

석탄가스화 복합발전용 가스터빈의 성능 평가

이 찬* · 이진욱* · 윤용승**

Performance Evaluation of the Gas Turbine for Integrated Gasification Combined Cycle

Chan Lee*, Jin-Wook Lee*, Yong-Seung Yun**

Key Words: Coal Gas(석탄가스), ASU Integration(공기분리장치 연계), Air Extraction(공기 추출), Off-Design Operation(탈설계점 작동), Surge Margin(맥동 한계)

ABSTRACT

This simulation method is developed by using GateCycle code for the performance evaluation of the gas turbine in IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle) power plant that uses clean coal gas fuel derived from coal gasification and gas clean-up processes and it is integrated with ASU(Air Separation Unit). In the present simulation method, thermodynamic calculation procedure is incorporated with compressor performance map and expander choking models for considering the off-design effects due to coal gas firing and ASU integration. With the clean coal gases produced through commercially available chemical processes, their compatibility as IGCC gas turbine fuel is investigated in the aspects the overall performance of the gas turbine system. The predictions by the present method show that the reduction of the air extraction from gas turbine to ASU results in a remarkable increase in the efficiency and net power of gas turbines, but it is accompanied with a shift of compressor operation point toward to surge limit. In addition, the present analysis results reveal the influence of compressor performance characteristics of gas turbine have to be carefully examined in designing the ASU integration process and evaluating the overall performance parameters of the gas turbine in IGCC Power plant.

1. 서론

석탄을 이용하는 새로운 개념의 석탄가스화 복합발전(IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle)은 석탄의 가스화, 가스정제 공정을 복합발전 사이클과 연계하여 낮은 연료가격, 고효율의 성능 및 우수한 환경성을 구현할 수 있다는 특징을 가진다. 이러한 이유로, 2000

년대초 부터는 IGCC 가 신규 석탄화력발전소의 주종을 이룰 전망이며, 기존의 노후 미분탄 발전소의 재건설 시에도 매우 유력한 대체수단으로 여겨지고 있다⁽¹⁾.

Fig. 1에서 보여지듯이, IGCC가 기존의 천연가스를 연료로 사용하는 복합발전방식과 다른 점은 가스터빈의 연료를 제조하는 전 공정(pre-process)으로 석탄을 산소, 증기와 반응시켜 CO, H₂가 주성분인 가연성 석탄가스를 만들어 내는 가스화공정, 생성된 석탄 가스 내 황산화물 및 입자성분 제거를 위한 가스정제공정이 존재하고, 이렇게 만들어진 저발열량의 석탄가스(천연

* 수원대학교 기계공학과

** 고등기술연구원 에너지환경 연구실

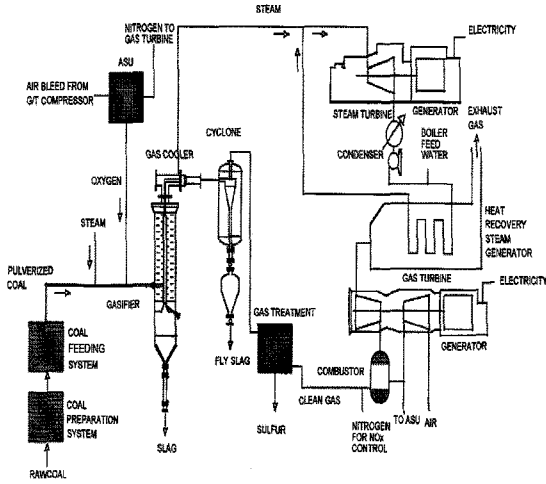


Fig. 1 Schematic Diagram of IGCC Power Plant

가스 발열량의 약 1/4-1/5 수준)는 가스터빈 연소기에서 연소되며 팽창기에서 팽창된 후 연소가스의 폐열은 증기사이클에서 다시 활용된다.

IGCC용 석탄 가스화기에서 사용되는 산소는 가스터빈 압축기에서 압축된 공기의 일부를 추출한 후 공기 분리장치(ASU: Air Separation Unit)에서 얻어내며, 이때 공기분리장치에서 발생하는 질소는 다시 가스터빈 연소기로 재유입된다. 이러한 가스터빈/ASU 간의 연계방식의 장점은 ASU 플랜트의 공기압축을 위한 보조 부하량을 줄여, IGCC 출력을 증가시킬 수 있다는 점과 ASU에서 가스터빈으로 재유입되는 차가운 질소를 이용하여, 연소기내 NOx 발생을 제어하는데 사용

할 수 있다는 점을 들 수 있다. 그러나 IGCC 시스템에 사용되는 가스터빈은 천연가스 연료를 기준으로 설계되어 있는 관계로, 앞서 언급한 저발열량 석탄가스의 연소 및 ASU와의 연계설계로 인해 가스터빈의 운전이 탈설계점에서 이루어지는 경향을 보이며, 이는 IGCC 발전소의 시스템 성능 및 안정성에 큰 영향을 미칠 수 있다⁽²⁾.

