

외기조건변화에 따른 CHP 성능 해석

전용한^{1*}, 김종윤², 김남진³, 임경범⁴, 서영호⁵, 김기환⁶

¹상지영서대 소방안전과, ²서정대학 소방안전관리과, ³제주대학교 에너지공학과, ⁴해천대학 소방안전관리과,
⁵(주)성현 아이앤디 기술연구소, ⁶한국소방안전협회

Performance Analysis of CHP(Combined Heat and Power) for Various Ambient Conditions

Yong-Han Jeon^{1*}, Jong-Yoon Kim², Nam-Jin Kim³, Kyung-Bum Lim⁴,
Young-Ho Seo⁵ and Ki-Hwan Kim⁶

¹Department of Protection and safety, Sang Gi Young College

²Department of Protection and safety, Seo Jeong College

³Department of Nuclear and Energy Engineering, Cheju National University

⁴Department of Protection and safety, Hyecheon College

⁵Research Center, Sung Hyun IND

⁶Korea Fire Safety Association

요 약 본 연구에서는 가스터빈과 증기터빈, 열회수증기 발생 장치와 지역난방 열교환기로 열병합 발전 시스템을 구성하여 복수기가 없이 증기 터빈 중압단에서 추기된 증기와 배기 증기를 지역난방 열교환기의 열원으로 사용하는 추기 배압식을 적용하였다. 구성된 시스템에 대하여 필요로 하는 열부하량과 발전 출력 조건을 만족 시키기 위한 최적 설계 성능 해석을 하였으며, 이와 함께 겨울철 외기 온도 조건의 변화에 대한 시스템의 부분부하 해석을 하였다. 해석을 위해 상용 프로그램인 Thermoflex를 사용하였다.

시스템의 해석 결과, 기준 조건에서 수요치의 요구를 만족 시키는 최적 설계를 기준으로 각 외기 온도 변화에 대한 부분부하 성능 해석의 결과를 얻을 수 있었다. 그 결과 열부하량이 고정된 상태에서, 가스터빈과 전체 시스템의 출력은 외기온도가 감소함에 따라서 증가하였지만, 열원인 배기가스의 온도 감소로 인하여 증기터빈의 출력은 이와 반대로 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 전체 시스템에서 가스터빈의 차지하는 비중이 크기 때문에 전체 시스템의 출력의 경향은 가스터빈과 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract The co-generation system consisted of gas a turbine, a steam turbine, heat recovery steam generator and a heat exchangers for district heating was investigated in the present study. A back-pressure steam turbine (non-condensing type) was used. A partial load analysis according to the outdoor temperature in winter was conducted and optimal thermal load and power conditions was examined using the commercial computing software Thermoflex. As a result, under a constant thermal load, the power outputs of gas turbine and overall system increased as an outdoor temperature decreased. On the other hand, the reduction in exhaust gas temperature led to the decrease in output of steam turbine. Considering the portion of gas turbine in overall system in terms of the power output, it can be known that the tendency in power output of overall system was similar to that of the gas turbine.

Key Words : GT(Gas Turbine), ST(Steam Turbine), HRSG(Heat Recovery Steam Generator), CHP(Combined

*교신저자 : 전용한(kcv76@hanmail.net)

접수일 10년 11월 23일

수정일 (1차 10년 12월 30, 2차 11년 02월 07일)

