

## 축열시스템을 이용한 가스터빈 입구공기냉각 복합발전플랜트의 평가

이경호, 최병윤, 주용진  
한전 전력연구원

### Evaluation of Gas Turbine Compressor Inlet Air Cooling with Thermal Storage for Combined Power Plant

Kyoung-Ho Lee, Byoung-Youn Choi, Yong-Jin Joo  
Korea Electric Power Research Institute

#### 1. 서론

가스터빈의 성능은 대기온도가 상승함에 따라 그 성능이 감소하는 특성을 가지고 있어 전력공급의 필요성이 더욱 큰 여름철에 전력공급능력이 저하되고 있는 실정이다. 이에 대한 대처방안으로서 국외에서는 빙축열시스템을 이용하여 가스터빈 압축기의 입구공기를 냉각시키는 기술이 실제 적용되고 있다고 보고되었다.<sup>[1]</sup> 그러나 이러한 기술을 국내에 적용하기 위해서는 국내의 기후환경에 적합한 시스템을 설계하여 그 효과를 분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 빙축열시스템을 이용한 가스터빈 압축기 입구공기 냉각시스템이 가스터빈 및 복합발전의 성능에 미치는 영향 및 효과를 분석하였다. 또한 빙축열식 히트펌프를 적용함으로써 복합플랜트 복수기로부터의 배열을 이용하여 동절기 난방공급에 활용할 수 있는 시스템을 제안하고 초기비용을 검토하였다.

#### 2. 복합발전 플랜트의 성능모델

가스터빈의 성능은 압축기로 유입되는 대기온도의 영향을 받게 되는데, 온도가 상승함에 따라 출력과 열효율이 감소하는 특성이 있어, 여름철과 같이 대기온도가 상승하게 되면 출력이 저하하게 된다. 복합플랜트에 있어서도 스팀터빈 역시 대기온도 즉 압축기로 유입되는 공기의 온도에 성능이 영향을 받게되며 GE MS-7001EA모델 가스터빈에 대하여 Fig.1에 나타내었고, 정격용량 87,920kW G/T 4기와 181,051kW S/T 1기로 구성된 복합플랜트에 대하여 대기온도에 따른 출력관계를 Fig.2에 나타내었다.

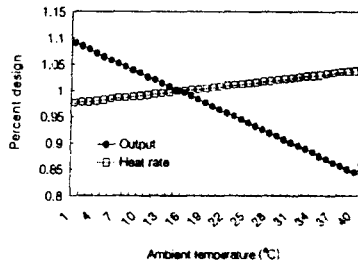


Fig.1. Performance of G/T with ambient temperature.

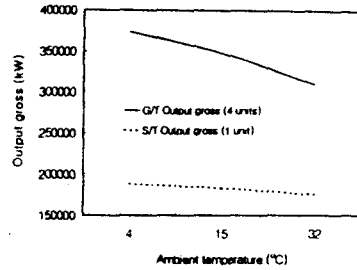


Fig.2. Output of combined plant

### 3. 방축열이용 입구공기냉각시스템 구성

방축열을 이용한 가스터빈 압축기 입구공기냉각 시스템의 개략적인 구성에 대하여 Fig.3에 나타내었다. 그림에서와 같이 냉동시스템, Ice harvesting 방축냉조, 입구공기 냉각코일 등으로 구성하였다.

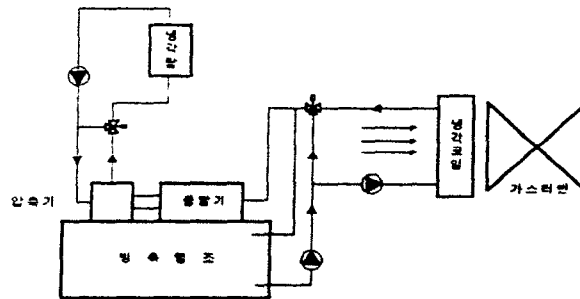


Fig.3. Schematic of G/T inlet air cooling system with ice storage.