그러므로, 가스터빈을 IGCC 기타 시스템들과 연계 설계 하는데 있어, 연계 공정과의 설계조건에 따른 가스터빈의 공정 분석 및 성능 평가가 필요하며, 이를 통해 IGCC 발전소 상용화를 위한 체계적 공정자료들의 수집이 가능하다. 이러한 맥락에서, 본 연구는 상용 IGCC 발전소의 개발단계에서 고려될 수 있는 10 MW 규모의 PDU(Process Development Unit)급 가스터빈의 성능평가를 수행하였다.

본 연구에서는 가스터빈의 연료로 다양한 석탄 가스화 공정으로부터 생산되는 서로 다른 석탄가스를 사용하였고, 가스터빈과 ASU 간의 연계조건도 질소연계(nitrogen integration)에서 전연계(full integration)에 이르기까지 다양하게 변화시키며 가스터빈 성능해석을 수행하였다. 더 나아가, 가스터빈의 탈설계점 효과를 고려하기 위하여 팽창기의 질식조건(choking condition)과 압축기의 성능곡선 모델을 본 해석방법에 포함하였다.

본 예측결과를 통하여, 석탄가스 공정 및 ASU 연계에 따른 가스터빈의 출력, 효율 및 압축비, 연료소모량, 공기유입량 등의 성능변화를 규명하였고, 압축기의 탈설계점 작동에 따른 가스터빈의 안정성 여부도 평가하였다.

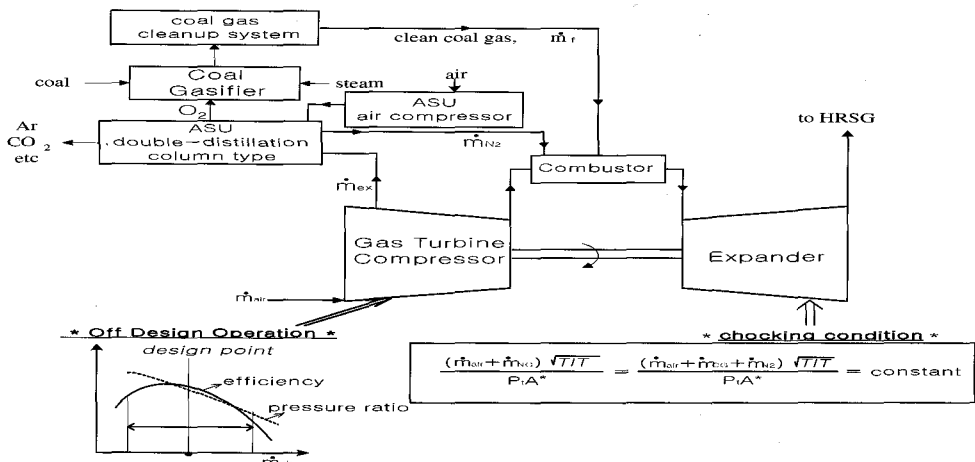


Fig. 2 Integration Scheme between ASU and Gas Turbine in IGCC Power Plant

2. 가스터빈 모델링 방법

본 연구에서는 IGCC 가스터빈 성능분석을 위해 발전소 전용 해석코드인 GateCycle 코드⁽³⁾를 사용하였으며, GateCycle로 모델링한 IGCC가스터빈의 구성도가 Fig. 2에 나타나 있다. 가스터빈은 대기중의 공기를 유입하여 압축기에서 가압한 후, 가스터빈 압축기 출구에서 일부의 공기가 추출되어 대기 중에서 별도의 압축기를 통해 유입되는 공기와 같이 공기분리장치(ASU: Air Separation Unit)로 보내져 산소와 질소로 분리된다. 산소는 석탄가스화기의 산화제로 사용되고, 질소는 가스터빈 연소기에 재유입된다. 연소기에서는 가스터빈 압축기에서 보내지는 공기와 석탄가스 연료, 재유입 질소가 혼합, 반응하여 고온, 고압의 연소공기를 생성한다. 최종적으로 연소가스는 팽창기를 통해 압력, 온도가 떨어지고 체적이 늘어나는 팽창과정을 거치며 동력을 발생한다.