게재확정일 11년 08월 11일

1. 서론

기존 에너지 시스템의 효율 및 친환경성 재고와 함께 태양열, 풍력, 지열, 연료전지 등과 같은 신재생 에너지 시스템에 대한 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 이러한 관점에서 가스터빈과 배열회수보일러 그리고 증기 터빈을 이용하여 열과 전기를 동시에 생산하여 공급할 수 있는 열병합발전 시스템은 지역난방의 열원 및 전력을 동시에 공급할 수 있어 에너지 이용 효율을 높일 수 있는 에너지 시스템이다. 또한 이 시스템은 천연가스 등의 청정 연료를 사용함으로써 배기가스의 오염 물질을 줄일 수 있는 친환경적인 발전 설비로, 기술 수준 및 시스템의 신뢰성에 대한 검증이 이루어져 연료 전지 및 기타 신재생에너지 시스템보다 전 세계적으로 그 활용도가 높다. 현재 국내 및 해외에서도 기존의 석탄 화력 발전소를 대체하는 가스터빈 열병합 발전소의 실제 설치 및 설계 사례가 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 대한 연구로 열회수가 우수한 3중압 배열회수시스템에 연구도 활발히 이루어지고 있다[1-3].

또한 Thermoflex 프로그램을 이용한 연구들은 태양열 발전 시스템등에 널리 사용되고 있다[4].

열병합발전은 가스터빈의 브레이튼 사이클과 그 배기열을 열원으로 하는 랭킨 사이클의 하부 사이클로 구성된다. 가스터빈에서 전력을 생산하고 배기되는 가스는 다시 배기열을 회수하는 배열회수보일러라는 열교환기를 이용하여 증기를 생산하고, 생산된 증기를 증기 터빈을 통하여 팽창시켜 추가적인 전력을 생산한다. 이러한 열병합발전소는 설치지역의 수용가의 열수요 조건에 따라 발전 부하 중심의 설계나 난방 열원 부하의 중심의 설계를 해야 하며, 수용가의 요구 조건을 충족시킬 수 있도록 적절한 시스템의 설계가 필요하다. 이를 위해 배열회수보일러, 가스터빈, 증기터빈 등의 구성품을 기본으로 하여 복수, 배압, 추가-복수, 추가-배압 형식 등의 다양한 하부 시스템의 설계가 가능하다.

본 연구에서는 실제 현장에서 요구하는 전력 및 난방 열원 공급 조건을 기반으로 성능 보증조건하에서 최적 시스템을 설계하고, 겨울철 외기 조건(온도, 습도) 변화시의 수용가에서 필요로 하는 전력 및 열원 공급 조건을 만족하는 최적 조건을 찾기 위하여 성능보증조건하에서 시스템 설계 후 Off Design(탈설계)하여 겨울철 외기 온도 및 습도변화에 따른 부분부하 성능 해석을 하였다.