### 4. 시스템 설계조건 및 용량

시스템의 설계조건과 주요 구성요소의 용량을 Table 1에 나타내었다. 평가대상으로 선정된 가스터빈의 정격용량은 87,920 kW, 입구공기 유량은 292kg/s이며, 연료는 LNG이다. 입구공기 냉각온도는 가스터빈 압축기의 입구에서의 압력손실로부터 압축기 블레이드 안전성을 고려하여 5°C로 결정하였고, 하루 중 입구공기 냉각시간은 7, 8월을 대상으로 계산한 초기비용 및 에너지계산 결과와 여름철 전력수요 모델을 분석하여 4시간으로 선정하였다. 입구공기 냉각시간에 대한 초기비용의 관계를 Fig.4에 나타내었고, 시스템 효율과의 관계는 Fig.5에 나타내었다. 시스템의 효율의 정의는 다음과 같다.

$$\eta = \frac{\Delta E_{out}}{(E_E)_{in} + (E_F)_{in}} = \frac{\sum (\Delta W) h}{(E_E)_{in} + (E_F)_{in}} \quad (1)$$

위 식에서  $\Delta W$ 는 전력증대,  $h$ 는 하루 입구공기냉각시간, 하첨자  $E, F$ 는 각각 전력과 연료를 나타낸다.

Table 1. Design conditions and system capacity.

Design condition			System capacity	
Air cooling coil design temp.	Dry bulb Wet bulb	37.2 ℃ 29.4 ℃	Refrigeration system	900 ton
System design ambient temp.	Dry bulb Wet bulb	33.5 ℃ 27.1 ℃	Ice storage tank	6,400 m <sup>3</sup>
Storage charging hour a day		17 hrs	Air cooling coil	19,975 Mcal/hr

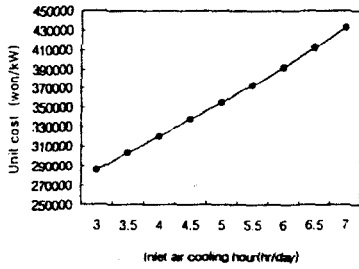


Fig.4. Initial cost with inlet air cooling hour.

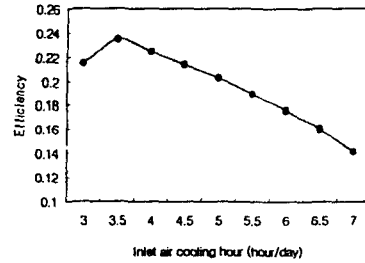


Fig.5. System efficiency with inlet air cooling hour.

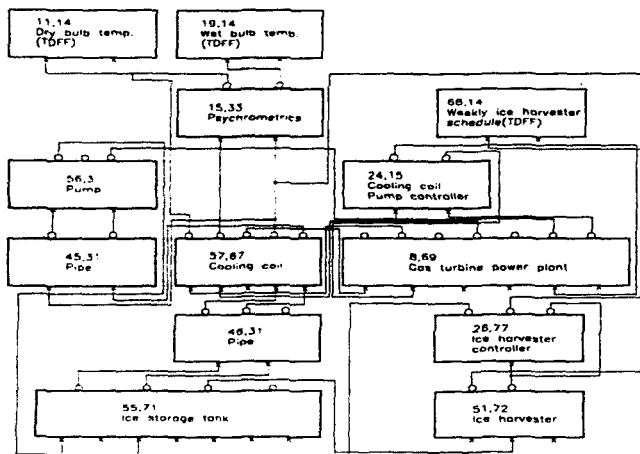


Fig.6. Information flow diagram for TRNSYS simulation.

## 5. 효과 및 비용분석

4월부터 10월까지의 냉동시스템에 대한 부분부하운전용량 factor를 구하기 위

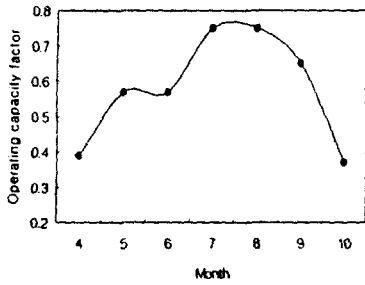


Fig.7. Chiller part load factor with month.

하여 TRNSYS 프로그램을 이용하여 입구공기 냉각운전 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션을 위한 정보흐름도를 Fig.6에 나타내었고, 월별 대표 건습구온도를 이용하여 일주일에 대하여 계산한 결과를 Fig.7에 나타내었다. 가스터빈 입구공기 냉각에 의한 효과를 비교분석하기 위하여 Fig.8에 나타낸 바와 같이 분산형 전원으로 사용되는 소형 가스터빈을 선택하여 비교하였으며, 여름철 주위 대기온도 33.5℃에서 동일

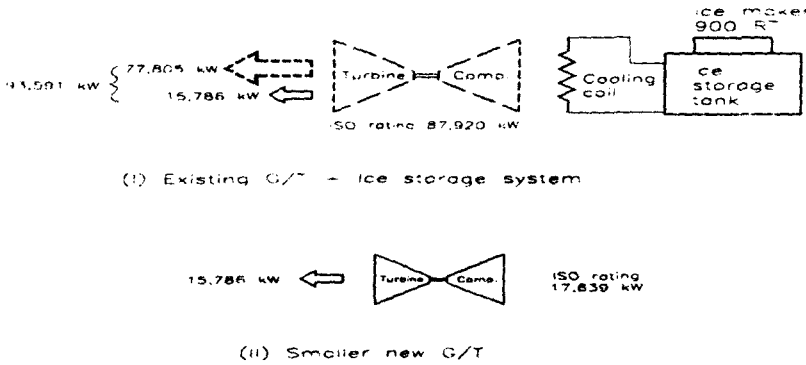


Fig.8. Comparison of G/T output with alternative smaller G/T with 33.5℃ ambient temperature.