본 연구에서 앞서의 IGCC 가스터빈 시스템의 열역학적 해석을 위해 이루어진 각 요소별 모델링 기법은 다음과 같다:

2.1. 가스터빈 압축기

설계점에서의 가스터빈 압축기 모델링은 압축기 설계 제한들을 이용하여 열역학적 해석을 수행하였으며,

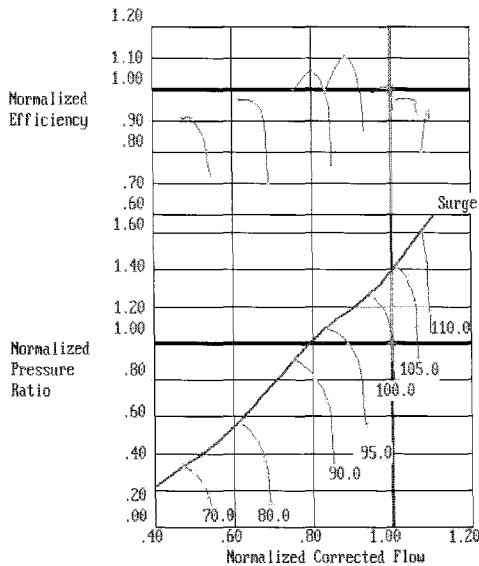


Fig. 3 Normalized Compressor Performance Map(TYPE A)

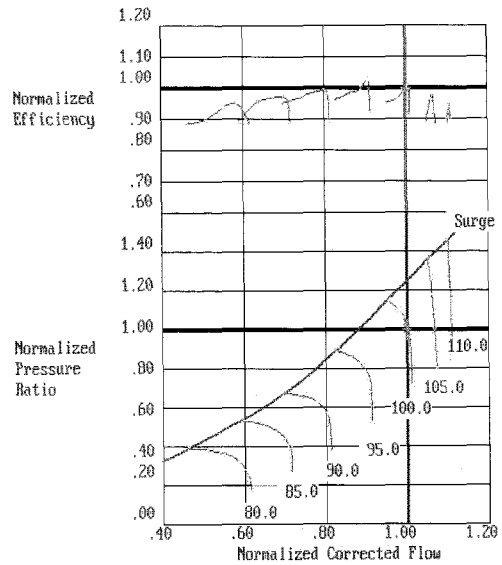


Fig. 4 Normalized Compressor Performance Map(TYPE B)

탈설계점에서는 압축기 성능곡선으로부터 구해지는 성능변수들(유량 vs 효율, 압축비)을 이용하여 열역학적 해석을 수행하였다. 그러나 압축기의 성능곡선은 대부분의 가스터빈 제작자들이 대외비로 분류하여 공개하지 않고 있으므로, 본 연구는 기존의 공개된 압축기 성능곡선들로부터 유추되어 일반화된 2가지의 전형적인 성능곡선들^(4,5)을 사용하였다. Fig. 3과 Fig. 4의 Type A와 Type B는 동일한 설계점 효율과 압축비를 가지고 무차원화된 성능곡선들로, 이때 Type A 곡선은 탈설계점 작동에 대해 비교적 효율이 크게 저하되지 않고 맥동한계도 넓고, 이에 비해 Type B는 효율의 저하 경향도 매우 급격하고 맥동한계도 상대적으로 좁다.

또한 대부분의 발전용 가스터빈들은 팽창기 블레이드 냉각을 위해 공기가 중간 단에서 추출되므로, 압축기 전체를 하나의 열역학적 과정으로 볼 수 없고, 본 연구는 열역학적 해석을 공기 추출점을 기준으로 하여 압축기 section별로 적용하였다.

2.2. 가스터빈 연소기

연소기의 모델링은 압축기로부터 들어오는 공기, 석탄가스화/가스정제장치를 거친 석탄가스 및 ASU에서 재 순환되는 질소에 대한 에너지방정식으로부터 연소

기 출구조건을 구하였으며, 이때 연소기 출구온도(또는 터빈입구온도)가 설계요구조건에 부합되도록 연료량을 조절하였다.

본 연구에서는 IGCC 용 가스터빈 연소기의 연료로 Destec, Prenflo, Shell, Texaco의 상용 석탄가스화 공정에서 생산되어 저온 가스정제공정을 거친 5가지의 석탄가스를 고려하였고, 각 석탄가스 연료의 연소기 유입조건⁽⁶⁾은 다음과 같다.

