

# 복합화력발전 하부시스템의 성능설계해석

이봉렬\* · 김동섭\*\* · 노승탁\*\*\* · 신흥태\*\*\*\* · 전용준\*\*\*\*

## Performance Design Analysis of the Bottoming System of Combined Cycle Power Plants

B. R. Lee, T. S. Kim, S. T. Ro, H. T. Shin and Y. J. Jeon

**Key Words :** Combined Cycle (복합화력발전), Bottoming System(하부 시스템), Heat Recovery Steam Generator(열회수 증기발생기), Triple Pressure(삼중압), Steam Turbine(증기터빈)

### Abstract

A computer program, capable of performing thermal design analysis of the triple pressure bottoming system of combined cycle power plants, was developed. The program is based on thermal analysis of the heat recovery steam generator and estimation of its size and steam turbine power. The program is applicable to various parametric analyses including optimized design calculation. This paper presents examples of analysis results for the effects of arrangement of heat exchanger units, steam pressures and deaerating sources on design performance indices such as steam turbine power and the size of heat recovery steam generator.

### 1. 서론

가스터빈을 이용한 복합발전 방식은 이미 전세계적으로 보편적으로 사용되는 단계에 이르고 있으며, 국내에서도 현재 다수의 복합발전 플랜트가 운전되거나, 건설 중에 있고 앞으로도 지속적으로 설치가 증가되리라 판단된다. 복합발전 시스템의 주요 구성부는 가스터빈, 열회수 증기발생기, 증기터빈 등이다. 그러나 설치되는 속도에 비하여 아직 국내의 설계 능력과 시스템 운전에 필요한 지식의 축적 등은 그리 만족할 만한 수준이 아니다. 따라서 각 구성부의 설계 능력 배양이라는 기초적 사항 이외에도 플랜트의 안정적 운전 그리고 최적 운전 등과 관련된 know-how의 축적이 요구된다.

한편 가스터빈에 비하여 열회수기를 포함한 하부시스템은 국내 여건상 기술적으로 접근하기 용이하다고 볼 수 있으며 최근 수년 사이 기초적인 설계 및 운전과 관련한 연구 결과들이 도출된 바 있다.<sup>(1-4)</sup> 본 연구는 복합화력발전 하부시스템 설

계시 필요한 다양한 파라메트릭 해석에 활용 가능한 계산 프로그램을 구성하는 것을 목적으로 하였다. 현재 가장 발전된 형태의 열회수 시스템은 3중압(triple pressure) 시스템이며, 본 연구에서도 이러한 시스템을 대상으로 한다.

본 논문에서는 모델링 및 계산과정이 개략적으로 설명되며, 열교환기의 배치, 설계 파라미터들의 선택 등에 따른 열성능의 차이를 중심으로 해석 결과를 제시한다.

### 2. 시스템 모델링

#### 2.1 시스템의 구성

복합화력발전의 하부시스템은 가스터빈에서 버려지는 열을 회수하는 열회수 증기발생기(heat recovery steam generator, HRSG)와 발생된 증기를 이용하여 동력을 얻는 증기 터빈 및 응축기 등 기타 구성요소로 구성되어 있다. HRSG의 작동 압력의 단수에 따라 단압과 다압(2중압력, 3중압력 등)으로 나뉘어지며, 현재 최고성능 시스템들은 모두 3중압 시스템을 채택하고 있다. 따라서 본 연구에서는 3중압 열회수 증기발생기를 중심으로 설계 해석을 가능하게 하는 것이 주목적이다.

