

**지역난방용 열병합발전 시스템에서
고압 및 저압 Turbine 용량비율의 최적화에 관한 연구**
(A Study on The Optimization of HP & LP Turbine's Capacity
for District Heating CHP Using Simulation Program)

정 경 숙* 김 철* 정 찬 교**
아주대학교 에너지학과* 수원대학교 환경공학과**

요 약

열공급 대상지역의 연간 열부하를 예측하여 분석한 후 지역난방용 열병합발전 시스템에서 스팀터빈의 고압 및 저압터빈의 용량을 변화시켜 열부하 대상지역에서 운전하였을시 가장 적은 에너지를 소비하는 고압 및 저압터빈의 용량비율을 찾아 보았다. 추기배압터빈일 경우는 각 터빈용량의 비율변화에 거의 영향을 받지 않았으며 추기복수터빈일 경우 고압터빈용량의 비율이 적을수록 동일 열부하에 대한 에너지소비량은 적게 나타났으며 발전량은 증가되었다.

1. 서론

종합 에너지 시스템으로 열병합 발전방식에 의한 지역난방은 국내의 열밀도가 높은 아파트 단지, 공단배후도시, 신도시등에 유리하게 열이용율을 높일 수 있는 방법으로서 고려되어졌다. 현재는 남서울 화력발전소를 비롯해 5개 신도시 등을 중심으로 지역난방의 보급이 확대되어 가고 있다. 열병합발전은 현재 에너지 절감과 환경 개선 차원에서 다각적인 용도로 그 건설이 증가하는 추세이다. 그러나 현재 국내의 지역난방용 열병합발전 시스템은 거의가 한전의 하절기 첨두부하를 대비한 예비전력을 고려해 설계되어졌기 때문에 효율과 이용면에서 크게 효과를 보기가 어렵다. 이러한 지역난방용 열병합 발전 시스템을 효과적으로 운전하기 위해서는 설비의 최적화가 필요하다. 본연구에서는 이러한 열병합발전 설비중 고압 및 저압터빈이 현재 75:25 와 50:50의 비율로 설계된 시스템만이 가동중이므로 이에 대한 연간 에너지 소비량의 비교와 함께 더욱 다양한 비율로 터빈설비가 운전되었을때 에너지를 얼마나 절감 할 수 있는가를 알아보기 위함이다.

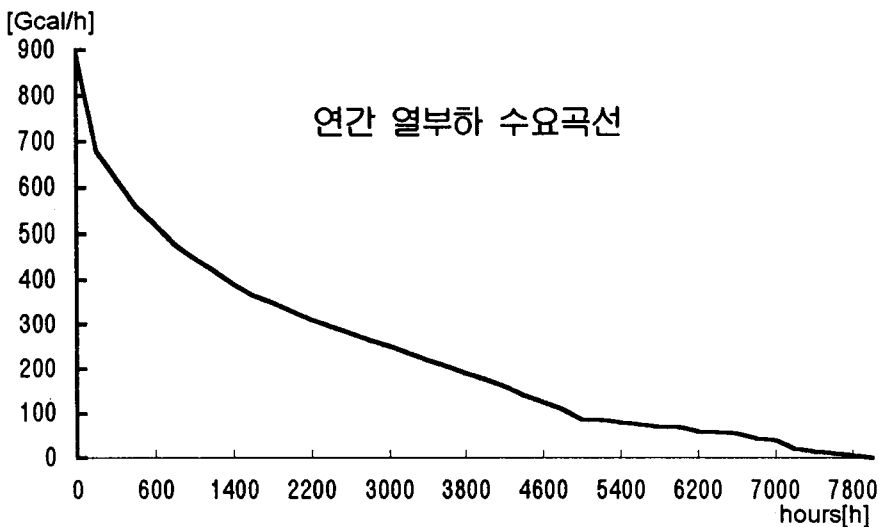
지역난방용 열병합 발전시스템의 용량을 결정하는 것은 열공급 대상지역의 최대

열부하이다. 우리나라 열부하는 계절별로 변동이 크고 대상지역의 연간 열부하를 예측하여 최대 열부하를 구하여야 하며, 최대열부하는 열병합발전 시스템의 각 설비용량을 결정한다. 공급대상 지역의 연간 열부하를 예측하여 연간 열부하 수요곡선을 만들고 열병합발전 설비중 고압 및 저압 터빈의 비율을 변화시켜 동일 열부하를 적용시켰을때 변화된 입열량을 관찰하는 것이다. 결국 본 연구는 이러한 입열량의 변화중 에너지를 가장 적게 소비하는 최적점을 찾고 또 어느정도로 1차 에너지를 절약할 수 있는지를 가늠해 보기 위해서 다양한 비율의 고압 및 저압터빈용량으로 연간열부하를 컴퓨터 프로그램을 통해 운전해 보는 것이다. 운전결과에 의해 도출되는 연간 입열량을 근거로 1차 에너지의 소비량을 각 터빈용량비율의 변화마다 산출하며 이에 따른 경제성 평가결과를 근거로 최적의 고압 및 저압터빈용량의 비율을 제시하고자 한다.

