

# 열병합발전소의 경영합리화를 위한 에너지관리진단

김 익 환 기술이사  
(주)에너지씨포트

(0343)21-9819

## 1. 서 언

국내 산업체에 열병합발전이 보급되기 시작한 것은 '60년대 경제발전 5개년 계획에 따라 공업화가 시작되면서 대규모의 섬유, 화학 공장등에서 전력의 안정적 수급목적으로 도입되었다.

국가 전력공급 사정이 안정되면서부터는 에너지 이용효율 제고차원에서 산업체와 공업단지의 열병합발전 시설은 보급대수와 단위 시설용량의 증가를 보이고 있으며 '80년대에 들어와서는 대단위 주거단지에도 열병합발전방식의 지역난방이 도입되는 등 국내에 약 70여개소(공업단지, 지역난방, 산업체 및 건물)의 열병합발전이 보급되고 있다.

열병합발전은 전술한 바와 같이 대규모 산업체와 공업단지에서 가동, 에너지를 많이 소비하고 있어 에너지관리는 매우 중요하나 열병합발전에 대한 에너지관리진단 실적은 매우 저조한 상태이다.

열병합발전의 진단특성은 절감율이 비록 적다하더라도 절감량은 매우 큰 경우가 많아 진단효과는 매우 크다 하겠다.

상당수의 열병합발전의 경우 실제운용과 최초설계 조건이 다르게 운전되어 발전효율 저하와 운영합리화에 대한 효율향상 대책이 요구되고 있다.

최근에 실시한 2개소의 열병합발전 플랜트의 정밀 에너지관리진단 사례를 설비 중심으로 문제점과 개선대책등을 소개하여 열병합발전소 운영담당자의 에너지관리 업무에 참고가 되기 바란다.

## 2. 진단 개요

열병합발전소의 에너지관리진단은 경영합리화를 위한 에너지절약의 필요성에 따라 기술용역으로 의뢰하여 진단을 실시하였으며 진단방법은 현장조사, 측정 과시험등 진단을 실시하여 자료분석과 적용가능성을 다각적으로 검토하여 개선방안을 수립한 후 현장기술진과 협의하여 최적안을 수립하였고, 자료분석과 대책수립에 따른 투자비 산출등을

감안해 진단기간을 A社 4개월, B社 2개월로 충분한 시간을 갖고 진단하였다.

진단인원은 발전소의 특성에 맞추어 기계, 전기, 계장, 환경,열관리등 각분야의 경험이 많은 전문가 6~10명과 전기집진기(Ep) 성능분석,석탄 및 ASH 시료분석 시험에 대하여는 한국에너지기술연구소에서 시험분석을 수행하였고, 경영진단은 경영지도사 2~3명이 재무분석, 경영합리화, 중장기 경영계획수립등에 대하여 진단하였다.

본고에서는 경영진단 내용을 제외한 기술적인 내용만 소개한다.

## 3. 주요 진단대상 및 내용

공업단지에 집단적으로 에너지를 공급하는 열병합발전소로 주요설비는 터빈발전기, 발전용 주보일러, 보조보일러, 열수송시설, 연료공급설비, 급수처리시설등 기타 부대시설로 구성되어 있으며, 주요 시설별 진단내용은 아래와 같다.

### 가. 발전용 주 보일러

미분탄 석탄연소(P.C) 보일러로 유연탄과 중유를 혼소 사용할 수도 있고, 석탄과 중유를 각각 사용할 수 있는 설비로 진단 당시에는 에너지 가격이 저렴한 유연탄을 사용하고 있어 한국공업규격(KSB6205)의 석탄연소 보일러 성능시험 기준에 따라 성능시험을 실시한 결과 설계제작시 정격효율 92%에 비하여 A社는 90~88%로 비교적 양호하게 운영하고 있었으나, B社의 경우는 중유연소에서 석탄연소로 전환운전하여 연소공기 밸런스가 안맞아 석탄연소의 불완전 연소가 발생되어 열효율이 84%로 저조하게 운영하고 있었으며, 주요문제점과 개선대책은 아래와 같다.

#### (1) B社의 주요문제점과 개선대책

연소용 공기가 많이 공급되고 있음에도 불완전 연소가 발생하는 것은 석탄연소는 중유연소와 달

리 버너화염(불꽃)이 길게 뻗으므로 보일러 상단에서 2차 연소가 되도록 상단측의 연소공기(TSC AIR)를 충분히 공급하여야 하나, 버너주위의 WIND BOX 쪽으로 연소공기를 많이 공급함으로써 불완전 연소가 발생되어 열효율 저조는 물론 발전용 주증기의 압력과 온도가 정격에 미달되어 발전출력이 저하되었다.