\* 서울대학교 대학원 기계공학부

\*\* 인하대학교 기계공학과

\*\*\* 서울대학교 기계항공공학부

\*\*\*\* 현대건설(주) 기술연구소

대표적인 3 중압 HRSG의 구성은 Fig. 1 과 같다. 공통적이거나 대표적인 구성 형태를 중심으로 운전 흐름을 기술하면 다음과 같다. 응축기를 나온 순환수는 급수 예열기(FWPH)에서 열을 회수하고, 탈기(D/A)에서 탈기된 후 각각의 압력단으로 나뉘어 순환하게 된다. 고압단(HP)으로 흐르는 대부분의 순환수는 고압 제 2 절단기, 제 1 절단기를 거쳐서 고압 증기드럼으로 유입되고, 고압 증발기에서 열을 회수하여 포화증기 상태로 고압 과열기로 들어간다. 고압 과열기를 통해 나온 고온, 고압의 과열 증기는 고압 증기 터빈을 구동하게 된다. 중압(IP)으로 흐르는 순환수는 절단기에서 1차적으로 열을 회수하고, 중압 증기드럼으로 들어가 증발기를 통해 증기가 얻어지며, 과열기를 통해 고온의 증기가 발생된다. 중압 과열기를 나온 증기는 곧바로 중압 증기 터빈을 구동하는 것이 아니라, 고압 증기 터빈을 통해 팽창된 증기와 혼합되어 중압터빈으로 유입된다. 더욱 성능을 높이기 위해 그림에서처럼 재열의 과정을 거치게 설계되기도 한다. 저압단(LP)을 흐르는 순환수는 중압단과 비슷하게 저압 과열증기 상태로 상부 증기 터빈에서 팽창하고 나오는 증기들과 혼합되어 저압 터빈을 구동한다. 증기드럼이나 과열기에서 나오는 포화 또는 과열증기중 일부는 탈기기 열원으로 사용된다. Fig.1 은 대표적인 예를 보인 것이며, 열교환기의 배치, 탈기기의 구성 등에 있어서 여러 가지 다양한 시스템 구성 방법이 가능하다. 추후 언급되는 바와 같이 본 논문에서는 국부적으로 상이한 설계방법이 설계성능에 미치는 영향을 계산 예로서 보여준다.

## 2.2 열회수 증기발생기의 모델링

HRSG 내 열교환기는 원관 내부에 물 또는 증기가 흐르고, 그 외부로 가스가 통과하여 직교류형

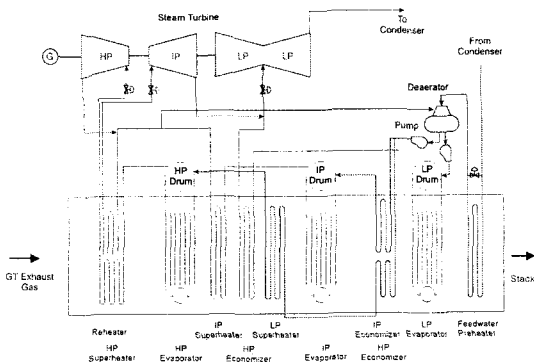


Fig. 1 The schematic diagram of a triple-pressure bottoming system.

(cross flow) 열교환을 한다. 그러나 전체적으로 물과 가스의 입·출구가 서로 반대편에 위치한 대향류형(counter flow) 열교환기이며 과열기(superheater), 재열기(reheater), 증발기(evaporator), 절단기(economizer), 예열기(feedwater preheater) 등 각각의 열교환기에 대한 에너지 균형식은 다음과 같다.

$$\dot{m}_g(i_{g,in} - i_{g,out}) = \dot{m}_s(i_{s,out} - i_{s,in}) = U_g A_g \Delta T_{lm} \quad (1)$$

위식에서  $i$ 는 엔탈피를 나타내며, 첨자  $g$ 는 가스,  $s$ 는 증기 또는 물을 의미한다. 열전달용량은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{1}{U_g A_g} = \frac{1}{E_{fo} h_g A_g} + \frac{\ln(d_o / d_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_s A_s} \quad (2)$$

Fouling 효과는 무시하였고,  $E_{fo}$ 는 가스측의 핀(fin)의 존재에 의한 표면효율(surface efficiency)을 의미한다.

