소의 주목적은 공급된 열 Energy 를 최대한의 전기적 Energy 로 바꾸는 것이다. 발전소는 unit 효율, 시설비, 수명 등 경제성을 고려하여 설계, 건설 운영되며 지금까지의 화력 발전소의 열효율은 약 38% 정도에 불과하고 62% 정도는 폐열로서 손실되고 있는 것이 보통이다.

그러나 최근에 와서 발전소에 공급된 열 Energy 로서 최대의 전력생산과 더불어 화력 발전소의 일부 열을 도시난방 또는 산업용으로 공급하므로써 화력 발전소에 공급된 총 열량의 70-75%까지를 유효한 Energy 로 이용하는 새로운 방법들이 서구라파, 일본, 소련 등지에 널리 채택되고 있어 국내에서도 이와같은 발전소의 폐열을 이용한 도시난방에 관하여 당인리 화력 발전소 제5호기를 중심으로 그 타당성을 검토코저 한다.

2. 화력발전소의 UNIT 및 Heat Cycle.

가. Unit 및 Heat Cycle

나. 당인리 화력발전소의 용량

전기용량 : $N_e = 250,000 \text{KWV}$ (250MWV)

증기량 : $m_D = 810 \text{t/h}$

연소소비량 : $m_B = 56.6 \text{t/h}$

총공급열량 : $Q_{B_{ges}} = 583,881,075 \text{Kcal/h}$

다. Steam-Boiler 의 효율 및 손실

화력발전소의 경우 증기의 상태치 즉 증기의 온

도는 현재 $t_u = 550 \sim 600^\circ\text{C}$ 이며 증기의 압력은 $P_u = 120 \sim 170 \text{ata}$ 가 보통이나 이 범위를 넘어서 증기의 온도 $t_u = 650^\circ\text{C}$, 압력 $P_u =$ 임계압력까지 이용되는 경우도 있으며 Boiler 의 용량 즉 발생 증기량은 $m_D = 300 \sim 800 \text{t/h}$ 에서 $m_D = 1200 \text{t/h}$ 까지 대형화 되고, 이로 인해 Boiler 및 Heat Cycle 의 효율은 증대되고 운전상의 간소화 및 안전도는 향상되고 있다.

Boiler 는 수관식 자연순환의 경우가 대부분이나 수관식 강제순환 및 강제수송 방식도 일부 이용되고 있으며 대부분 1~2단 증기재열기(증기재열 Cycle) 및 8~10단의 급수 가열기(열의 재생 Cycle)이 이용되고 있다.

Bloier 의 효율은 배기 Gas 의 온도와 과잉 공기량에 의해서 직접 관계된다. 이 배기 Gas 의 온도는 저온부식 관계로 현재 $t_A = 140^\circ\text{C}$ 로 제한되고 특수한 경우 110°C 까지 허용되며 배기 Gas 손실을 제외한 Boiler 의 제손실은 Boiler 의 대형화에 의해서 1% 이하의 손실로 매우 향상되었다.

현재의 Boiler 의 효율은 93~95% 이고 이때 배기 Gas 의 손실은 약 4%~6% 그 나머지 손실이 약 1% 이하이다.