2. 시스템구성

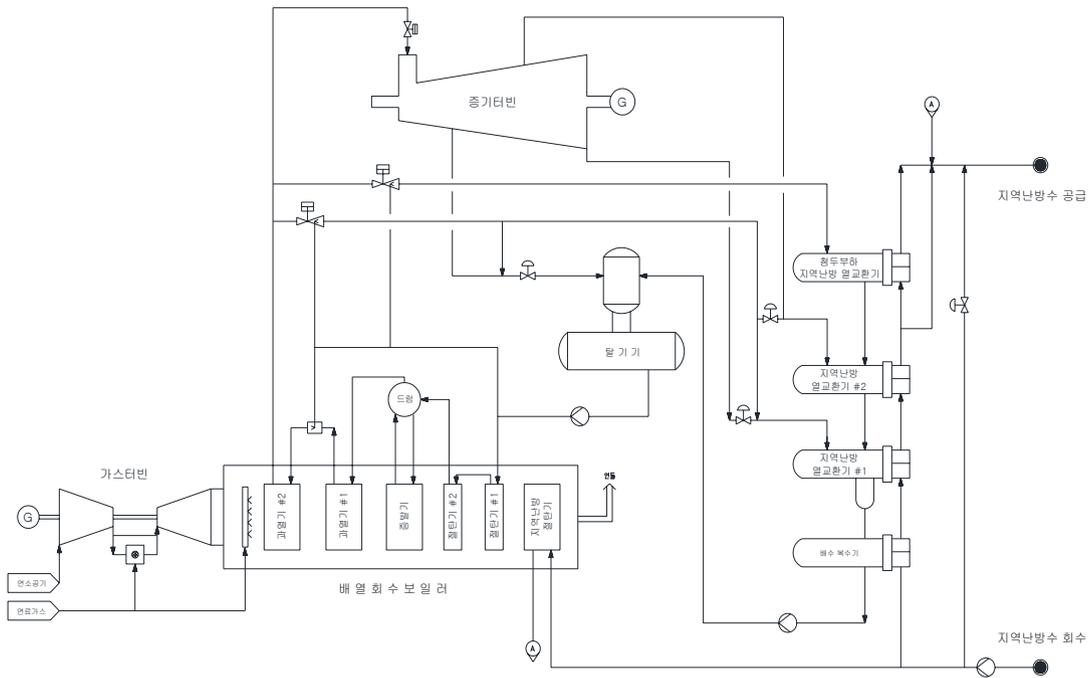
[표 1] 시스템 설계 조건

[Table 1] System Design Conditions

Description	성능보증조건	#1	#2	#3	#4
외기 조건					
1) 온도 [°C]	1.77	-5	-10	-15	-20
2) 상대 습도 [%]	85.6	90	90	85.6	90
열부하 [MW]		116			
순 발전효율 [%]		over 85			
전열비 [%]		over 95			
1) 공급		130			
2) 회수		70			
연료 저위 발열량 [kJ/kg]		49,151			

2.1 시스템 설계조건

열병합발전시스템은 가스터빈에서 1차적으로 전력을 생산하고, 그 배기열을 이용하여 하부 사이클의 증기터빈에서 추가적인 전력과 난방을 위한 열원을 생산하는 시스템이다. 이러한 열병합 발전시스템은 설치 및 수요 조건에 따라서 다양한 하부 시스템의 구성이 가능한데, 본 연구에서 적용된 열병합 발전 시스템의 하부 사이클은 복수기가 없는 추가 배압 형식을 적용하여 구성하였다. 추가 배압 형식으로 구성되는 열병합 발전 시스템은 난방의 열원 공급을 주목적으로 하며 구성이 간단하고, 부하의 변동 폭이 크지 않는 경우에 적합하다. 표 1은 본 연구에서 적용한 현장에서 요구한 설계조건으로 성능보증 조건 하에서 열부하 및 효율 등에 대한 성능조건을 만족한 시스템을 설계 후 이 시스템에서 표 1의 #1~#4에 해당하는 외기조건인 경우 열부하, 효율, 전열비 등의 설계 조건을 만족해야 한다. 표 1에 나타난 바와 같이 설치 지역의 난방 특성을 고려하여, 겨울철을 기준으로 시스템을 설계하였으며, 열원은 130°C로 공급되고, 70°C로 회수되며, 전체 열량은 116 MW이다. 본 시스템은 발전 출력 추종이 아닌 열부하 추종 운전 방식으로서, 발전 출력이 아닌 열원의 공급 조건이 그 설계 기준이다. 또한 전체 시스템의 효율은 85% 이상이 되어야 하며, 공급 열원에 대한 생산 전력의 비인 전열비는 95% 이상이 되어야 한다. 가스터빈은 GE사의 모델을 적용하였으며, 가스터빈의 배기열을 회수하여 증기를 발생시키는 배열회수보일러는 증발기가 1개인 단압식을 적용하였고, 가스터빈의 모델이 제한되어 있는 상황에서 성능보증조건에서의 외기조건보다 더 낮은 조건에서 안정적인 증기 생산을 위해 가스터빈의 배기가스를 추가적으로 연소시키는 덕트버너를 배열회수보일러 입구에 적용하여 구성하였다.



[그림 1] 열병합 시스템 계략도
 [Fig. 1] Schematic diagram of CHP system

용량은 연료량 기준으로 1.865t/h 가 최대 연료량으로 제한된다.