관 내부의 열전달계수는 빈번히 사용되는 아래의 Dittus-Boelter 형 상관식<sup>(5)</sup>을 사용하여 구한다.

$$h_s = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \frac{k}{d_i} \quad (3)$$

증발기에서의 관내 유동은 핵비등을 수반하는 강제대류 유동이므로 핵비등 열전달과 강제대류 열전달을 조합하여 고려한 Chen<sup>(6)</sup>의 경험식을 사용한다.

$$h_{two\ phase} = h_{forced\ convection} + h_{nucleate\ boiling} \quad (4)$$

관 외부의 열전달계수와 핀효율등은 경험식<sup>(7)</sup>을 사용한다.

$$E_{fo} h_g = f(\text{tube size \& arrangement, fin geometry, flow condition, gas properties}) \quad (5)$$

가스의 물성치는 가스터빈 계산 프로그램의 부 프로그램<sup>(8)</sup>을 이용하여 구하고, 물 및 증기의 물성치는 전산화된 자료<sup>(9)</sup>를 사용한다. 각 열교환 유닛에서의 구체적인 계산식 및 방법은 단압 및 2 중압 계산에서와 같으며 문헌<sup>(2,10)</sup>을 살펴볼 수 있다.

이와 같은 열전달 관계식들과 에너지 균형식을 이용하여 각 열교환기에서의 열회수량 및 열전달에 필요한 전열면적의 계산이 가능하다.

**Table 1** Main reference design parameters

gas inlet temperature	898.15 K
gas flow rate	2175.3 ton/hr (604.3 kg/s)
HP steam temperature	625.15 K
Reheater exit temperature	625.15 K
HP pressure	140 bar
IP pressure	40 bar
LP pressure	8 bar
Condenser pressure	0.07 bar

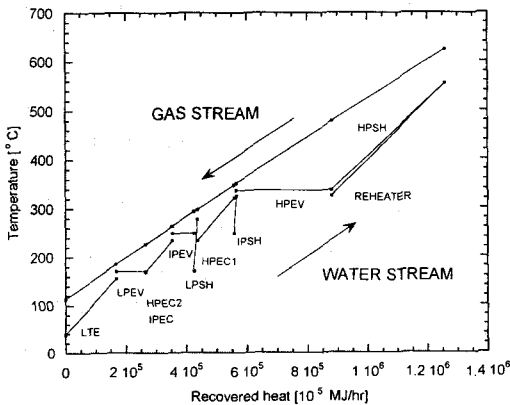
**2.3 증기 터빈의 모델링**

과열기를 나온 증기를 제어밸브(control valve)를 거친 뒤 증기 터빈에서 팽창과정을 통해 일을 한다. 본 계산에서는 TC4F(Tandom-Compound & 4 Flow ducts to condenser)형식으로 고압과 중압 터빈 각각 1 개, 저압터빈 2 개로 구성되어 있는 증동형식의 재열 터빈을 고려하였으며, 각 터빈 섹션에서의 성능은 증기터빈 시스템 설계시에 일반적으로 많이 사용되는 Spencer 등<sup>(11)</sup>의 방법으로 구하였다.

**2.4 해석 방법 및 조건**

열회수기 입구의 가스온도 및 유량과 증기의 고압과열기 출구 및 재열기 출구 온도 등 주요 설계조건들을 Table 1에 나타내었다. 핀치온도차 (pinch point temperature difference), 절탄기출구 과냉도(approach subcooling) 등은 모두 15K로 두었다.

이러한 조건을 바탕으로 하여 먼저 Fig. 1에 나타난 바와 같은 구성을 가지는 시스템에 대한 해석결과를 분석한다. 한편 3중압 열회수 증기발생기는 단압, 2중압 시스템과는 다르게 열교환기의 배치에 따라 다양한 시스템 구성이 가능하다. 따



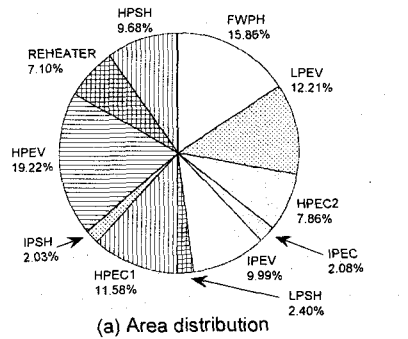
**Fig. 2** Temperature profile of a triple pressure HRSG (configuration 1)

라서 이와 같은 열교환기 배치에 따른 설계 성능 및 전열면적의 변화를 살펴보는 것은 설계 기초 단계에서 매우 중요한 부분이 된다. 본 논문에서는 특별히 열회수기의 중간 부분에 위치하는 고압 제 1 절탄기(HPEC1), 중압과열기(IPSH), 저압과열기(LPSH) 서로간의 배열 순서에 따른 설계성능 차이를 분석하고자 한다. 이어서 설계파라미터 해석의 예로서 고, 중, 저압 각 압력의 변화에 대한 설계 성능의 민감도를 예시한다. 또한 탈기기(deaerator)의 열원 증기를 추가하는 위치에 따른 설계성능 변화를 살펴보고자 한다.