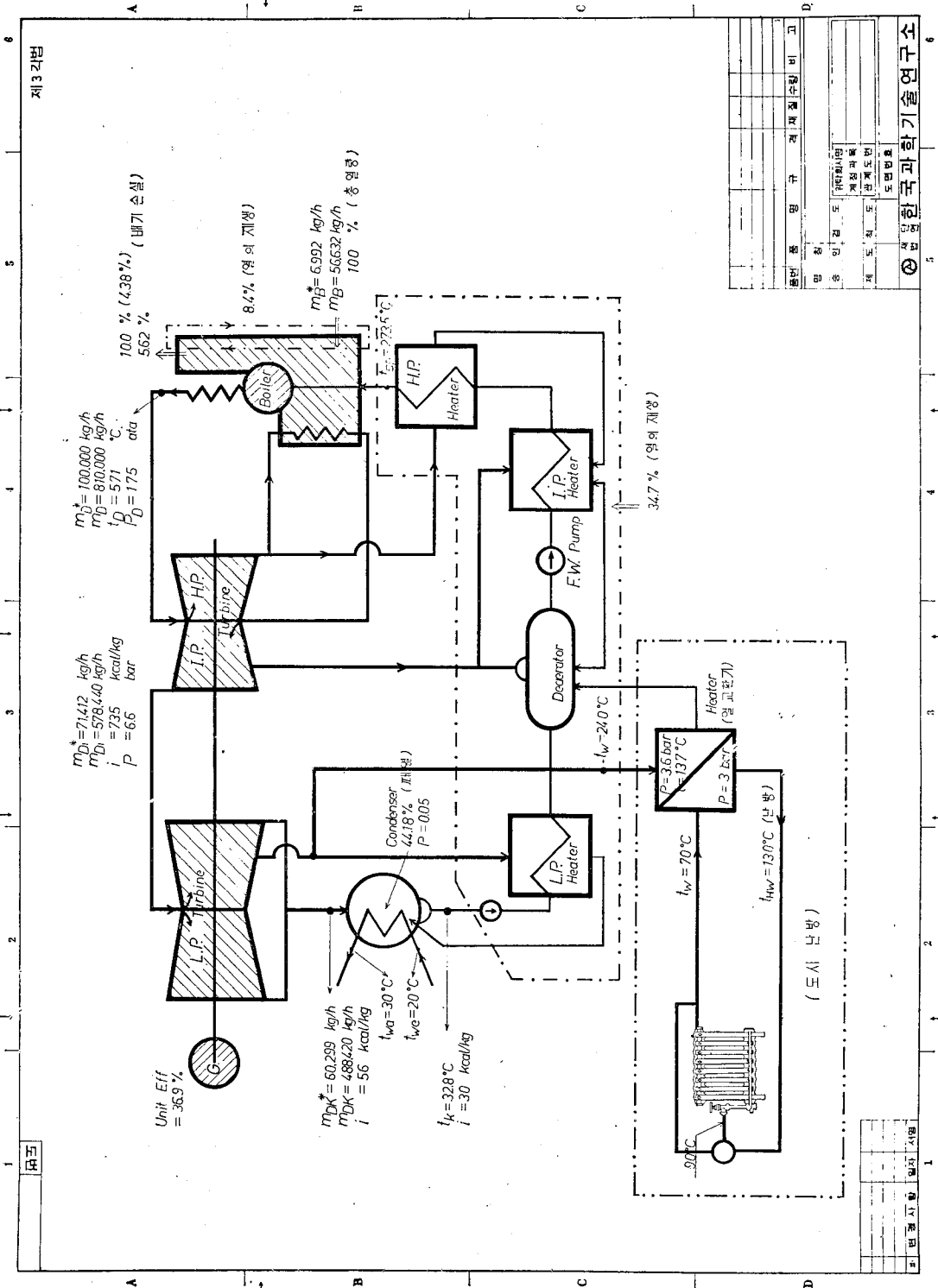
· 라. Boiler 의 설계상의 문제점

Boiler 의 설계상의 문제점은

1) 현재의 Boiler 가 대형, 고온, 고압이며 Boiler 의 최대효율을 얻기 위해 증기의 상태치가 Boiler 재질의 최대 한계치 가까이 이용되고 있어 Boiler 효율, 배기 Gas 온도, 연소공기량, 고, 저온 부식(V_2O_5 , SO_3) 및 건조비 등 상관관계가 작용하는데 있다.

2) Boiler 의 연소실 끝 부분의 연소 Gas 온도

* 正會員 : 선박연구소 공학박사.



를 계산이나 실험에 의해서 정확히 구할 수 없는 점이다.

Boiler 연소실 끝 부분의 연소 Gas 온도는 많은 학자 및 제작회사들에 의하여 연구되고 실험되었다. 즉 Hudso-Orrok/1/, Hotlel/2/, J. Binder/3/, M. Ledinegg/4/, Hemsath/5/, 등의 학자와 Lamont/6/, Babcock/7/, M. A. N. /8/, Foster-Wheeler/9/, 등의 제작회사에 의해 각각 독특한 연소실 및 연소실 끝 부분의 연소 Gas 온도에 관한 계산식이 주어졌다.

이들 주어진 공식에 의해 계산된 연소실 끝 부분의 연소 Gas 온도는 동일한 형태 및 크기의 연소실에서 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ 의 온도차이가 생긴다. 이에 따라 연소실 다음 부분의 전열면 특히 증기가열기에는 설계시보다 연소 Gas의 온도가 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ 차이가 생기므로 가열 증기 온도 역시 약 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 가량 상승된다.

이 문제의 해결을 위해 Boiler-Drum 속에 설치된 열교환기를 통해서 또는 물을 증기에 분사 혼합하여 증기 온도를 조정하는 장치에 의하여 연소실 끝부분에서의 Gas 온도를 정확히 계산 못하는 설계상의 미스를 보완해 주고 있다.

Boiler의 효율 개선 및 전열 면적의 감소 즉 투자비의 절감을 위하여 배기 Gas의 일부를 배출시키지 아니하고 다시 연소 Gas 회로에 재순환하도록 이용하고 있으며 배기 Gas 배출량을 Boiler의 부하에 따라 조정하도록 되어 있다.