2. 열부하 분석과 열추가 소비지수 이론

2-1. 열부하 예측과 분석

증기 열병합발전 시스템의 모델을 B지역의 열병합 발전 시스템으로 하였으므로 열공급대상 지역도 B지역이 된다. B지역은 2001년이 입주 완료가 되므로 열병합발전 시스템의 용량은 이시기의 최대 열부하를 기준으로 설계되어 있다. 그해를 기준으로 예측한 열부하는 [그림1]과 같다.



[그림1] 연간 열부하 수요곡선

이러한 열부하의 예측방법은 다음과 같다.

* 열부하산정방식

$$\text{연결열부하} = \text{단위 열부하} \times \text{난방면적}$$

$$\text{공급최대 열부하} = \text{연결열부하} \times \text{동시부하율 (0.8)} \times \text{수송손실율 (104\%)}$$

이 연간 열부하 누적 곡선은 각 운전모드 별로 나누어 질수 있으며 연구하고자 하는 부분은 증기 터빈이 감당하는 열부하 이므로 430 ~ 160Gcal이다. 연구 대상부하의 각 점을 고려하는 것은 본 연구목적의 필요이상으로 많은 시간이 소요되므로 계단식 열부하수요곡선을 이용하였다. 외기온도와 열부하간에는 선형관계가 성립되므로 외기온도 2℃ 간격으로 일정한 평균 열부하를 산출하여 적용하였으며, 각 열부하에 대한 연간 운전시간을 이용하여 분석하였다.

2-2. 열추가 소비지수

열추가소비지수(Additional Heat Expenditure Ratio)

열추가 소비(AHE) : 증기 열병합 발전에 의한 전기 및 열발생과 이를 각각 발생시킬 경우 필요한 입열량의 차

$$AHE = Q_{cog}(P, Q_H) - Q_{cond}(P) \quad \dots\dots\dots ①$$

열추가소비지수 (b_{AHE})

$$b_{AHE} = \frac{AHE}{Q_H} \quad \dots\dots\dots ②$$

일정기간(연간 또는 작동기간) 축적된 열추가소비량

$$\sum_{t=1}^n AHE = \sum_{t=1}^n Q_{cog}(P, Q_H) - Q_{cond}(P) \quad \dots\dots\dots ③$$

열병합 발전에 의한 연간 1차 에너지 절약량 ΔH

$$\Delta H = \sum_{t=1}^n Q_H - \sum_{t=1}^n AHE \quad \dots\dots\dots ④$$

3. SIMULATION 결과분석

3-1. 프로그램 구성

대상 발전 시스템의 회로도 및 각 관의 열역학적 상태, 설계조건하의 회로도 설계용량 자료를 입력 데이터로 하며 이 입력데이터가 각 모듈들에 의해 비선형방정식에서 선형 방정식으로 바뀌어 각 미지수를 구한뒤 입열량과 열추가 소비량을 구하

게 된다.