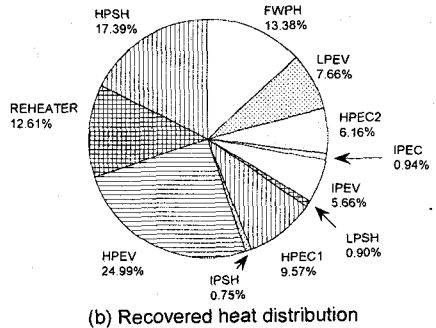
**3. 해석 결과**

**3.1 일반적 결과**

Fig.1과 같은 구성을 가지는 시스템에 대한 해석 결과를 보인다. 이러한 구성은 다음절의 다른 구성과 대비하여 configuration 1이라 부르겠다. 먼저, 온도-회수열량 관계를 Fig. 2에 보였으며, 열회수량, 전열면적 변화 경향을 Fig. 3에 나타내었다. 총열회수율은  $1.26 \times 10^6$  MJ/hr (350MW)이고, 터빈출력은 약 125 MW이다. HP, IP, LP 터빈에서 출력은 각각 약 17%, 30%, 53%를 차지한다. 배기열은 고



(a) Area distribution



(b) Recovered heat distribution

**Fig. 3** Distribution of HRSG area and recovered heat

압단에서 가장 많이 회수됨을 발견할 수 있다. 대략 총 배기열량 중에 60%에 가까운 열을 고압단, 즉 고압 과열기, 증발기, 절탄기에서 회수하고 있다. 비록 배기열을 고압단에서 가장 많이 흡수하고 있으나, 고압단 열교환기의 전열면적은 총 전열면적의 50% 미만이다. 2 중압 HRSG 시스템에서 고압단의 전열면적이 지배적인 역할을 하던 것<sup>(2,10)</sup>에 비해, 고압단의 전열면적이 상대적으로 감소하면서 다른 열교환기인 재열기의 역할이 커지고, 열교환기 배치에서 일부 병렬 구조를 택함으로써 중압단의 역할도 증대되었기 때문이다. 따라서 3 중압 HRSG 에서 주의 깊게 설계해야 할 부분이 바로 재열기로 보인다. 재열기는 총 전열면적의 약 7% ~ 8%정도를 차지하는데, 이 재열기에서 회수되는 양은 약 12.5% ~ 14.6%정도로 배기열의 회수에 큰 역할을 한다고 볼 수 있다. 이 하부시스템의 가스 입구 조건은 약 220MW의 출력과 35%의 효율을 보이는 가스터빈의 출구 조건이다. 따라서 본 계산의 결과는 총 복합화력 발전 시스템의 열효율이 약 55%임을 의미하는 것이며, 이는 현재 운전되고 있는 플랜트의 최상급 효율로서 본 계산이 현실적인 계산이었음을 확인하여 준다.

### 3.2 열교환기 배치에 의한 영향

Table 2 와 같이 열회수기 중간부분에서 중압과열기(IPSH)이후에 위치하는 고압 제 1 절탄기(HPEC1)와 저압과열기(LPSH) 서로간의 배열 순서에 따라 세가지 형식으로 구분한다. 상대적으로 가스온도가 고온인 곳에 고압절탄기가 위치하는 것이 configuration 1로서 이미 Fig.1 에 보인 바 있으며, 그 반대로 저압과열기가 고온부에 위치하는 것이 configuration 2 이고, 고압절탄기와 저압과열기가 병렬로 놓이는 것이 configuration 3 이다. configuration 2, 3 은 1 에 비하여 단지 열회수기 중간부분의 구성만 다를 뿐이다.