마. Turbine의 내적 효율과 증기의 재열

Turbine 내에서 가능한 증기의 팽창이 단열 팽창에 가깝게 팽창하도록 하고 또한 증기 팽창을 크게 할수록 많은 일이 얻어진다. 다시 말하면 증기 팽창을 크게 한다는 것은 증기의 초기조건(증기압력 및 온도)을 높이고 Condenser 압력을 가능한 낮게 하는데 있다. 한편 증기 Turbine의 최종 Blade에는 증기중의 물방울로 Erosion을 일으키기 때문에 이를 방지하기 위하여 증기의 습도는 최고 12%까지 허용된다.

다시 말하면 재열증기를 이용하지 않는 증기기관(condenser=1 압력 $P=0.05\text{ata}$)에서는 증기

의 압력이 80bar까지 제한된다. 재열증기 Cycle의 이용은 Turbine 내에서 증기의 일량을 증가시킬뿐만 아니라 증기 팽창선의 끝이 습증기의 한계치 상태에 도달되지 아니하여 Blade Erosion 문제를 해결해 주었고 이로인해 증기 압력의 선택에 제한을 받지 않으며 효율면에서도 재열증기 Cycle을 이용하지 않는 경우보다 약 8~10%의 획기적인 향상을 하였다. 증기의 재열은 1단 가열이 보통이나 2~3단 가열도 많이 볼 수 있다.

증기 재열시, 재열증기의 온도 및 압력은 전체의 효율에 큰 영향을 미친다. 증기의 온도는 재열에 제한을 받아 Boiler에서 나온 가열 증기 온도 이상으로 올릴 수 없고 보통 같게 취하거나 또는 가열증기보다 약 10°C 정도 낮게 취하고 있다. 한편 가열증기압력(P_1)의 최적치는 Boiler 압력(P_2)의 1/4에 해당한다. ($P_1=0.25 P_2$)

Turbine 안에서 증기의 팽창으로 할 수 있는 열량은 특히 증기의 초기조건(압력 및 온도) 재열 증기의 조건(압력 및 온도)와 Condenser의 압력에 관계되고 또한 Turbine의 크기 및 마력등에 의해서 결정된다. 현재 제작된 Turbine의 효율은 제작된 회사별 차이가 거의 없으며 Turbine의 크기에 따라 차이가 있고 대형의 경우 $\eta T=0.87$ 정도이다.

바. 급수가열(열의 재생)

화력발전에서 이용된 급수 가열(열의 재생)은 증기기관 Cycle의 효율 개선에 획기적인 역할을 하여 주었고 현재는 어느 화력발전소의 경우도 이용되지 않는 경우가 없다. 급수가열 단수를 많이 이용하면 할수록 효율은 향상되나 이에 반해서 시설비가 커진다. 보통 대형 화력발전소의 경우 8~10단계의 급수가열을 이용하고 있다.

1단계 열의 재생시 효율은 6% 이상, 2단계 열의 재생시 9% 이상, 3단계 열의 재생시 11% 이상이 향상되었다. 급수가열은 Boiler의 효율과도 관계가 있다. 즉 급수를 Boiler의 포화 온도 이상으로 가열할 수가 없으며 또한 포화 온도 가까이 급수를 가열할 경우 Boiler ECO 부분의 설치 불가능의 경우가 생긴다. 따라서 Boiler 내의 저온 연

소 Gas로부터 ECO에 열을 전달하는데 이 경우는 이를 행할 수 없게되어 Boiler 효율을 낮게하는 요인이 된다.

급수 가열은 포화 온도에서 약 50~30°C 정도 낮은 온도까지 가열하는 것이 전체 Cycle의 효율에 최적이다.

사. Condenser 와 Condenser 를 통해 버리는 폐열량

1) Condenser 의 압력 및 냉각수의 온도

Condenser 의 압력(Vacuum)을 낮게하면 할수록 증기가 Turbine 안에서의 증기의 팽창에 의해서 행한 일량은 커진다. 그러나 이 Condenser 의 압력은 Condenser 의 냉각수의 온도(강물의 온도)에 따라 지배된다. Condenser 의 압력 $P_k=0.05ata$ 일때 Condenser 복수온도는 $t_k=32.55^\circ C$ 이고 이때 Condenser 출구의 냉각수의 온도는 최고 $30^\circ C$ 이하여야만 한다. 또한 압력 $P_k=0.01ata$ 일때 복수온도는 $t_k=6.7^\circ C$ 이므로 역시 Condenser 출구의 냉각수의 온도는 $4^\circ C$ 이하가 되어야 한다.

강물을 Condenser 의 냉각수로 이용할때 강물의 평균온도 $20^\circ C$ 로 생각하면 후자의 경우는 증기를 복수 시킬 수 없다.

현재는 Condenser 압력 $P_k=0.05ata$ 로 선택하고 강물의 온도를 $20^\circ C$ 로 간주하여 Condenser 를 설계하고 있다. Condenser 을 통해서 버리는 폐열량은 Boiler 에 공급된 전열량의 44.2%에 해당하며 전 손실열의 70%에 해당한다.