Table 1 Gas Compositions of Clean Coal Gases

Comp.(%)	Destec	Prenflo	Shell	Texaco
CO	42.98	62.76	64.57	47.76
H ₂	17.96	29.28	29.33	31.70
CO ₂	3.04	1.66	0.71	10.48
H ₂ O	29.30	0.22	0.14	8.32
CH ₄	4.74	0.01	0.04	0.05
Ar	0.42	0.71	0.72	0.74
N ₂	1.56	5.36	4.49	0.95
Temp(oC)	343.3	300.0	287.8	343.3
LHV(kJ/kg)	9969.0	11994.5	12358.4	10255.2

* based on Datong coal

2.3. 가스터빈 팽창기

연소가스의 팽창과정은 단별(stage-by-stage)분석을 통해 모델링하였으며, 이를 통해 팽창기 냉각공기의 효과를 좀 더 상세하게 고려할 수 있다. 설계점의 팽창기 모델링을 위해 팽창비, 효율, 터빈 입구유량 및 팽창기 입구면적을 우선적으로 설정하며, 설계점에서 결정된 효율은 팽창기 효율의 변화에 대한 제작자의 데이터가 없는 경우에는 탈설계점 조건에서도 일정하게 유지된다고 가정하였다. 탈설계점 조건에서의 팽창기의 냉각유량은 압력과 온도에 대해 설계점 냉각유량으로부터 계산된 기준값으로부터 아래의 식을 이용하여 계산하였다⁽⁷⁾.

$$m = m_{des} \frac{P_{cool}}{P_{des}} \sqrt{\left(\frac{T_{des}}{T_{cool}}\right)} \quad (1)$$

Cooling flow

대부분의 발전용 가스터빈 팽창기는 질식조건에서 작동하므로, 본 연구에서는 팽창기가 모든 유량에 대해 질식상태에서 작동한다고 가정하였고, 천연가스 가스터빈을 IGCC용으로 사용할 경우 가스터빈 팽창기에

대해 다음의 질식조건이 성립되며,

$$\frac{(m_{air} + m_{CG} + m_{N_2})\sqrt{TIT}}{PA_t} = \frac{(m_{air} + m_{NG})\sqrt{TIT}}{PA_t} = \text{constant} \quad (2)$$

이때 P 는 팽창기 입구압력, TIT 는 팽창기 입구온도, A_t 는 터빈의 입구 면적이며, m_{air} 는 압축기에서 연소기로 유입되는 공기량, m_{N_2} 는 ASU에서 유입되는 질소량을 의미하며, 그리고 m_{NG} 와 m_{CG} 는 연소기로 유입되는 천연가스와 석탄가스의 연료소모량을 나타내 준다. 가스터빈을 동일한 TIT 를 유지시키며 IGCC 용으로 사용하기 위해서는, 석탄가스의 유량이 천연가스에 비해 약 4-5 배 가량 더 많이 소모된다. 또한, ASU로부터 재유입되는 질소로 인해 가스터빈 연소기의 물질흐름이 더욱 증가된다. 그러므로, 식 (2)에서 보여지듯이, 석탄가스 연소의 경우 팽창기 질식조건을 만족시키기 위해서는 공기유량의 감소와 압력의 증가를 수반하게 된다. 그리고, 이러한 압력과 유량의 변화는 압축기의 탈설계점 성능곡선 특성에 따라 결정된다.

2.4. ASU와 가스터빈의 연계조건

IGCC용 ASU로는 복수 증류탑 공정을 사용하였으며, ASU 작동압력은 가스터빈 압축기의 압력에 상응하게 설정하였다. 이때 ASU의 공정 및 운전조건 해석은 화학공정 전문 해석코드인 ASPEN Plus를 사용하였다. ASU로 유입되는 공기량은 전적으로 가스화기의 조업조건인 석탄/산소 비율에 따라 결정되며, 그 중의 일부는 가스터빈 압축기로부터 추출하고 나머지는 대기중에 있는 공기를 별도의 압축기로 가압하여 ASU에 공급하게 된다(Fig. 2 참조). 이때 전체 ASU 소요 공기량 중에서 가스터빈 압축기의 공기 추출량이 차지하는 비율을 공기 추출비(air extraction ratio)라 하며, ASU에서 분리된 질소는 모두 가스터빈 압축기로 재유입된다. 그러므로, 본 연구에서는 4가지 석탄가스화 공정에 대한 공정분석결과⁽⁶⁾로 부터, 가스터빈으로부터 ASU로 추출되는 공기량을 연소기로 유입되는 석탄가스 연료량과 공기 추출비로 표현하는 상관관계식을 구하였고, 또한 가스터빈으로 재유입되는 질소의 유량도 석탄가스 연료량의 함수로 표현할 수 있었다.