3-2. 추기배압터빈운전 SIMULATION

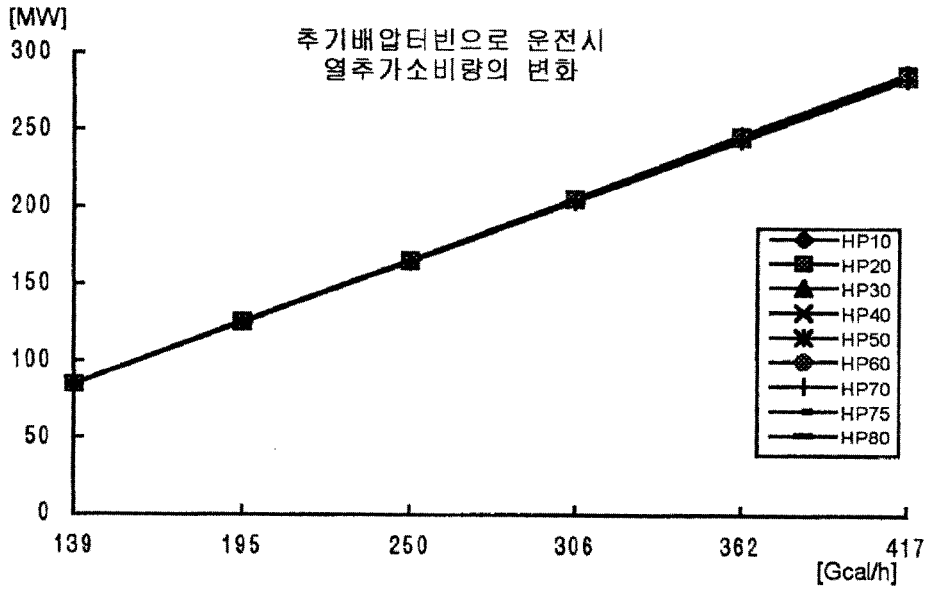
추기배압터빈은 보일러에서 발생하는 증기유량이 조절되어지므로 열부하가 증가함에 따라 입열량도 증가되어진다. 열추가 소비량도 열부하의 증가에 따라 증가되어지나 각 터빈용량의 비율변화에는 영향을 받지 않았다. 즉, 이것은 터빈용량의 비율변화에 따른 에너지의 절감의 증감은 거의 없음을 알수 있었다.

3-3. 추기 복수터빈 운전 SIMULATION

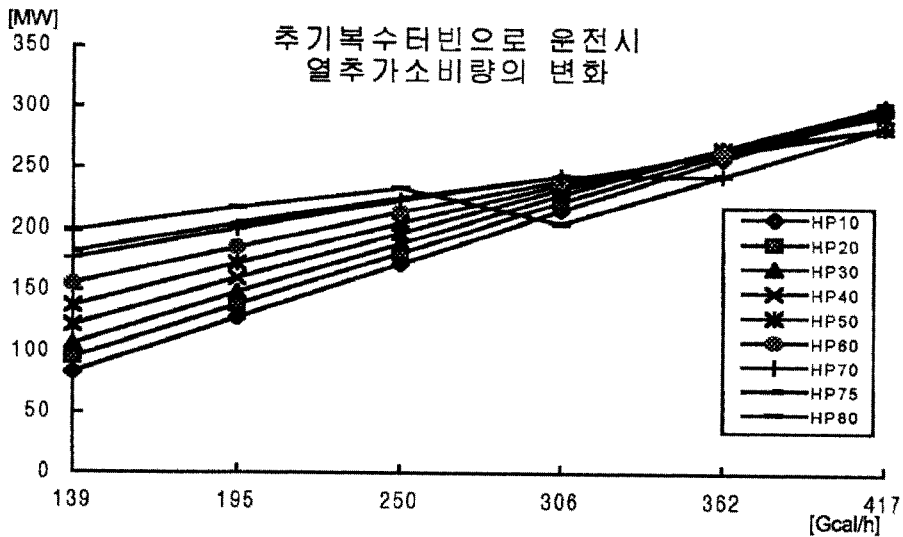
고압터빈에서 저압터빈으로 연결된 관 사이에 유량을 제어하는 밸브를 작동시켜 열부하를 만족시키고 남은 유량을 저압터빈으로 보내 전력을 발생시키는 방식이다. 추기복수터빈 방식은 보일러에서 발생된 증기량이 일정하므로 같은 용량의 터빈이면 열부하가 변해도 입열량은 같다. 추기복수터빈으로 운전할 경우 고압터빈의 비율이 낮을수록 열추가 소비량이 더욱 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 고압터빈용량의 비율이 적을수록 에너지를 절감할 수 있음을 알 수 있었으나 입열량의 경우는 고압터빈용량의 비율이 적을수록 증가하므로 열추가소비량과 입열량 사이의 관계에서 최대로 에너지를 절감할 수 있는 점을 찾을 수 있었다.

4.참고문헌

1. Contract for Bundang Combined Heat and Power Plant (volume2). Korea Electric Power Corporation and ABB Power Generation Ltd.
2. 열원설비 공정설계 및 운전모드. -한국지역난방공사- 1991. 4.
3. 지역난방 기술자료 (I) -한국지역난방공사- 1990. 5
4. 지역난방 열사용시설 운영관리 방법 -한국지역난방공사- 1993. 9
5. 지역난방 시스템의 활성화 방안 및 LNG 이용의 경제성에 관한 연구 -한국동력자원 연구소- 1992. 4
6. 열공급 시설의 기술기준 연구 -한국동력자원 연구소- 1982. 12
7. 열병합발전 및 지역난방 장기개발 계획 -동력자원부- 1979. 12



[그림2] 열추가소비량1



[그림3] 열추가소비량2