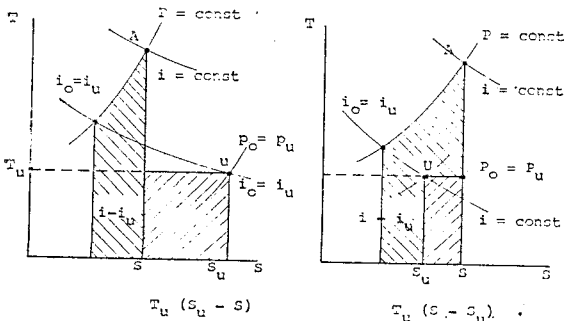


Fig. 2. Exergie 변화

2) Condenser 에서의 Exergie 손실

열 역학 제2법칙의 제한 아래서 Energie 의 변화를 이루는데 어느 Energie 가 “일을 유도할 수 있는 능력”을 Z.Rant/10의 제의에 의해서 Exergie 라 하였고 그 외의 부분의 Energie 를 Anergie 라고 한다.

Exergie 식은 :

$$e = i - i_u - T_u(s - s_u)$$

Exergie 는 직교 좌표에 하나의 상태 Diagram 로 표시할 수 있다. 即 TS-Diagram 안에 Exergie 를 등압 변화일때 표시하면 Fig 2와 같다.

Exergie 는 특별히 여러개의 부분으로 구성된 System 에서 전시설뿐 아니라 시설 하나 하나의 Energie 손실을 조사하는데 아주 적절하다.

Condenser 의 폐열의 이용을 조사하기 위하여 우선 Condenser 에서의 Energie 의 손실은 알아야 한다. 왜냐하면 바닷물은 무한에 Energie 을 보유하고 있지만 자체의 Exergie 만으로는 무가치한 Exergie 임을 의미한다. 이것은 또한 Exergie 적으로 볼때 바닷물에 Exergie 는 거의 “0”이기 때문에 이용할 수가 없다.

Condenser 의 Exergie 손실은

$$E_{vc} = m_{k0}(e_o - e_o')$$

$$= (m_D - \sum_{r=1}^n m_{D,ar}) (e_o - e_o') \quad (1)$$

Condenser 입구의 증기 및 Condenser 복수의 Exergie 식은 다음으로 주어진다.

$$e_o = i_o - i_u - T_u(S_o - s_u) \quad (2)$$

$$e_o' = i_o' - i_u - T_u(S_o' - s_u) \quad (3)$$

식 (2) 및 (3)을 (1)에 대입, 정리하면 Condenser 의 Exergie 손실은

$$E_{vc} = (m_D - \sum_{r=1}^n m_{D,ar}) \cdot X \{ (r_o - T_u(S_o' - S_o)) \}$$

Condenser 내의 Energie 손실은 44.2%의 거대한 양이나 Exergie 의 손실은 2~3%의 미소량에 불과하다. 따라서 Condenser 폐열 자체만으로도 이용은 가치가 없다.

Condenser 폐열을 이용하기 위하여서는 증기가 Condenser 까지 팽창하기 전 즉 IP- 또는 LP-Turbine 에서 압출시켜 높은 Exergie 가 보유된

증기를 얻어야 폐열과 함께 난방에 이용할 수 있고 또한 증기를 2~3ata 까지 팽창하여 전력발전 에 일하고 나머지 열량을 전부 도시난방에 이용 하도록 하는 방법이 있다.

아. 폐열의 직접이용

1) Condenser 을 통해 버리는 폐열

가) Condenser 출구 냉각수의 온도 $t_{wa}=29^{\circ}\text{C}$ 는 하절기 우리나라 대기 온도(30°C)보다 낮다고 할 수 있는 저온이다.

이 29°C 의 냉각수의 폐열을 이용하기 위해서 난방시설에 공급한다면 공급 도중 배관에서 일어나는 손실열을 감안한다하더라도 최고 5°C 의 온도차를 이용할 수 있을 것이다.

그러나 이것을 얻기 위한 시설은 방대하며 난 방을 유지할 수도 없다.

나) 이 냉각수의 폐열을 시민을 위한 실내 수 영장을 설치하여 이곳에 공급한다면 년중 수영할 수도 있다. 그러나 한강물의 질이 문제되어 수질 연구소에 문의한 결과 현재의 수질로서는 불가능 하다.

다) 냉각수의 출구 온도 20°C 는 미생물 (Plankton)배양에 최적온도이나 미생물이 잘 자랄수 있는지의 여부는 이 한강수의 수질에 달려있다.

2) 배기 Gas 의 폐열

배기 Gas 의 온도는 직접 Boiler 의 효율 및 전 화력발전소의 효율에 영향을 미친다.