고온의 증기와 열교환을 통하여 지역난방의 열원을 공급하기 위한 지역난방열교환기는 3기로 구성이 되면, 첨두부하 지역난방열교환기는 겨울철 난방 열 부하 최대치를 위하여 작동이 되며, 그 외의 계절에서는 첨두부하 지역난방열교환기를 제외한 2기만 작동이 된다. 이러한 지역난방열교환기의 냉각측 난방 공급수의 입출구 온도차는 30℃ 이내로 제한되며, 덕트버너의 용량 제한과 마찬가지로 이것은 경제성을 고려한 사항이다[5].

2.2 시스템 구성

본 연구에 적용된 열병합 발전 시스템은 기본적으로 가스터빈과 그 배기열을 회수하여 증기를 발생시키는 배열회수보일러와 발생된 증기로 전력을 생산하는 증기터빈, 그리고 지역난방수에 열원을 공급하기 위한 지역난방열교환기로 구성되며 앞 절에서 언급한 바와 같이 복수기가 없는 추기 배압형식이다.

그림 1은 열병합발전시스템 구성도이다. 가스터빈에서 1차적으로 전력을 생산하며, 가스터빈 배기가스는 덕트버너에서 추가 연소하여 온도를 상승시킨 후 배열회수

보일러로 유입되어 고온 고압의 증기를 생산하기 위하여 열교환을 한 후에 연돌로 배출된다. 70℃로 회수되는 난방수의 일부는 펌프에서 가압되어 지역난방열교환기 절탄기에서 고온의 가스와 열교환을 하고, 일부는 공급 난방수의 온도 조절을 위하여 증기터빈에서 추기된 증기와 열교환 후 지역난방열교환기의 난방수와 합쳐진다. 펌프에서 가압되어진 난방수는 지역난방열교환기 #1과 #2를 통과하면서 온도가 상승하며, 겨울철 첨두부하시에는 첨두부하 지역난방열교환기에서 추가적으로 열교환을 한다.

난방수와 열 교환을 하고, 전력을 발생시키기 위한 증기는 탈기에서 용존 가스를 제거한 뒤에 펌프에서 가압되어 절탄기, 증발기, 과열기를 거쳐 고온 고압의 상태가 되어 증기 터빈으로 유입되는데, 그 중 일부는 지역난방의 첨두부하시 가동되는 첨두부하 지역난방열교환기의 열원으로 공급된다. 터빈으로 유입된 증기는 터빈에서 팽창하여 전력을 생산한다. 또한 팽창 중 증기의 일부는 고압단과 중압단에서 추기되는데, 고압단에서 추기된 증기는 탈기기의 열원으로 사용되고, 중압단에서 추기된 증기는 지역난방열교환기 #2의 열원으로 사용된다. 최종 배기된 증기는 지역난방열교환기 #1의 열원으로 사용된다.

3. 해석 및 결과

3.1 설계 조건 해석 및 결과

본 논문에 적용된 열병합발전시스템의 설계 조건은 앞 절에서 언급하였다. 표 1에서 성능보증조건은 시스템 설계 조건인 최적 설계 변수를 적용하여 열평형도를 작성하기 위해 발전플랜트 설계 및 성능진단용으로 사용되는 Thermo Flow 사의 Thermoflex[5]를 사용하였다.

외기 조건은 표 1에 명기된 바와 같이 1.77℃, 상대습도 85.6 %이며, 가스터빈은 GE 사의 6111FA 모델을 사용하였으며, 출력 주파수는 50Hz 이다. 배열회수보일러의 핀치점 온도는 6.4℃이며, 지역난방열교환기의 난방수 입출구 온도차는 30℃ 이하이다.

본 논문에서 언급하는 최적 설계 변수는 성능보증조건에서 열부하, 순발전효율, 전열비 등을 만족하는 증기터빈의 용량, 배열회수보일러의 구성 등 주요 설비들의 사양결정을 의미한다.