## (2) 공통적인 문제점과 개선대책 사항

ASH를 분석한 결과 미연탄소에 의한 손실이 2~2.5%로 설계기준치 보다 최고 10배나 높게 나타나 원인을 분석한 결과 사용중인 석탄의 구매관리가 미흡한 것도 한가지 요인인 것으로 분석되었다.

석탄시료를 원소 및 공업분석한 결과 연료비(고정탄소÷휘발분)가 높고, 수분이 많은 석탄을 구입하고 있으며, 수분은 구입 금액에서 기준보다 초과된 수분을 할증하여 구매하고 있어 큰 문제가 안되고 있으나, 연료비는 고정탄소가 많으면 발열량이 높으므로 휘발분이 높고 낮음에 관계없이 구입하고 있어 문제가 되었다.

연료비에서 휘발분이 낮으면 연료비가 높게 되고 연소하기가 어렵게 되어 불완전 연소 요인이 증가되므로 석탄구매시 연료비가 낮은 탄을 구매하므로써 불완전 연소에 의한 미연탄소의 열손실을 절감할 수 있을 것이다.

## 나. 터빈 발전기

증기터빈은 A社 추기배압식, B社 추기복수식 터빈으로 성능시험을 실시하기 위하여 발전소 전체의 MATERIAL & HEAT BALANCE을 작성 분석 추기증기량을 산정하여 성능을 분석한 결과는 아래표와 같이 부하율 100%에서 발전출력이 3,599kW 감소되어 열소비율 (1kWh 생산에 소요된 열량)이 930kcal로 많이 소비되어 열효율이 92.5%로 저하된 것으로 분석되었다.

### A사 터빈·발전기 성능분석 결과

| 항 목         | 단 위      | 기 준    | 분석치    | 비 고      |
|-------------|----------|--------|--------|----------|
| 출 력         | kW       | 56,707 | 53,108 | △3,599감소 |
| 1kWh당 증기소비량 | kg/kWh   | 7.05   | 7.61   | 저 조      |
| G S C 증 기   | kg/h     | 389    | 4,542  | 불 량      |
| 열 소 비 율     | kcal/kWh | 896    | 930    | 저 조      |
| 열 효 율       | %        | 96.03  | 92.50  | 저 조      |
| 부 하 율       | %        | -      | 100    | 저 조      |

주요 요인은 터빈축의 기밀불량(SEAL 마모)으로 GLAND STEAM CONDENSER (G.S.C) 증기량이 설계치보다 매우 많게 배출되고 있으며, 1단 추기 증기가 터빈에서 일을 못하고 고열량을 갖고 추기(배출)되므로써 출력 및 열효율이 저하되는 것으로 분석되었다. 좀더 정밀한 진단을 하기 위하여는 OVER HAUL시 터빈을 해체하여 진단하여야겠지만 우선적인 개선대책은 SEAL 누증부분을 수리하여 GSC 누출 증기량을 감소토록하며, 터빈 내부에 부착된 SCALE 제거와 1단추기 계통에 대한 대책등을 제작자와 협의하여 개선토록 하였다.

## 다. 발전소 시스템 및 운영

열병합 발전소는 많은 금액이 투자된 시설로 발전소의 부하율 및 가동율과 이용을 제고하는 중요하며, 부하율이 낮으면 에너지절감량(배출)이 감소되고 투자경제성이 저하하게 된다.

- B社는 열수용가의 열부하가 적어 터빈 열부하율이 50% 정도로 낮아 매출이 적어 경영에 큰 문제로 대두되고 있어 분석한 결과 최초설계시에는 인근지역에 위치한 2공단 지역에도 열공급하도록 발전용량을 선정하였으나, 시공과정에서 별도운영 법인이 설립되고 경험이 부족한 운영 요원들이 열수요조사를 제조사하여 현재와 같이 1공단 열수요만으로 충분하다고 잘못 판단하여 2공단의 열공급을 제외하였기 때문에 정확한 열수요 조사와 설계, 에너지진단등 전문가들의 업무가 매우 중요함을 인식하게 되었다.

다행히 터빈이 부하조절 기능이 있는 추기복수식이어서 복수기쪽으로 많은 량의 증기를 보내어 발전하고 있어 발전기의 부하는 80%로 운전하고 있으나, 복수손실이 많아 부하율 증대 대책을 검토한 결과 인근지역의 주정공장에 공정용 증기공급과 중앙난방식 아파트 단지에 열을 공급하는 방안에 대한 투자경제성을 검토한 결과 양호하게 나타나 현재 사업계획을 수립중에 있다.