배기 Gas 의 온도가 낮으면 낮을수록 Boiler 의 효율은 좋으나 연소연료에 포함된 유황분 (S)에 의해서 생기는 부식 때문에 배기 Gas 온도를 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ 이하로는 강하시켜서는 아니된다. 방카C 유 속에 함유된 유황분은 원유의 산지에 따라 차 이가 있으며 유황분이 4.6%나 되는 경우도 있다.

연소공기의 초과량과 연료에 포함된 유황분의 양에 따라 산화에 적정한 온도는 차이가 있다. 즉 SO_3 의 용해온도는 $110\sim 140^{\circ}\text{C}$ 의 범위이다.

현재 배기 Gas 를 중형 Boiler ($120\sim 140\text{t/h}$)에 서는 110°C 까지 이용되고 있는데 여기에는 연소 공기 가열기(열의재생)가 특수철로서 제작된 Jungstrom-Airhieter 을 이용하고 있다. 배기

Gas의 온도가 유황분의 산화때문에 제한받고 있는데 이 배기 Gas 를 도시난방 시설까지 직접 수 송한다면 수송배관은 물론 Radiator 등은 부식으 로 유지될 수 없을 뿐만 아니라 열교환기를 이용 한다 하더라도 그 열교환기의 부식으로 유지할 수 가 없다. 따라서 이 배기 Gas 의 폐열은 이용할

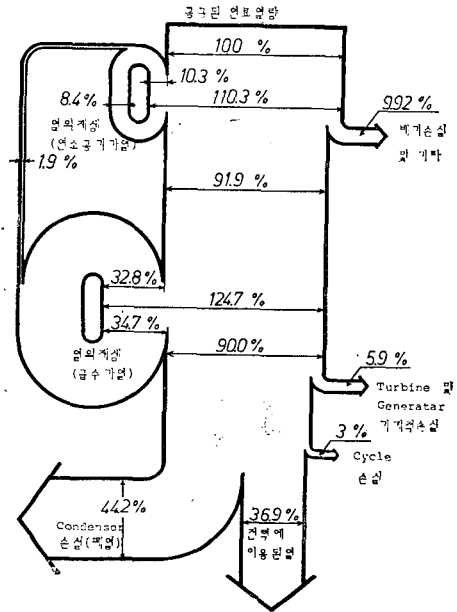


Fig. 3

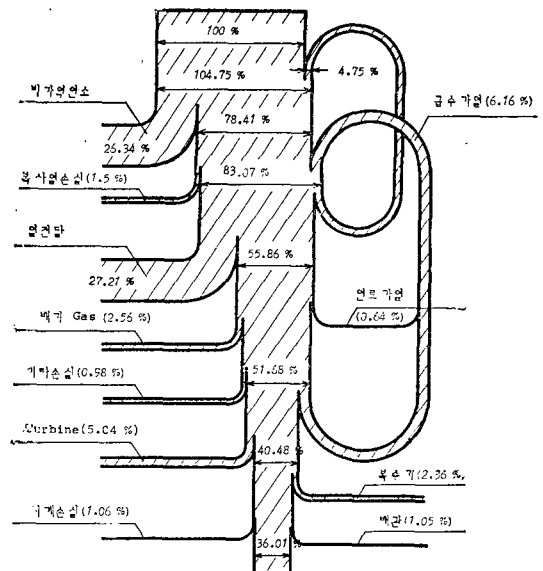


Fig. 4

수가 없다.

3) 화력발전소 출력 250MVA의 Energie 및 Exergie Flow-Diagram을 각각 Fig 3, Fig4에 표시하였다.

3. 폐열이용 방안검토

가. Energy 제손실

- 1) Boiler 제손실 ($V_B=9.92\%$)
 - (1) 배기가스손실 : $V_a=3.80\%$
 - (2) Refuse : $V_R=0.10\%$
 - (3) Radiation : $V_{Ra}=0.32\%$
 - (4) Unmeasured : $V_u=0.20\%$
 - (5) H₂ 연소시 H₂O : $V_{H_2}=5.5\%$
- 2) Turbine 및 Generator제손실 ($V_{T.G}=5.9\%$)
 - (1) Generator 기계손실 : $V_{gen}=1.4\%$
 - (2) Turbine 기계손실 : $V_{Tur}=4.5\%$
 - 내부손실 : $V_i=4\%$
 - 외부손실 : $V_{ext}=0.5\%$
- 3) Condenser 손실 ($V_{con}=44.2\%$)
- 4) Cycle 및 폐수손실 ($V_{cs}=3.08\%$)
 - **총열손실 : $V_{Ges}=63.1\%$
 - **기계적일량 : Unit Eff=36.9%

나. 제 1 검토방안(최적방안)

- 1) 증기압출점
 - 증기의 압출압력 $P=3ata$
 - 증기의 압출온도 $t_D=235^\circ C$
 - 증기의 포화온도 $t_s=133^\circ C$

2) 검토방안

증기 Turbine의 일량을 검토해 볼 때 증기 압출점까지의 일량은 전체 일량의 70%에 해당한다.