3. 해석결과 및 검토

본 연구에서는 대상 가스터빈으로 Solar사의 Mars T12000 모델⁽⁸⁾을 사용하였고(Table 2 참조), 앞서 설명된 모델링 이론들을 GateCycle 공정모사 기법과 결합하여, 5가지 석탄가스화 공정으로부터 나오는 석탄가스 연료를 태울 때의 Mars T12000 가스터빈의 성능특성과 이에 따른 탈설계점 효과를 비교, 검토하였다(본 해석에서 추가한 IAE 가스는 고등기술연구원서 ASPEN Plus를 이용하여 설계한 공정으로, Shell 공정과 거의 유사한 경우이다). 물론 해석과정에서 가스터빈의 TIT가 일정하게 유지되도록 연료 가스량을 조절하였고, 더 나아가 공기 추출비를 0%(nitrogen integration)에서 100%(full integration) 까지 변화시켜가며 ASU 연계설계 조건이 가스터빈 성능에 미치는 영향을 고려하였다.

Table 2 Design Specifications of Mars 12000

Cycle Parameter		Component Parameters	
TIT(°C)	1059	Comp. Eff.(%)	87.59
Pressure Ratio	15.5	Comb. Eff.(%)	99.12
Power(MW)	8.23	Exp. Eff.(%)	89.78
Efficiency(%)	29.11	Cooling flow(%)	7.0

* based on natural gas firing

Fig. 5와 Fig. 6은 공기 추출비에 따른 가스터빈의 압축비 변화를 보여주고 있다. 공기추출비가 감소함에 따라 압축비가 현저하게 증가하는 경향을 알 수 있다. 즉 압축기의 공기추출량이 적은 경우는 대기 중에서

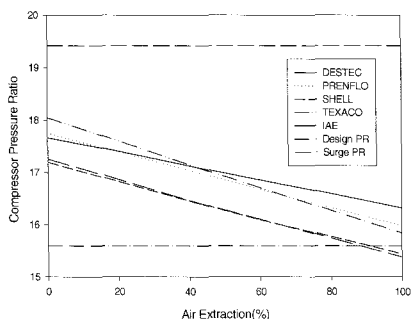


Fig. 5 Pressure Ratio of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

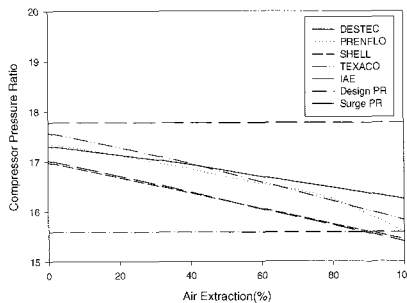


Fig. 6 Pressure Ratio of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

유입되어 ASU를 거치고 가스터빈 연소기로 유입되는 질소의 양이 증가되는 것을 의미하므로, 팽창기의 질식조건을 유지하기 위해서는, 압축기 유입 공기량이 줄어들게 되고 더 나아가 압축기성능곡선을 따라 압축비도 증가하는 양상을 보이는 것이다. 이러한 압축비 증가현상은 Texaco, Prenflo, Destec의 경우가 Shell, IAE 경우에 비해 더욱 두드러짐을 알 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6의 비교로부터, Type A의 성능특성을 가지는 가스터빈의 경우 어떤 ASU 연계조건에서도 압축기가 서지 한계 이하에서 안정된 작동조건을 보여주고 있으나, Type B의 가스터빈은 Teaxco 석탄가스 연료를 태우고 압축기로 부터 공기 추출이 없는 경우에는 압축기가 거의 서지 한계에 도달하여 불안정한 작동이 야기될 가능성이 있다.