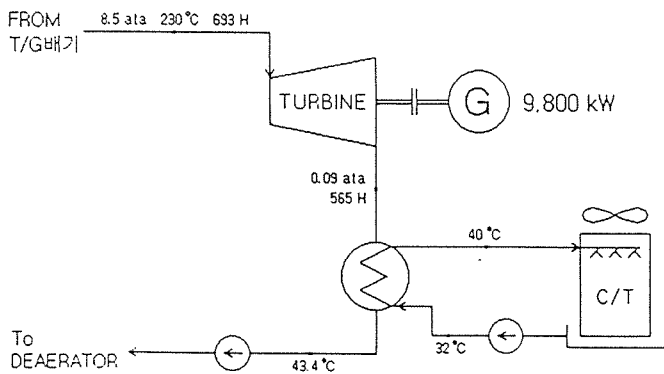
- A社 경우는 열수요가 많아 발전용 보일러와 터빈발전기는 부하율이 높게 운전하고 있으며, 동절기에는 보조보일러 및 피크보일러가 상시로 가동하고 주야간의 부하변화가 많아 대용량(240t/h)의 피크보일러가 단속가동하고 있으며, 하절기에는 보조보일러만 가동하나 주야간의 부하변화가 커야간에는 저부하 및 단속가동에 의한 소내소비 동

력 증가와 열효율이 저하되고 있다.

- 주야간의 부하변화를 저압 복수터빈 발전기 (9,800kW)를 설치하여 부하를 조절하는 방안이 있으며, 하절기 저부하시에 복수터빈을 가동하여 발전전력을 증대할 수 있어 발전소 SYSTEM의 안정적 운영에 기여할 수 있겠다.

복수터빈 용량 선정은 부하분석 결과 하절기 부하는 80%로 평균부하에 대한 편차는 약 70t/h이 되어 복수터빈의 용량으로 선정하고 증기열량이 높고 발전조건이 양호한 MAIN TURBINE 배증기를 복수터빈에 공급하는 발전 SYSTEM은 아래 그림과 같이 구성된다.

복수터빈 발전 시스템

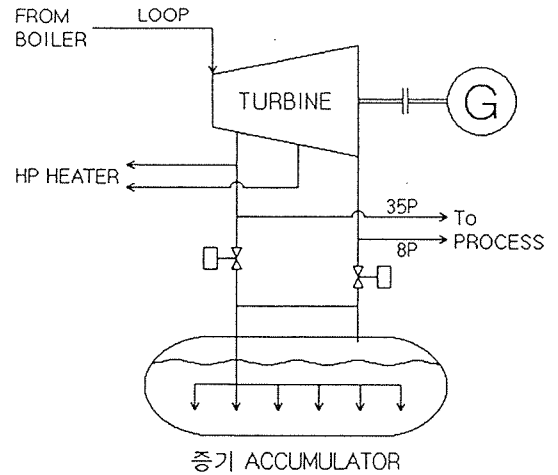


- 복수터빈의 특징은 배압을 최대한 낮추므로서 터빈의 출력 증대로 전력을 많이 발생할 수 있으나, 배증기를 복수기에서 냉각수로 응축하여 폐기시키므로서 열효율이 떨어진다.

이와 같이 복수터빈은 부하변화에 대하여 안정 운전으로 운전효율 향상과 발전을 증대할 수 있는 방식으로 투자경제성을 검토한 결과 예상시설 투자비를 60억원으로 산정시 투자회수기간이 4년 이내로 경제성이 충분한 것으로 나타났다.

- 또한 짧은 시간내에 부하변화에 대한 부하조절을 저부하시 축열하고 부하증가시 증기를 공급하는 공기축열 조절장치(STEAM ACCUMULATOR)가 있다.

STEAM ACCUMULATOR는 TURBINE 1차 추기단의 증압 증기를 저부하시에 축열하여 부하증가시 저압 8.5kg/cm<sup>2</sup>로 재증발하여 증기를 공급하므로써 부하변화를 흡수하여 안정적인 운전을 도모할 수 있어 보일러 및 발전시스템에서 열효율을 2~3% 정도 향상을 기할 수 있으며, 시스템은 아래 그림과 같다.



- 또한 하절기 저부하에 대한 열수요 증대방안은 전자, 제약등 하절기 냉방을 많이 사용하는 열수용가로 하여금 증기흡수식 냉동기로 대체하여 고가의 전기에너지 비용을 절감할 수 있고, 하절기 부하증대로 매출증대와 안정적 운전을 기할 수 있으며, 국가적으로는 하절기 전기 수요관리로 전원시설투자 감소효과를 얻을 수 있어 냉방가능한 수용가를 조사분석한 결과 8개 수용가에서 2,850RT의 냉동기가 대체 가능하여 투자경제성이 있는 것으로 분석되었다.