증기를 이 지점까지만 전력생산에 이용하고 나머지 도시난방에 이용토록 하되 소요전력 250 MW를 전부 생산할 수 있도록 검토하였다.

즉 전력생산에는 변화가 없고 단지 시설만 확장하여 폐열을 이용하도록 검토한 결과는 다음과 같다.

3) 가득효과

난방을 위하여 얻은 열량 78.43%중 추가공급

총연료 공급량	100%	42%	142%	비 고
전 력	25.83	10.90	36.73	소요전력량 78.43%
폐 열	11.07	4.6	15.67	
Boiler 및 연소 손실	44.2	↓ 18.56	62.76	
Turbine Generator의 기계적손실	10	4.2	14.2	
Cycle 손실	5.9	2.47	8.37	
	3	↓ 1.26	↓ 4.26	

량을 공제한다면 실제난방에 이용된 열량은 전 공급열량의 36.4%에 해당한다. 이 36.4%는 순수히 폐열에서 얻은 열량이며 전체의 이용열량은 Boiler 공급 열량의 73.3%에 해당한다. 즉 효율은 73.3%이다.

가) 폐열에서 얻은 기름량

$$m_B = 56,632.5 \text{ kg/h} \times 36.4\% = 20614 \text{ kg/h}$$

$$m_{Qg} = 20614 \text{ kg/h} \times 9600 \text{ kcal/kg} = 197,894,400 \text{ kcal/h}$$

$$m_B^* = \frac{m_{Qg}}{\eta_k \cdot H_u} = 24251 \text{ kg/h}$$

$$1 \text{ 일간 얻은 기름량} : 24251 \text{ kg/h} \times 24 = 582 \text{ ton/day}$$

$$1 \text{ 개월간 } // : 582 \text{ ton/day} \times 30 = 17,460 \text{ ton/mon}$$

$$1 \text{ 년간 (5개월) } // : 17,460 \text{ ton/mon} \times 5 = 87,300 \text{ ton/year}$$

년간 87,300ton

나) 폐열이용으로 얻은 연간 이익

① 100% 열량을 난방에 공급시

$$87,300 \text{ ton} \times 46,400 = 4,050,720,000 \text{ 원}$$

40억5천만원

② 75% 열량을 난방에 공급시

$$87,300 \text{ ton} \times 46,400 \times 0.75 = 3,038,040,000 \text{ 원}$$

30억4천만원

③ 50% 열량을 난방에 공급시

$$87,300 \text{ ton} \times 46,400 \times 0.5 = 2,025,360,000 \text{ 원}$$

20억3천만원

다) 폐열로 난방할 수 있는 면적

① 100% 열량 공급시

외기온도 -20°C
 100% 난방 열량소모
 53만평

② 75% 열량 공급시

단 난방은 100% 공급을 원칙
 외기온도 -20°C
 70만평

라) 화력발전소 시설 확장비

60억원

- * 50% 열량을 난방에 공급할 수 있다. 보고 3년 후이면 연간 최소 20억의 가득효과를 얻을 수 있다.
- * 75% 열량을 난방에 공급할 수 있는 경우는 2년후 부터 연간 최소 30억의 가득을 얻을 수 있다.
- * 100% 열량을 난방에 공급할 수 있는 경우는 2년후부터 연간 최소 40억원의 가득을 얻을 수 있다.

다. 제2 검토 방안

1) 증기압출점

압축증기온도 : $t_{ad}=240^{\circ}\text{C}$
 압출증기압력 : $p=3.6\text{ata}$
 압출증기 Enthalpie : $i_{ad}=703.1\text{kcal/kg}$
 포화온도 : $t_s=139^{\circ}\text{C}$
 시간당 압출증기량 : $m_D=70\text{t/h}$
 난방지역 : 여의도 아파트 및 공공건물

2) 검토범위

폐열 이용방안 검토에서 화력발전소의 시설을 개조하지 않고, 증기 Turbine Boiler 및 Heater, Condenser, Heat-Cycle 등의 효율면에서 감소됨이 없이, 또한 Boiler 급수등에 지장이 초래됨이 없이, 현상태를 유지하는 범위 아래서 검토한다.