Fig. 7과 Fig. 8은 공기 추출량에 따른 가스터빈 압축기의 효율 변화를 보여주고 있다. Fig. 7에서 보여지듯이, Type A의 압축기는 Destec, Prenflo, Texaco 석탄가스 연소의 경우는 공기추출비가 30% 근처에서 최고의 효율을 가지고 운전되며, 반면에 Shell의 경우

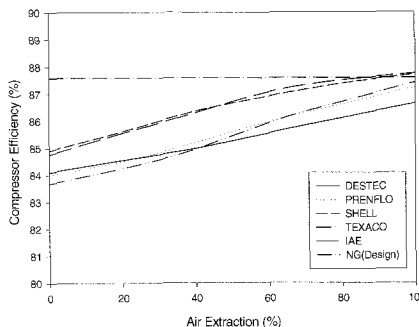


Fig. 7 Compressor Efficiency of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

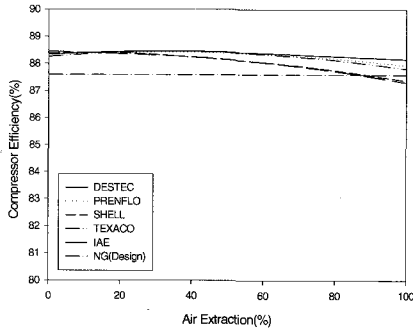


Fig. 8 Compressor Efficiency of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

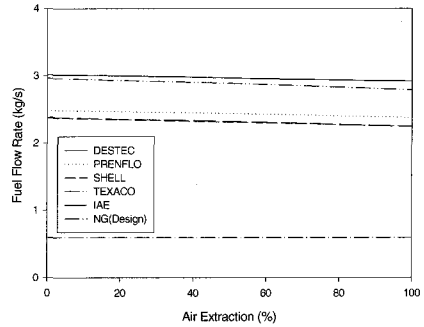


Fig. 10 Fuel Flow Rate of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

는 공기추출이 거의 없는 경우에 가장 좋은 효율을 보인다. Fig. 7과 Fig. 8을 비교하여 보면, Type B의 압축기 효율은 Type A에 비해 급격한 변화 양상을 보여주고 있으며, 공기 추출 조건에 상관없이 거의 효율이 저하됨을 알 수 있다. 그리고 이러한 효율 저하 폭은 최대 4% 까지 나타났으며, Type A의 변화 폭이 1% 가량임을 감안하면, 매우 큰 수치이다.

Fig. 9와 Fig. 10은 각 경우의 연료소모량 변화를 보여주고 있다. 모든 경우에 대해 공기추출량의 증가에 따라 연료소모량이 점차 감소되고 있으며, Destec과 Texaco의 습식 가스화 공정에서 생산되는 석탄 가스의 경우가 Prenflo, Shell, IAE 경우와 같은 건식 경우들에 비해 20~30% 정도 더 많이 연료를 소모함을 볼 수 있다. 또한 연료 소모량에 대한 압축기 성능 곡선의 영향은 그리 크지는 않으나, Type A의 경우가 Type B에 비해 최대 5% 가량 연료가 더 소모됨을 알 수 있다.

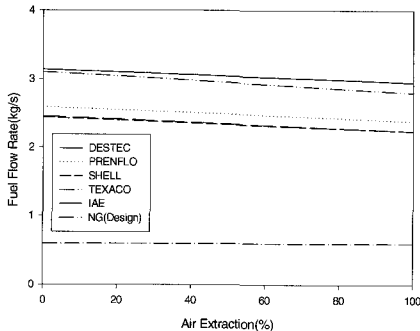


Fig. 9 Fuel Flow Rate of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

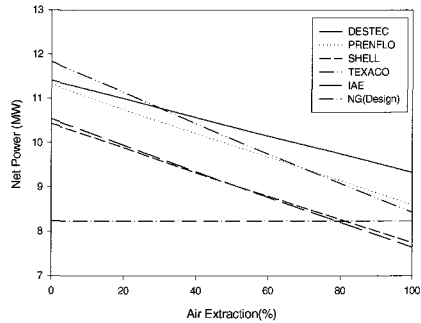


Fig. 11 Net Power of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

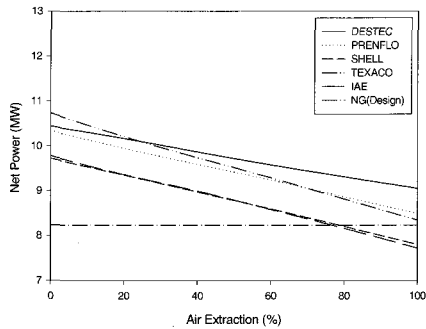


Fig. 12 Net Power of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

Fig. 11은 Type A의 성능곡선을 가지는 경우 공기추출비 증가에 따른 가스터빈 전체 출력의 변화를 보여주고 있으며, 공기 추출비의 감소에 따라 가스터빈 출력이 대폭적으로 증가함을 볼 수 있다. Texaco 가스의 경우 거의 12MW 까지 출력이 향상됨을 알 수 있

