

열추가소비지수를 이용한 증기 열병합발전의 평가

The Assessment of steam cogeneration using Additional heat expenditure

정 찬교

수원대학교 환경공학과

1. 새로운 평가기준의 필요성

일반적으로 전기와 열을 각각 생산하는 경우보다 이 두 종류의 에너지를 열병합발전에 의하여 동시 생산할 경우 난방용 또는 산업용 열중 대부분의 Anergie를 전기생산으로 인한 폐열을 이용하므로 1차 에너지를 더욱 집중적으로 활용할 수 있다.

1차 에너지의 효율적인 활용방안과 환경오염방지대책의 일환으로 열병합발전과 지역난방이 국내뿐만 아니라 1차 에너지의 일부 또는 전부를 수입에 의존하고 있는 선진국에서도 점차 대두되고 있는 한편 열병합발전 시스템의 효율과 에너지 절약효과의 평가기준으로 사용되고 있는 전력평가지수나 열전비등은 각종 열병합발전 시스템의 종류에 따라 일반적으로 적용하지 못하고 특정 시스템에 한하여 적용하고 있다.

증기를 열매체로 사용하는 열병합발전 시스템중 복수기, 저압터빈등을 필요로 하지 않는 관계로 투자비용이 비교적 적으며 열출력에 비례한 일정량의 전력을 생산하는 배압터빈 시스템일 경우 전력평가지수 ($n=P/Q_H$)는 이에 상응하는 배압터빈 시스템간의 에너지절약효과를 잘 나타내 주고 있으나, 배압 및 복수터빈 조합식이나 추기복수터빈 시스템의 경우에는 일정한 열출력에 따라 열출력 제어밸브(overflow valve)나 발생증기량으로 일정범위내 전기출력을 조절할 수 있는 관계로 정격부하운전시에만 평가기준으로서의 가치가 있다고 볼 수 있다. 그러나 실제적으로 운영상에서는 정격부하운전시에 비하여 부분부하운전시간이 월등히 긴 관계로 이와 같이 정격부하조건으로 만으로의 시스템평가는 총체적인 평가로서의 타당성에 다소 문제가 있다.

이와 같이 일정한 조건하에서 또는 일정한 시스템간의 비교치로서만 사용될 수 있는 전력평가지수를 경제성계산에 고려할 경우 실제보다 높은 경제성을 나타내는 위험성이 따른다. 열병합발전소의 설계, 복수발전소를 열병합발전소로 개조시 또는 열병합발전 운전상태의 연구등은 기술적인 측면과 경제적인 측면이 병행되어 종합적으로 평가되어야 하므로 정격부하조건뿐만 아니라 부분부하조건을 고려하는 한편 모든 열병합발전 시스템에 무관하게 일반적으로 사용될 수 있는 새로운 평가기준의 선정이 필요하다.

2. 열추가소비지수 (ba_{HE})

증기 열병합발전 시스템의 효율과 1차 에너지 절약효과를 일반적으로 시스템종류에 무관하게 비교, 평가하기에는 에너지종류에 무관한 입열량으로 구성된 열추가소비량이나 열추가소비지수가 적합한 척도이다.

1) 수원대학교 공과대학 환경공학과 조교수

열추가소비량 AHE 는 증기열병합발전에 의한 전기 및 열발생과 이를 각각 발생시킬 경우 필요한 입열량의 차이로 산정된다.

$$AHE = Q_{Cog}(P, Q_H) - Q_{Cond}(P) \quad (1)$$

열추가소비량은 열병합발전에 의한 전기출력 P 와 전기와 열을 각각 발생시킬 경우 일반복수발전에 의한 전기출력 P 의 동일성과 열병합발전시 발생하는 열출력 Q_H 와 필요한 열부하와 동일한 전제조건하에서 열병합발전시의 입열량 Q_{Cog} 과 복수발전시의 입열량 Q_{Cond} 의 차이로 산정되므로 이에 상당하는 전기출력을 생산하는 가상 복수발전 시스템의 입열량이 계산되어야 한다. 가상 복수발전 시스템은 열병합발전 시스템에 준하여 다음의 동일 설계조건으로 정격부하운전상태가 계산되며 이 결과치가 결국 유량, 기계 및 기기의 출력을 제한시키고 부분부하운전시 열병합발전 시스템의 경우와 같이 필요한 reference 값으로 사용된다.

- 발생 증기 상태
- max. 복수 전기 출력

복수발전의 입열량은 그림 (1)과 같이 전기출력과 비례하므로 부분부하중 소수의 포인트만 계산하면 입열량과 전기출력의 관계를 수식으로 표현할 수 있다.

열추가소비지수 b_{AHE} 는 다음 식과 같으며

$$b_{AHE} = \frac{AHE}{Q_H} \quad (2)$$

열부하중 위 지수에 해당하는 부분의 입열량으로 필요한 열부하를 충족시킬 수 있음을 나타내 주고 있다.

식 (1)의 열추가소비량은 일정한 전기 및 열출력에 상응하는 입열량의 차이를 나타내는 한편 경제성 계산과 직결되는 열추가소비량은 일정기간 n (연간 또는 작동기간) 축적된 입열량의 차이를 나타낸다.

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

열추가소비량은 식(1)과 같이 순간입열량의 차이로 산정되므로 전기 및 열부하의 시간별 곡선이 순간운전상태를 결정한다. 기존의 증기열병합발전소의 운전상태를 평가할 경우에는 이미 측정하여 존재하는 시간별 전기 및 열부하에 의하여 열추가소비량을 산정할 수 있으나, 설계 또는 개조 예정시에는 주변 조건에 적합한 열병합발전 시스템 종류를 예상부하에 의하여 산정, 비교하므로 일별 또는 외기온도별 평균부하로 열추가소비량이 산정된다. 평균부하치로 열추가소비량을 산정할 경우 계산시간을 단축시키며 일반적으로 사용되는 연간 열추가소비량은 비교적 정확히 산정된다.

열병합발전에 의한 연간 1차 에너지 절약량 ΔH 는 다음과 같이 산출된다.

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