3) 도시난방을 위해서 Heat Cycle 에서 얻는 열량

$$Q_{Da} = m_{Da} \cdot i_{ad} = 49,217,000\text{kcal/h}$$

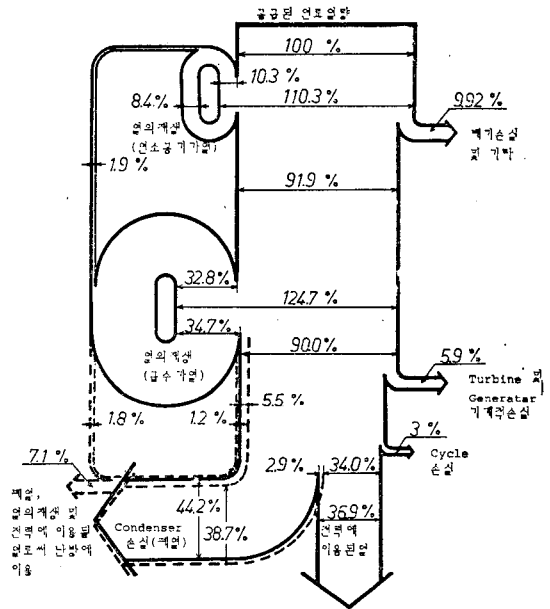
도시난방을 위하여 얻는 열량은 $Q_w=49 \times 10^6$ kcal/h 이고 이것은 화력발전이 공급한 총 열량의

8.4%에 해당한다.

4) 열 교환기를 통해서 도시난방에 수수된 열량 (Fig 5. 참조)

$$Q_{Hw} = m_{Da} (i_{ad} - i_{ak}) = 41,517,000\text{kcal/h}$$

도시난방에 공급될 수 있는 열량은 $Q_{Hw} = 41.5 \times 10^6\text{kcal/h}$ 이고 이것은 화력발전이 공급한 총열량의 7.1%에 해당한다.



5) 도시난방에서 얻는 기름량

가) 실지난방용으로 가정에 공급된 연료 수송도중에 열손실 10%
 $Q_{Hw}^* = 37,365,300\text{kcal/h}$

나) 이 열량에 해당하는 기름량 (Apart 자체 난방으로 추산)

a) Boiler 효율 $\eta_k = 0.85$

저위 발열량 $H_u = 9600\text{kcal/kg}$

$$m_{BH} = \frac{Q_{Hw}^*}{\eta_k \cdot H_u} = 4579\text{kg/h}$$

$$m_{BH} = 109.9\text{ton/day} \approx 110\text{ton/day}$$

$$m_{BH} = 110\text{ton/day}$$

b) Boiler 효율 $\eta_k = 0.75$

저위 발열량 $H_u = 9600\text{kcal/kg}$

$$m_{BH} = 5189.6\text{kg/h}$$

$$m_{BH} = 125 \text{ ton/day}$$

6) 난방면적

가) 단위 평당 필요열량

Apart의 난방 $1\text{m}^2 = 100\text{kcal/h}$

온수용 $1\text{m}^2 = 25\text{kcal/h}$

계 $1\text{m}^2 = 125\text{kcal/h}$

1평당 난방 및 온수 = 375kcal/h

나) 난방면적

① 외기온도 -20°C

난방소요열량을 100% 총공급할때

$$S = 10 \text{ 만평}$$

② 외기온도 -20°C

난방소요열량 75% 공급할때

$$S = 15 \text{ 만평}$$

다) 현재 우리나라 Apart의 난방설비 회사

계산에 의하면

1) 난방소요열량 100%를 공급할때 125,000평

2) 난방소요열량 75%를 공급할때 187,000평

7) 시설비

1) 배관길이 $4400\text{m} \times 2 = 9,000\text{m}$

2) 총시설비 6억5천

예비비 2억5천

총계 9억원

8) 자체난방 시설비(Boiler 및 그의 부속)

1) 125,000평 : 17~26억원

2) 187,000평 : 25억원~39억원

9) 가득효과

가) 전력 손실에 해당한 기름량

$$m_{BE} = 40.2 \text{ ton/day}$$

나) 폐열의 난방용으로 얻는 기름량

① Boiler 효율 $\eta_k = 0.85$

$$m_B^* = 110 \text{ ton/day}$$

② Boiler 효율 $\eta_k = 0.75$

$$m_B^* = 125 \text{ ton/day}$$

③ 폐열이용으로 순수히 얻는 기름량

(1) Boiler 효율 $\eta_k = 0.85$ 일때

$$m_B = 70 \text{ ton/day}$$

(2) Boiler 효율 $\eta_k = 0.75$ 일때

$$m_B = 85 \text{ ton/day}$$

④ Pump 구동을 위한 전력비

$$400\text{KW} \times 15 \text{ 원} \times 24 = 6,000 \text{ 원/day}$$

⑤ 총이익

(a) 순수 기름량의 전락에 의한 이익

100% 열량을 도시난방에 공급했을시

◎ Boiler 효율 $\eta_k = 0.85$

$$75 \times 150 \times 46,400 \text{ 원} = 487,200,000 \text{ 원}$$

4억8천만원이익

◎ Boiler 효율 $\eta_k = 0.75$

$$85 \times 150 \times 46,400 \text{ 원} = 591,600,000 \text{ 원}$$

5억9천만원이익

(b) 시설비

◎ 난방면적 125,000평

8억~16억이익

◎ 난방면적 187,000평

16억~30억이익

10) 당인리 화력 5호기 폐열이용으로 시설에 미치는 영향

가) Steam-Turbine 효율에 미치는 영향

Turbine 안에서 작업하는 증기의 체적은 증기의 흐름에 따라 크게 팽창된다.