으며, 천연가스 연소시와 비교하면 약 3.5MW 정도 출력 증가가 이루어졌다. 이러한 결과는 공기 추출비의 감소는 결과적으로 압축기 유입 공기량의 감소를 가져오며, 이로 인해 압축기 소모동력이 줄어들기 때문이다. 또한 그림에서 보여지듯이, Shell 석탄가스의 경우는 공기 추출비 80% 이상에서는 오히려 천연가스의 경우보다 낮은 출력 특성을 보여주고 있고, 공기추출비가 0-30% 사이에서는 Texaco의 경우가, 그 이상인 경우에는 Destec의 경우가 우수한 출력특성을 보여주고 있다.

Fig. 12는 Type B 성능곡선에 대한 예측결과로서, 전반적인 출력 변화 경향은 Type A의 결과와 유사하나, 동일한 ASU 연계 및 연료 조건하에서 Type B의 출력이 Type A에 비해 약 1MW 가량 저하됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 앞서 Fig. 8에서 관찰했던 압축기 효율의 급격한 저하에 기인하는 것으로, IGCC용 가스터빈 출력에 미치는 압축기 성능특성의 영향이 매우 현저함을 보여준다.

Fig. 13과 Fig. 14는 공기 추출비에 따른 가스터빈의 사이클 효율을 보여주고 있으며, 모든 석탄가스에 대해 공기 추출비를 증가시킬수록 사이클 효율이 저하됨을 알 수 있다. 그림에서 보여지듯이, LHV가 낮은 Destec, Texaco 가스가 다른 경우들에 비해 효율이 높게 유지되는 경향을 보인다. 이러한 결과는 TIT를 일정하게 유지하기 위해서는 LHV가 낮을수록 많은 연료가 소모되지만(Fig. 9와 Fig. 10 참조), 입열량(=연료량 x LHV)은 거의 일정하게 유지되므로 팽창기 입구유량의 증가로 출력이 증가되는 Destec, Texaco 가스의 경우가 효율이 더 높게 나타난다. 또한, Figs. 13과 14의 비교를 통해, 사이클 효율도 압축기 성능곡선의 형태에 따라 매우 민감하여 최대 1% 정도

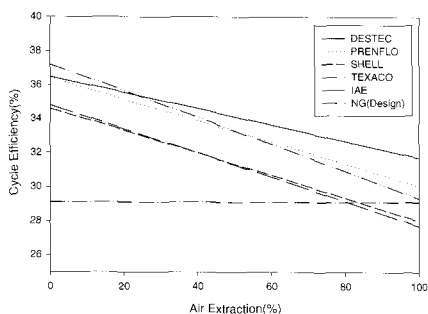


Fig. 13 Cycle Efficiency of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

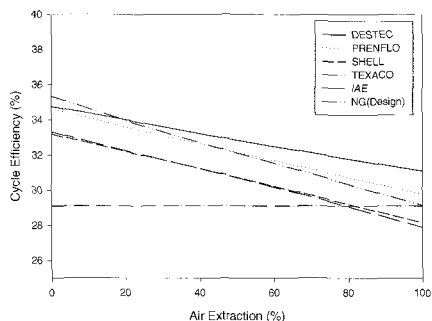


Fig. 14 Cycle Efficiency of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

의 효율 격차를 가져올 수 있음을 알 수 있다. 그러나 본 해석에서 사이클 효율을 석탄가스의 입열량과 가스터빈 출력간의 비율로 정의하였으므로, 대기 공기에 대한 ASU 압축기 소모동력과 ASU의 보조 부하를 감안한다면 실제 가스터빈의 효율은 다소 저하될 수 있다.

Fig. 15와 Fig. 16은 가스터빈 출구의 총 엔탈피 흐름을 보여주고 있으며, IGCC 발전소의 경우 가스터빈 출구의 폐열은 가스터빈 후방의 폐열회수 증기 발생장치(HRSG: Heat Recovery Steam Generator)의 설계를 위해 매우 중요한 변수이다. Fig. 15의 Type A 성능곡선에 대한 결과에서 보여지듯이, 공기추출비가 감소될수록 폐열의 양이 늘어난다. 또한 거의 모든 공기추출비에 대해 Destec의 경우가 가장 많은 폐열을 보여주고 있으며, 그 다음으로 Texaco, Prenflo, Shell의 순서로 폐열이 발생됨을 알 수 있다. Type B의 경우는 Type A에 비해 폐열이 다소 줄어드는 경향을 보이며, 또한 Destec 가스의 경우에는 공기추출비가 약 20%에서 가장 폐열의 양이 많음을 볼 수 있다.