### 3. 결 언

경영합리화를 위한 에너지관리진단은 생산성향상 및 원가절감 방안 제시로 결론지어진다 하겠다.

#### 가. 에너지 생산효율의 향상

- ① 보일러 효율 제고
- ② 터빈발전기 효율 제고
- ③ 소내용 증기·전기 감소
- ④ 연료 및 연소관리의 합리화
  - 설계시 기준연료(석탄등의 질) 사용
  - 연소축진제 사용
  - 미분탄 분쇄시설 개체설치
- ⑤ 발전소 자동제어 시스템 보완 및 기능 향상

#### 나. 설비가동을 제고로 Power yield 제고

- ① 발전용 보일러 및 발전기 가동율 92% 이상 유지
- ② 기저부하용 보일러의 정격부하 운전유지

- ③ 피크 및 예비보일러 가동억제
- ④ 설비 수명연장을 위한 사전조치  
(부식 및 침식현상 조사시험 및 TPM 도입실시)

- ② 에너지 판매가의 적절한 개선조치
- ③ 수요증대에 따른 설비증설로 매출증대 등으로 요약된다.

**다. 부하변동을 억제 및 설비용량 확보**

- ① 증기 축열조 설치로 Peak load cut-off
- ② 하절기 증기부하 제고 대책
  - 수용가 흡수식 냉동기 도입으로 증기 및 전기 추가 생산
- ③ 저압용 복수터빈 발전기 설치로 부하변동 조절 및 추가 전력 생산
- ④ 예비보일러 100t/h×1기 설치등으로 적정용량을 확보

매출증대방안은

- ① 기존시설의 보완대책

또한, 경영관리 개선방안은

- ① 조직 및 인원의 합리적 조정
- ② 인근 산업체 및 발전소와의 역할과 기능의 종합화
- ③ 재무구조 개선중 단기대책수립등으로 정량 분석을 실시하였으며, 구체적인 수치를 제시하지 못함에 대한 독자의 양해를 구하고자 한다.

에너지관리 진단에 의한 경영합리화 방안을 연차적, 구체적으로 제시하는 것이 열병합발전소 진단의 목적이 되어야 한다.

## 협회활동보고

**1. '98 정기총회 및 이사회 개최**

우리 협회의 '98 정기총회 및 이사회를 1998년 2월 6일 에너지관리공단 집단에너지사업본부 대강당에서 개최하였으며 17개사 대표 20명이 참가하였다. 의결안건 및 토의내용을 회의록으로 작성하고 협회 임원의 서명, 날인을 받아 각 회원사에 통지하고 통상산업부에 보고하였다.(세부내용: 본지 1p 참조)

**2. 통상산업부(현 산업자원부) 전력심의관 초청 조찬 간담회**

협회 회장(이기성:에너지관리공단 이사장)의 주선으로 통상산업부 전력심의관을 초청하고 협회임원이 참가한 조찬간담회를 1998년 2월 13일에 서울 캐피탈호텔에서 개최하여 회원사들의 어려움과 역송전전력요금 현실화등을 논의하였다.(세부내용: 본지 2p 참조)

**3. 석탄재 재활용 장기계획(1998-2002년) 관련 의견 조사**

환경부의 시안에 대한 관련업체의 의견을 조사하고 이를 종합하여 유료 국유지사용제한 완화, 관련 자금지원등 의견을 제출하였다. 또한, 열병합발전

업체의 1997년도 석탄재 재활용실적 및 1998년도 재활용계획을 조사하여 통상산업부 및 환경부에 보고하였다. 석탄재 재활용 관련기관은 한국전력공사와 우리협회가 지정되어 있다.

**4. 기업경쟁력 확보를 위한 규제완화 건의**

'98 정기총회시 회원사의 요구사항과 토의된 내용을 종합검토하여 조찬간담회를 거쳐 통상산업부 전력정책과에 정식공문으로 건의하였다.(1998.2.24)

**5. 한국전력공사로 역송전하는 전력요금제도 개선추진**

정부의 협조하에 에너지관리공단 관련부서(집단에너지부)와 한국전력공사 관련부서(영업처)가 주관하여 역송전 전력요금제도 개선에 관한 검토를 하고 있으며 협회는 에너지관리공단과 협의하여 회원사에 도움이 될수 있도록 노력하고 있다.

**6. 흥 보**

협회의 정기총회 개최내용이 주간지인 에너지경제신문과 한국에너지신문에 기사로 게재되었으며 협회의 '98년도 사업실적과 성과를 전국열병합발전 시설 보유업체에 홍보하였다.