시스템에서 시스템 총일과 순일, 공급 열량은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\dot{W}_{gross} = \dot{W}_{GT} + \dot{W}_{ST} \quad (1)$$

$$\dot{W}_{aux} = \dot{W}_{fc} + \dot{W}_p \quad (2)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_{gross} - \dot{W}_{aux} \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{net} = \dot{m}_{steam} (h_{supply} - h_{return}) \quad (4)$$

여기서, 가스터빈의 출력과 증기터빈의 출력은 발전기 출력 기준이며, 발전기 효율은 97.8 % 이다. 공급 열량은 발생 증기량과 공급된 증기의 엔탈피와 회수되는 응축수와의 차이의 곱으로 표현된다.

열병합발전 시스템의 총합 열효율은 투입된 열량에 대한 발전 출력과 공급된 열량의 비율로 표현되며, 열병합발전 시스템에서 일반적으로 발전출력에 대한 공급열량의 비율을 열전비로 표현하지만, 본 연구에서는 공급열량에 대한 발전출력의 비인 전열비로 발전 출력과 공급열량의 비율을 표현하며, 총합 열효율과 전열비는 아래와 같이 표현된다.

$$\eta_{CHP} = \frac{\dot{W}_{\neq t} + \dot{Q}_{\neq t}}{\dot{m}_{fuel} \times LHV} \quad (5)$$

$$PHR = \frac{\dot{W}_{gross}}{\dot{Q}_{\neq t}} \quad (6)$$

여기서, 총합 열효율에서 연료 유량은 가스터빈에 사용된 연료 유량과 덕트 버너에서 후연소를 위해 사용된 연료 유량의 합이다.

[표 2] 성능보증조건에서의 시스템 해석 결과

[Table 2] Design Condition Performance

가스터빈	
1) 전력량[MW]	80.395
2) 배기가스량[t/h]	782.3
3) 배기가스 온도 [℃]	586.5
덕트 버너	
1) 연료량[t/h]	1.865
배열회수보일러	
1) 가스유입량[t/h]	784.2
2) 가스유입온도[℃]	677.4
증기	
1) 유량[t/h]	155.1
2) 압력[bar]	88.08
3) 온도[℃]	523.6
증기터빈	
1) 전력량[MW]	30.318
총발전량[MW]	110.713

표 2는 설계 조건에서의 열병합발전 시스템의 주요 성능 인자를 나타낸 것이다.

1) 열부하

$$\frac{1646.2 \times (547 - 293.29)}{3600} = 116.016 \text{ MW}$$

2) 전열비

$$\frac{110.713}{116.016} = 95.43\%$$

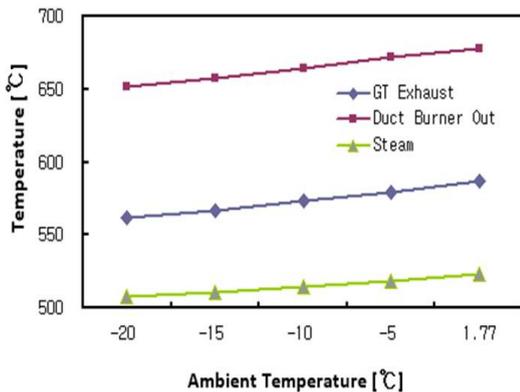
설계 외기 조건인 1.77℃에서 가스터빈 출력은 80.395 MW, 증기 터빈 출력은 30.318 MW 이며, 전체 시스템 순 일은 110.713 MW 이다. 공급 열량은 공급 온도 13 0℃, 회수 온도 70℃ 기준으로 유량 1646.2 t/h 일 때, 116 MW를 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고, 가스터빈의 배기 열량으로는 설계 요구 조건인 열부하 116 MW를 만족시킬 수 없기 때문에, 추가적으로 덕트 버너에서 연료를 연소시켜 열원을 공급 받는다. 이 때, 덕트버너에 공급되는 추가 연료량은 1.865 t/h 이며, 이 값은 설계 최대 제한 조건으로, 부분 부하 시에도 덕트버너의 공급 열