저압 Turbine 입구에 있어서의 kg 당 증기의 체적은 고압 Turbine 입구의 약 125배 정도 크다.

저압 Turbine 에 증기를 가득히 흐르게 하면 증기의 일에 지장을 주지 아니하기 위해서는 고압 Turbine 에서는 증기가 Turbine 의 일부만 흐르게 하지 않으면 아니된다.

고압 Turbine 에서는 증기가 Turbine 의 일부만 흐르기 때문에 Turbine 의 효율이 저압 Turbine 보다 낮다. 만약에 저압쪽에서 많은 증기를 소모할수가 있다면 고압 Turbine 의 전역에 증기를 보낼 수 있으므로 Turbine 에 효율개선도 되고 일량도 많아진다.

저압 Turbine 에서는 증기의 팽창으로 인한 거대한 체적 때문에 일부 증기가 복수현상을 일으켜(압력이 증가) 증기의 습도를 높이고, 증기의 흐름을 저해하여 설계시 살출된 증기량 이상을 특별한 경우를 제외하고는 흐르게 하지 않는다. 만약의 경우 저압 Turbine 전에서 증기를 압출하여 설계시의 기존 증기량보다 적은 증기량을 저압 Turbine 에 흐르게 하면 증기의 원활한 팽창으로

증기속에 함유된 수분을 재증발하고 저압 Turbine의 효율이 약간 향상된다.

한편 저압 Turbine 전에서 증기를 빼내므로 저압 Turbine 에는 증기에는 좋은 조건이 되고 Turbine 에서 기존 증기량보다 많은 증기를(과부화) 발생하여 고압 Turbine 에 보냄으로써 고압 Turbine 의 효율 개선 및 증기 열량의 증가를 가져오는 이점이 있다.

나) Heat-Cycle 에 미치는 영향

증기의 압출이 Heat-Cycle 에 다음과 같이 고려되었기 때문에 영향을 미치지 않는다.

압출 증기의 열교환기에서 나오는 상태치(압력 및 온도)는 저압 Turbine 에서 압출되어 열의 재생으로 가열된 급수의 상태치와 같고 또한 Heat-

Cycle 전체의 Balance 를 이루는곳(DEAERATOR)에 연결시키였고 이점의 급수상태치(온도 및 압력)와 같이 최했으며 이 이상의 열의 재생은 저압 Turbine 에서 압출된 증기를 이용하도록 되어있다.

Heat-Cycle 의 고압부분은 증기의 압출로 아무런 영향을 받지 않는다.

다) Boiler 용수에 미치는 영향

난방에 필요한 물은 직접 수도물을 사용하고 Boiler 용수와 난방 용수는 그 Cycle 상에 서로 혼용이 될 수 없고 별개의 Cycle 을 유지한다. 따라서 Boiler 용수에는 아무런 영향을 미치지 아니한다.

REFERENCES

Damperzeugung Dampekessel, Feuerungen	M. Lodinegg	Zweito	1966
Heiz-und Klimatechnik	Riotchel/RaiB	Springer Verlag Barlin/Heidelberg/New York	1968
Schiffs-Kessel	Kurt illies	Friedr. Vieweg & Sohn. Braunschweig	1962
Heiz-und Klimatechnik	Rietchel/RaiB	Springer -Vorlag Borlin Heidelberg/New York	1970
Fachkunde für Zentralheizungsbauer	Walter Arnold	Gorrüder Janocke	1965
Fachkunde für Zentralheizungsbauer	Walter Arnold	Gorrüder Janocke	1965
Schiffstechnische Rohrleitungen	Dipl.-Ing. Hans Theremin	Veb Verlag Thchnik Berlin	1972
Handbuch für den Rohrleitungsbau	Oberingenieur Heinz Strien	Veb verlag Thchnik Berlin	1972
Grundgesetze der Wärmeübertragung	Gröber/Erk/Grigull	Springer-Verlag Berlin/Gottingen/	1963
Thermische Turbomaschinen	W. Traupel	Springer Verlag Berlin/Gottingen/	1963
Die Gasturbine	J. Kruschik	Springer-Verlag Berlin/Gottingen/	1963
Die Pumpen	Fuchslocher/Schulz	Springer Verlag Berlin	1967