**Table 2** Three cases with different arrangements of high pressure economizer and low pressure superheater

configuration	order (from high gas temperature)
1	IPSH, HPEC1, LPSH
2	IPSH, LPSH, HPEC1
3	IPSH, LPSH/HPEC1(parallel)

Table 3 에 각 압력단에서 발생하는 증기유량, 시스템 총 전열 면적과 총 회수열량, 증기터빈 출력과 효율 등을 세가지 배치방법에 대해 비교하여 나타내었다. 회수되는 열량에는 큰 차이가 없다. 그러나 전열 면적이나 증기 터빈 출력은 열교환기의 구성에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

중압 과열기 이후에 고압 제 1 절탄기, 저압 과열기 순서로 배열했을 경우(configuration 1)를 기본으로 할 때, 저압 과열기를 고압 제 1 절탄기보다 고온에 배열했을 경우(configuration 2) 총 증기 유량은 약 0.47%정도 감소하지만 전열 면적은 약 1.7%정도 증가하고, 증기 터빈 출력은 약 3.2%정도가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 저압 과열기와 고압 제 1 절탄기를 평행하게 구성했을 경우(configuration 3)에 총 증기의 유량이 0.44%정도 감소함에도 불구하고, 전열 면적은 0.7%정도, 증기 터빈 출력은 약 2.9% 증가한다.

즉, 1 에 비하여 2, 3 은 거의 같은 양의 열을 회수하고도 더 큰 출력을 발생한다. 이는 하부사이클 내부효율 (steam turbine power/recovered heat)가 높음을 의미하는 것으로서 열성능면에서 더 우수한 사이클임을 뜻한다. 또한 3%에 가까운 성능향상에도 불구하고 필요한 전열면적 증가는 상대적으로 작기 때문에 실제로 더 경제적일 수 있다.

### 3.3 설계 압력에 의한 영향 해석

다압 열회수기의 설계해석에서는 매우 많은 설

**Table 3** Comparison of design performance for difference heat exchanger arrangements

Configuration*	1	2	3
HP $M_s$ (ton/hr)	263.84	264.35	264.32
IP $M_s$ (ton/hr)	38.869	36.432	36.602
LP $M_s$ (ton/hr)	47.706	47.992	47.972
$A_{tot}$ (m <sup>2</sup> )	62,626	63,710	6,3076
Power (MW)	125.36	129.38	129.09
$Q_{rec}$ (MJ/hr)	1,258,600	1,257,800	1,257,900

\* refer to Table 2

계 파라미터들이 존재한다. 예를 들어 HP, IP, LP 압력, 각 압력에서의 핀치온도차, 절탄기출구 과냉도, 과열, 재열증기의 온도, 가스의 입구온도 등이 주요한 것들이다. 본 해석 프로그램으로는 이러한 다양한 해석이 가능하다. 본 논문에서는 가장 기본적인 파라미터들인 각 압력이 설계에 미치는 영향을 분석한 결과를 제시하고자 한다. Fig. 4에 각 압력에 따라 열회수기에서의 열회수량, 필요한 전열면적 그리고 증기터빈 출력을 보였다. HRSG 형태는 Table 2의 configuration 2를 대상으로 하였고, 기준압력들은 Table 1에 나타난 바와 같으며, 기준 설계 값들은 Table 3에 보인 바와 같다. 온도차를 비롯한 다른 모든 파라미터들은 일정하게 두

었다. HP를 높이면 HP, IP, LP 터빈출력이 모두 증가하여 결국 총출력이 증가한다. LP를 높이면, HP 터빈 출력은 거의 변하지 않으나 LP 터빈출력 증가보다 IP 터빈출력 감소가 커서 총출력이 감소한다. 한편, IP를 변화시키면 LP 터빈출력은 큰 차이가 없고, HP 출력 변화와 IP 출력 변화가 거의 상쇄되어 총출력은 IP 압력에 민감하지 않는 것으로 나타났다.