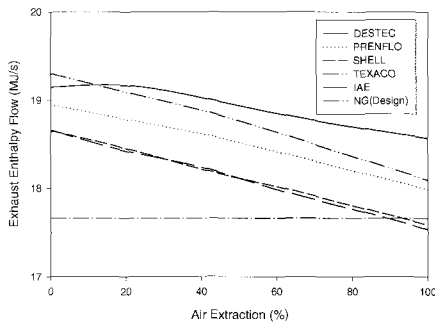


Fig. 15 Exhaust Enthalpy of Gas Turbine with Type A Compressor Performance Map

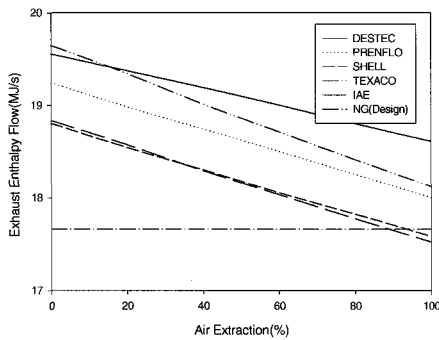


Fig. 16 Exhaust Enthalpy of Gas Turbine with Type B Compressor Performance Map

4. 결 론

IGCC용 공정 특성평가를 위한 PDU급 가스터빈의 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션 방법에서는 석탄가스 연료조건에 따른 ASU 연계조건을 정의하였고, ASU 연계로 인해 유발되는 가스터빈 탈설계점 영향을 고려하기 위한 성능곡선 모델을 추가하였다.

본 시뮬레이션 결과들로부터, Destec, Prenflo, Shell, Texaco 석탄가스화 공정을 거친 석탄가스를 IGCC에 적용하는 경우, 공기 추출비의 증가에 따라 출력과 효율은 현저히 저하되는 경향을 보이며 거의 모든 공기 추출비 범위에서 Destec과 Texaco 석탄가스가 Prenflo, Shell의 경우에 비해 월등히 우수한 출력과 효율 특성을 보여주었다. 또한, 그에 따라 Destec과 Texaco 석탄가스의 경우가 Prenflo, Shell 경우들에 비해 연료 소모량도 20~30% 가량 증가하는 경향을 보여준다.

석탄가스 연소시 가스터빈 압축기는 Destec, Texaco, Prenflo의 경우 공기추출비 30% 근처에서 그리고 Shell의 경우는 0% 추출조건에서 가장 높은 효율을 보여주고 있으며, 가스터빈의 압축비는 공기추출량의 증가에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보인다. 가스터빈 출구에서 발생하는 폐열은 공기 추출비에 따라 감소하는 경향을 보이며, 거의 모든 공기 추출비 범위에서 Destec, Texaco, Prenflo, Shell 순서로 폐열의 양

이 많음을 알 수 있었다.

ASU와 연계된 가스터빈의 경우, 압축기 성능특성에 따라 사이클 출력, 효율, 연료소모량 및 배기 가스 열량 등이 현저히 달라지고, 더 나아가 가스터빈 운전의 불안정성도 유발 할 수 있음을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 고등기술연구원이 지원하는 “PDU급 IGCC 발전계통 공정모사기술 개발 및 BSU 급 가스화기 슬래그의 거동에 관한 연구” 과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분들에게 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Todd, D. M., 1993, Clean Coal Technologies for Gas Turbines, GER-3650C, General Electric.
- (2) 김종영 외, 1997, 석탄가스화 복합발전 기술개발(I), TR. 92GJ11. 26-1. 전력연구원.
- (3) GateCycle User's Guide, 1996, EPRI & Enter Software Inc..
- (4) Zhu, P. and Saravanamuttoo, H. I. H., 1992, "Simulation of an Advanced Twin-Spool Industrial gas Turbine," ASME J. of Eng. for Gas Turbines and Power, Vol. 114, pp. 180~186.
- (5) EPRI report AP-4943, Electric Power Research Institute.
- (6) Phase I Study: IGCC Process Evaluation, 1995, Bechtel Corp..
- (7) Consonni, Lozza and Macchi, 1983, "Turbomachinery and Off-Design ASpects in Steam Injected Gas Cycles," 23rd Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Vol. 4, pp. 103~108.
- (8) Gas Turbine World, 1993.