한 출력의 효과를 갖도록 하였다. 7,8월을 기준으로하여 입구공기 냉각운전 월수

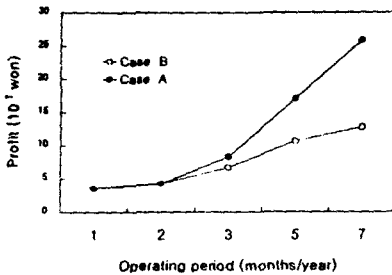


Fig.9. Profit with cooling period a year.

에 따른 이득액을 Fig.9에 나타내었다. 여기에서 case A는 가스터빈이 7,8월이외의 달에 대기온도에 따라서 가능한 최대출력으로 운전하는 경우로 가정한 것이며, case B는 가스터빈의 연평균 이용률인 88.4%로서 운전한다고 가정한 것이다. 두가지 경우에서 모두 입구공기 냉각기간을 길게 할수록 이득효과는 크다는 것을 나타내고 있다. 소형 가스터빈과 비교한, 건설비 절감 및 연간에

너지 비용절감 효과를 Fig.10에 나타내었으며, 복합플랜트의 영향을 포함한 성능 개선 효과와 건설단가를 각각 Table 2과 Table 3에 나타내었다. 모든 가격 및 단가는 1997년 9월을 기준으로 하여 계산되었다.

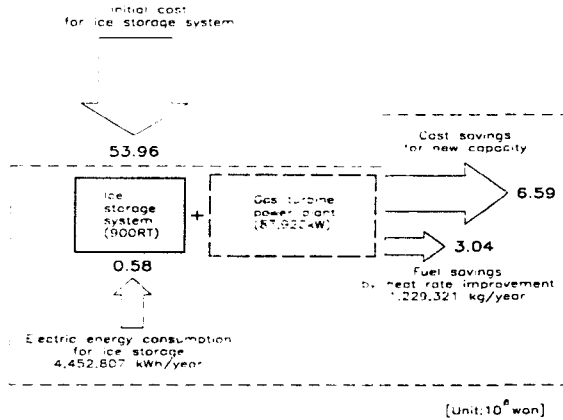


Fig.10. Cost saving and initial cost.

Table 2. Estimate of improvement effect with inlet cooling (with 33.5°C ambient temperature).

GT rating		87,920 kW			107,759 kW
		with inlet cooling	without inlet cooling	effect	larger GT without inlet cooling
output (kW) with 33.5°C ambient	effect by S/T excluded (for 1 unit GT)	93,591	77,805	15,786 increased (20.3% ↑)	93,591
	effect by S/T included (for 4 units GT)	386,740	311,220	75,520 increased (24.3% ↑)	374,364
G/T heat rate (kcal/kWh)		3,061	3,203	142 reduced (4.4% ↓)	3,203

Table 3. Comparison of initial cost (unit : 1000 won/kW).

Inlet cooling with ice storage				GT (50 MW)	LNG Combined plant (400 MW)
33.5°C ambient temp.		37.2°C ambient temp.			
4 units GT	1 unit GT	4 units GT	1 unit GT		
284 (*237)	341	251 (*210)	284	350	515

(\* indicates effect of ST output improvement included)



2. John Kevin Cross, "An evaluation of ice and chilled water as thermal storage media for combustion turbine inlet air cooling systems", MS thesis, Solar energy lab. in Univ. of Wisconsin-Madison
3. 발전처, "복합화력 기술집", 한국전력공사, 1995
4. "평택화력 가스터빈 1호기 성능진단 결과보고서", 한전 전력연구원, KRC-PMT-94-01, 1994
5. "TRNSYS 14.2 Reference manual", Solar energy laboratory, Univ. of Wisconsin-Madison
6. 최병윤, 주용진, 이경호, 이재봉, 강명수, 김경순, "빙축열을 이용한 가스터빈 출력향상 시스템 개발연구(I)", 한전 전력연구원, TR.96EJ31.97.60, 1997