### 3.4 탈기기(deaerator) 열원에 의한 영향 해석

탈기(deaeration)를 위한 증기를 추가하는 위치에 따른 HRSG의 성능 변화를 살펴보았다. Table 2의 configuration 2를 기본 시스템으로 하였다. Table 4는 탈기 열원을 고압 과열기(HPSH), 중압 과열기(IPSH), 고압 증발기(HPEV), 저압 과열기(LPSH), 중압 증발기(IPEV), 저압 증발기(LPEV)로 했을 경우 HRSG의 성능을 비교하여 나타낸 것이다. 저압 과열기에서 추가하였을 경우를 기준으로 변화량을 살펴보면, 고압 과열기(HPSH)에서 증기를 추가했을 경우, 전열면적은 약 0.36%감소하고 증기터빈으로부터 얻어지는 출력은 약 0.94%감소하는 것을 볼 수 있다. 고압과열기에서 유량이 추가되므로 고압 터빈에 유입되는 증기 유량이 작아지고 하부 터빈에서도 같은 결과가 되므로 출력이 감소한다. 중압 과열기에서 추가하는 경우에는 전열면적은 약 0.59%정도가 감소하고 출력은 0.81%정도 감소하게 되는데 중압단에서 추가로 인하여 고압 터빈의 출력변화는 없지만 중압 재열 터빈과 저압 터빈에서 출력이 감소하게 되는 것이다. 고압 증발기에서 발생된 증기를 탈기 열원으로 추가하였을 경우는 약 0.34%의 전열 면적 감소가 보이고 터빈 출력은 1.88%정도 감소하게 된다. 고압 과열기 출구에서 추가한 경우와 비슷하게 고압 터빈의 출력 감소가 두드러지고, 중압 및 저압 터빈에서도 탈기된 유량 만큼의 출력이 감소하면서 출력감소가 커진다. 중압 증발기에서 추가될 때는 전열 면적이 0.69%정도 감소하고 터빈의 출력은 중압 과열기에서 추가했을 경우와 비슷한 현상으로 고압 터빈의 출력변화는 없고 저압 터빈과 중압 재열 터빈의 출력이 감소하여 약 1.03%정도 감소하는 것을 알 수 있다. 저압 증발기에서 증기를 탈기했을 경우 약 0.60%의 전열면적 감소가 나타나고 터빈의 출력은 고압 터빈과 중압 재열 터빈의 출력은 변화가 없고 저압 터빈에서의 출력이 감소하게 되어 0.21%정도 감소하게 된다. 추가 지점의 선택에 따라서 회수열이나 전열 면적면에서는 큰 차이는 없는 것을 알 수 있으나, 터빈 출

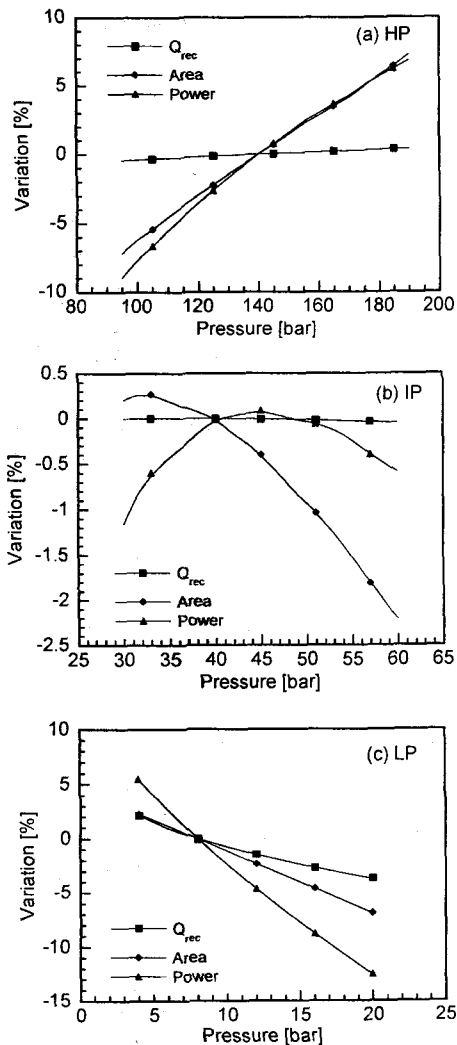


Fig. 4 Effect of HP, LP and IP pressures on recovered heat, HRSG area and steam turbine power