량은 이 값으로 제한된다. 배열회수 증기발생 장치의 핀치점 온도차는 6.4℃이며, 증기생산량은 155.1 t/h, 압력은 88.08 bara 이고 과열기 출구에서 증기 온도는 523.6℃ 이다. 배열회수 증기발생 장치에서 생산된 증기는 과열 저감기를 거쳐 155.3t/h의 유량으로 터빈과 첨두부하 지역난방열교환기의 열원으로 공급된다. 이 중 7.3 t/h는 첨두부하 지역난방열교환기의 열원으로 공급되며, 나머지 148 t/h는 터빈 입구로 유입된다. 이 때, 터빈 입구에서 증기의 상태는 손실을 고려하여, 압력은 85.75 bara, 온도는 520.1℃로 나타났다. 상기와 같은 설계 조건에서 전체 시스템 출력은 110.713MW, 열 공급량은 116.016MW 열병합발전 효율은 87.58%, 전열비는 95.43%로 나타났다.

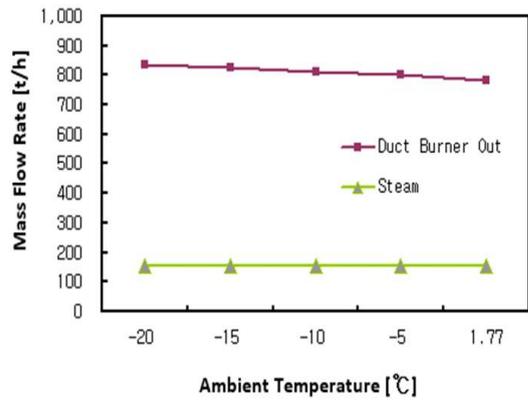
3.2 외기조건 변화에 대한 성능해석 및 결과

겨울철 외기조건 변화 시의 시스템 성능 해석은 앞 절에서 수행한 설계 조건을 기준으로 하여 프로그램 상의 부분부하 해석 모드에서 장치를 고정하였으며, 가스터빈 및 증기터빈, 배열회수 증기발생 장치의 부분 부하 해석은 각 외기 온도 조건에 대한 업체의 성능 자료를 사용하여 입력하였다. 이러한 부분부하 모델링을 바탕으로 #1~#4(-20, -15, -10, -5℃)의 외기조건에 대하여 부분 부하 성능을 해석하였다.

그림 2와 그림 3은 각 외기조건 변화에 대한 배기 가스의 온도와 유량, 그리고 생산되는 증기의 온도와 유량을 나타낸 것이다. 외기 온도가 감소할수록 가스터빈으로 유입되는 공기의 밀도가 증가하여 가스터빈의 배기가스 유량은 증가하지만, 터빈 배기가스의 온도는 감소한다.



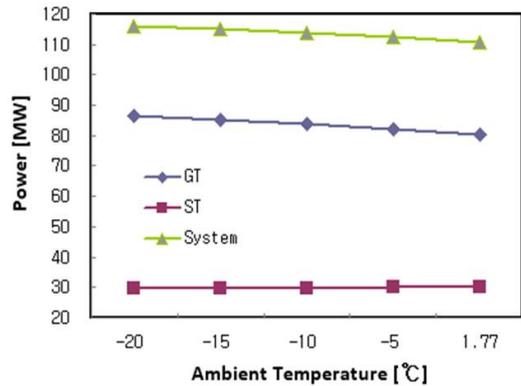
[그림 2] 외기온도 변화에 대한 온도변화
[Fig. 2] Temperature variation



[그림 3] 외기온도 변화에 대한 유량변화
[Fig. 3] Mass flow rate variation

또한 덕트 버너의 추가 연료량은 1.865 t/h로 각 조건에 대하여 동일하기 때문에, 배열회수 증기 발생장치로 최종 유입되는 배기가스의 온도와 유량은 가스터빈의 배기가스의 경향과 동일하다.

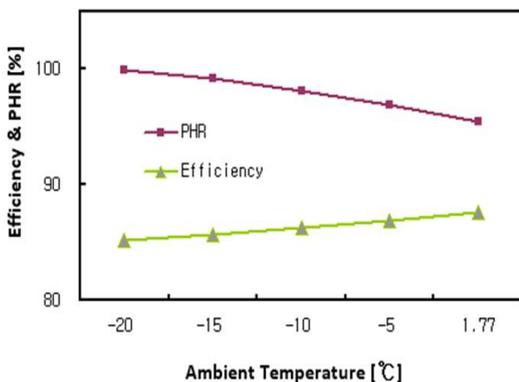
이러한 배기가스의 열원을 회수하여 생산되는 증기의 양은 외기 조건의 변화와 관계없이 155.2 t/h로 거의 동일한 양을 나타내었는데, 증발기의 드럼에서 발생하는 증기의 증발 온도와 배기가스와의 온도차인 핀치점 온도가 6.4℃로 각 외기조건에서도 동일하기 때문이다. 그러나 배열회수보일러 출구에서 과열증기의 온도는 외기 온도가 감소할수록 감소하는 경향을 나타내었다.



[그림 4] 외기온도 변화에 대한 출력변화
[Fig. 4] Power variation

그림 4는 각 외기 온도 조건에 대한 출력의 변화를 나타낸 것이다. 가스터빈의 출력은 외기 온도가 감소함에 따라서, 입구 공기의 밀도의 증가로 인하여 유량이 증가하며, 이에 따라서 출력도 증가하는 경향을 나타낸다. 그

러나 이와는 반대로 증기터빈에서의 출력은 큰 변화폭을 보이지는 않지만, 외기 온도가 감소함에 따라서 적은 양이지만 출력이 감소하는 경향을 나타내었다. 설계점에서의 증기터빈의 출력은 30.318 MW로 나타났으나, 외기 온도 -20℃ 조건에서는 29.482 MW로 약 1 MW대로 감소하는 경향을 나타낸다. 이러한 경향의 원인은 외기 온도가 감소할수록 배열회수 증기발생 장치로 유입되는 배기가스의 온도가 감소하여 생산되는 과열 증기의 온도도 감소하기 때문이다. 따라서 외기 온도가 떨어질수록 증기터빈의 입구 온도가 감소하게 되어 증기터빈에서 발생하는 출력은 감소하게 된다. 그러나 증기터빈의 출력의 변화폭이 작기 때문에 전체 시스템의 출력은 가스터빈의 출력의 증가와 함께 증가하는 경향을 보인다.



[그림 5] 시스템 효율 및 전열비의 변화
[Fig. 5] System efficiency and power

그림 5는 외기 온도 변화에 대한 전체 시스템의 효율과 전열비를 나타낸 것이다. 시스템 효율은 외기 온도가 감소할수록 점차 감소하는 경향을 보인다. 이러한 경향은 시스템 전체 출력이 증가하는 경향과는 반대를 나타내는데 시스템 출력은 증가하지만, 효율이 감소하는 이유는 가스터빈에서 사용된 연료의 유량이 증가하였기 때문에 전체 시스템에 지배적인 영향을 미치는 가스터빈의 효율이 감소하기 때문이다. 그리고 공급열량에 대한 발전 출력의 비인 전열비는 외기 온도가 감소할수록 증가하는데, 이것은 공급열량은 116 MW로 각 조건에서 동일하지만, 발전 출력은 증가하기 때문이다.