Table 4 Effect of different D/A heat sources on design performance

D/A heat source	Q <sub>rec</sub> (MJ/hr)	Area (m <sup>2</sup> )	Power (MW)	Extraction rate (Ton/hr)
LPSH	1,257,900	64,087	130.43	7.790
HPSH	1,258,400	63,859 (-0.36%)	129.20 (-0.94%)	6.768
IPSH	1,257,800	63,710 (-0.59%)	129.38 (-0.81%)	8.034
HPEV	1,259,900	63,869 (-0.34%)	127.98 (-1.88%)	9.672
IPEV	1,257,400	63,642 (-0.69%)	129.09 (-1.03%)	8.941
LPEV	1,257,300	63,701 (-0.60%)	130.16 (-0.21%)	9.084

력면에서는 차이가 제법 클 수 있음을 나타내는 결과이다.

#### 4. 결 어

본 연구에서는 복합화력발전용 3 중압 하부 시스템의 성능 설계해석을 위한 프로그램을 구성하였으며, 열회수 증기발생기의 열교환기 배치의 영향, HP/IP/LP 압력 설정에 따른 영향 및 탈기이용 열원증기의 주기지점의 영향 등을 고찰하였다.

고압 제 1 절탄기, 저압 과열기의 배치순서에 따라 터빈출력이 크게는 3%정도까지 차이가 날 수 있으며, 저압 과열기를 고압 제 1 절탄기보다 고온에 배열하거나 두 열교환기를 평행하게 배열하는 것이 유리함을 살폈다. HP 나 LP 에 비하여 IP 는 시스템의 출력이 미치는 영향이 상대적으로 작다는 것을 관찰하였다. 탈기기의 열원 증기를 추가하는 위치 선정 여하에 따라서 출력의 변화가 최대 약 2%까지 발생하는 것으로 해석되었다.

본 연구의 해석 수단은 다압 열회수 증기발생기의 기초 설계 자료를 도출하고, 최적 설계 사양을 결정하며, 운전 특성을 파악하는 등 발전플랜트의 설계 또는 성능 평가 업무에 긴요하게 사용될 것으로 기대된다.

#### 후 기

본 연구는 2001 년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

#### 참고문헌

- (1) 김태국, 한규익, 서석호, 1995, 자연순환형 수관식 폐열회수 보일러의 열전달-수순환 해석을 고려한 성능분석/크기결정 프로그램 개발 연구, 대한 기계학회 추계학술대회 논문집 Vol. II, pp.682-687.
- (2) 김상준, 노승탁, 1997, 다압 열회수 증기발생기의 설계점 및 탈설계점 해석, 대한 기계학회 춘계 학술대회 논문집 B, pp. 7-12.
- (3) 김영일, 김동섭, 김재환, 노승탁, 고상근, 1999, "열적 제한요소를 고려한 열회수 증기 발생기의 시동 특성 해석," 대한기계학회 논문집 B, 제 23 권, 제 11 호, pp. 1410-1417.
- (4) 박형준, 김동섭, 노승탁, 2000, "열회수 증기발생기와 증기터빈 시스템의 동적 거동 해석," 대한기계학회 논문집 B, 제 24 권, 제 7 호, pp. 994-1001.
- (5) Collier, J. H. and Thome, J. R., 1994, *Convective Boiling and Condensation*, 3rd ed., Oxford University press.
- (6) Chen, J. C., 1966, "Correlation for Boiling Heat Transfer to Saturated Fluids in Convective Flow," *Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.*, 5.
- (7) ESCOA Corp., *Fin Tube Manual*, 1979, U.S.A.
- (8) 김동섭, 노승탁, 1996, "단축가스터빈의 설계점 및 부분부하 성능해석 프로그램 개발," 대한기계학회 논문집(B), 제 20 권, 제 8 호, pp. 996~1008.
- (9) PROPATH Group, 1997, *PROPATH : A Program Package for Thermophysical Properties*, Version 10.2, Kyushu University, Japan.
- (10) 김상준, 1997, 다압열회수 증기발생기의 설계점 및 탈설계점 해석, 서울대학교 공학석사 학위논문
- (11) Spencer, R. C., Cotton, K. C., and Canon, C. N., 1963, "A Method for Predicting the Performance of Steam Turbine-Generators ... 16,500 kW and Larger," *Journal of Engineering for Power*, Vol. 85, pp.249-301.