4. 결론

가스터빈과 증기터빈, 배열회수보일러가 결합되어 전

력과 열을 생산하는 열병합 발전 시스템의 설계 성능해석과 겨울철 외기 조건 변화에 대한 시스템의 성능을 해석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 가스터빈과 증기터빈, 배열회수보일러, 지역난방 열교환기를 조합한 열병합 발전시스템의 설계 해석을 통하여 요구 조건을 만족하는 시스템을 구성 (Off Design : 탈설계)한 후 외기 조건의 변화에 따라 시스템 효율 및 전열비 변화를 알 수 있었다. 수 있었다.
- (2) 외기온도 감소에 대한 부분부하 시, 가스터빈의 배기가스의 온도와 유량은 증가하지만, 핀치점에서의 온도 차이가 일정하여 증기 생산량은 설계점의 증기 생산량과 큰 차이가 없다.
- (3) 출력은 외기온도 감소에 따라서 가스터빈의 출력 증가와 함께 전체 시스템의 출력도 증가하지만, ST의 출력은 소폭 감소하는데, 이것은 배기가스의 온도가 감소하면서 생산되는 과열 증기 온도도 감소하기 때문이다.
- (4) 시스템의 효율은 외기온도 감소에 따라서 감소하는데, 이것은 전체 시스템의 출력과 효율에 지배적인 가스터빈의 연료 사용량이 증가하여, 가스터빈의 효율이 감소하기 때문이다.

References

- [1] Lee, B. R., Kim, T. S., Ro, S. T., Shin, H. T., and Jeon, Y. J., "Thermal Design Analysis of Triple-Pressure Heat Recovery Steam Generator and Steam Turbine Systems", Transactions of the KSME B, Vol. 26, No 3, pp. 507-514, 2002.
- [2] Cho, Y. B., Sohn, J. L. and Ro, S. T., "A Study for the Optimal Operating Conditions of the Gas Turbine Based Combined Cycle Cogeneration Power Plant", Transactions of the KSME B, Vol. 28, No. 12, pp. 1582-1590, 2004
- [3] Kim, J. K., "Basic Design and Dynamic Simulation of Large Scale Solar Thermal Power Plant", KSES, Vol. 27 pp. 55-61, 2007
- [4] Tractebel Engineering, Functional Specification for EPC
- [5] Thermoflow, Thermoflex ver 19, 2009
- [6] Basic Design Report for PyeongTaek Sosabul Co-Generation Power Plant.

전 용 한(Yong-Han Jeon)

[정회원]



- 2004년 2월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (석사)
- 2008년 8월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 상지영서 대학 소방안전과 교수

<관심분야>
화재, 기계공학

임 경 범(Young-Ho Seo)

[정회원]



- 2001년 2월 : 인천대학교 인천대 학원 안전공학과 (석사)
- 2007년 8월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 혜천대학 소방안전관리과 교수

<관심분야>
화재, 전기공학

김 종 윤(Jong-Yoon Kim)

[정회원]



- 2001년 2월 : 인천대학교 인천대 학원 안전공학과 (석사)
- 2007년 8월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 서정대학 소방안전관리과 교수

<관심분야>
화재, 기계공학

서 영 호(Young-Ho Seo)

[정회원]



- 2004년 2월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (석사)
- 2008년 6월 ~ 현재 : 성현아이 앤디 책임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 유한대학 겸임교수

<관심분야>
복합발전, 기계공학

김 남 진(Nam-Jin Kim)

[정회원]



- 2004년 2월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (석사)
- 2008년 8월 : 인하대학교 인하대 학원 기계공학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 제주대학 교 에너지공학과 교수

<관심분야>
에너지, 기계공학

김 기 환(Ki-Hwan Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 충북대학교 일반대 학원 안전공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 일반대 학원 안전공학과 (공학박사)
- 2004년 11월 ~ 현재 : 한국소방 안전협회 전임교수

<관심분야>
환경/화공/에너지 , 전기/전자