

표준석탄화력 발전소 해수온도 상승에 따른 복수기 압력 손실 최소화 방안

안효열*, 문승재**†

*한국남동발전(주), **한양대학교 기계공학부

A Study on Minimizing of Condenser Pressure Loss according to the Temperature Rise of the Seawater for Korean Standard Coal-fired Power Plants

Hyo-Yoel An*, Seung-Jae Moon**†

*Korea South-East Power Co., Jinju 660-031, Korea

**School of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received May 13, 2015; Revised June 4, 2015)

초 록 : 손실비용을 고려하여 발전소 효율에 큰 영향을 미치는 복수기의 운전 관리 방안을 연구하였다. 2013년 S발전소의 해수온도는 복수기 압력과 뚜렷한 상관관계를 보였으며, 해수온도가 변화함에 따라 복수기 압력은 설계 압력 38.1 mmHg 보다 -1.7~+20 mmHg의 차이로 운전되었다. 제작사에서 제시한 열소비율 보정곡선을 통해 복수기 압력 1 mmHg 증가시 1,2호기 0.0201%, 3,4호기 0.0155%의 효율 손실과 1,2호기 12,830 원/h, 3,4호기 9,832 원/h의 시간당 손실비용이 발생함을 알 수 있었다. 또한 계절별 대응운전, 설비 노후화, 예방정비 시점에 따른 손실비용의 차이를 확인하고 월별 관리범위를 설정하였다. 이를 통해 운전 관리범위 준수, 손실비용을 고려한 정비 계획 수립으로 최소 2.5억원/년(1호기, 40일 정비)의 관리적 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT : In this paper, studied condenser operating management which is affecting power plants efficiency considering the cost of poor quality. Sea water temperature and condenser pressure have clear correlation in S power plants. As the sea water temperature changes, condenser pressure changed -1.7~+20 mmHg from design condenser pressure(38.1 mmHg). Use the heat rate correction curve from manufactory company, realized that efficiency and cost of poor quality changed 0.0201%, 12,830 won/h at Unit #1,2 but 0.0155%, 9,832 won/h when condenser pressure 1 mmHg rise. Also, checked that it is changed depend on seasonal corresponding operation, plant ageing and the point of preventive maintenance like overhaul maintenance. This study said if we considered complying with management range and planning overhaul maintenance, then it could help reducing operating maintenance losses minimum 2.5 billion won per 1 year (case : Unit #1, forty days maintenance).

Key words : condenser pressure(복수기 압력), cost of poor quality(손실비용), heat rate(열소비율), control chart(관리도)

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

2013년 12월말 현재 한국의 발전설비용량은 86,969

† Corresponding author

Tel. +82-2-2220-0450; Fax +82-2-2220-4455

E-mail address: smoon@hanyang.ac.kr

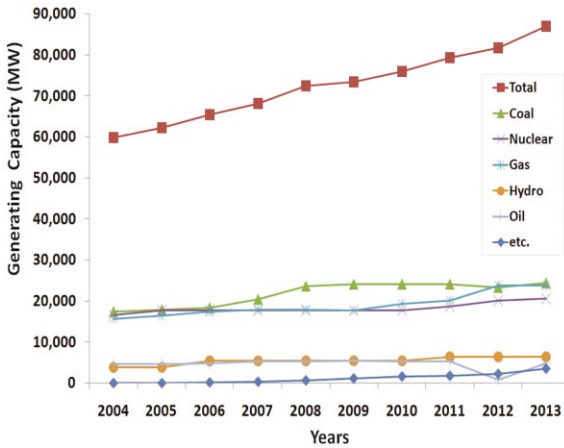


Fig. 1 Trend of installed generating capacity by source in Korea

MW로 원자력이 23.8%인 20,716 MW, 유연탄화력이 26.9%인 23,409 MW, LNG 복합화력이 27.4%인 23,790 MW, 수력 및 양수발전이 7.4%인 6,454 MW, 국내 무연탄화력이 1.3%인 1,125 MW, 기타 유류, 열병합발전 등이 13.2%인 11,475 MW를 점유하고 있다¹⁾.

Fig. 1에서 최근 10년간 발전설비 추세를 보면 전 세계적 온실가스 규제에 따른 정부의 친환경 에너지 보급 정책에 일환으로 친환경 연료인 LNG 설비용량은 증가 추세인 반면, 석탄화력 설비용량은 2008년 이후 하락세를 면치 못하고 있다. 이처럼 국내의 어려운 환경 속에서 화력 발전사들은 경쟁력 확보를 위해 발전소 성능관리를 통한 효율 향상 방안을 꾸준히 노력하고 있다. 발전소의 효율은 사용연료와 설비의 성능, 그리고 외기온도 등 주위 환경 등에 따라 많은 부분이 결정되지만, 하드웨어적인 요소 외에 운전관리를 통해 효율을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 560 MW 석탄화력 발전소 효율에 큰 영향을 주는 복수기 압력의 최근 1년간 운전데이터 분석하여, 운전관리를 통한 효율 향상 및 제작사에서 제공하는 열소비율 보정곡선을 반영한 손실비용을 계산하여 복수기 압력 손실의 최소화 방안에 대해 연구하였다. 또한 손실비용을 고려하여 최소 평균, 최소 표준편차를 적용, 3σ에 기반을 둔 월별 관리범위를 설정함으로써 설비의 이상 징후에 신속히 대처할 수 있는 기준 설정 및 실시간 프로그램 적용을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Table 1 Main specifications of Unit #1~4 (2,3)

| | Unit #1,2 | Unit #3,4 |
|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Generator output (kW) | 563,000 | 563,000 |
| Main steam pressure (kgf/cm ²) | 168.7 | 169.8 |
| Main steam temperature (°C) | 537.8 | 537.8 |
| Reheat steam pressure (kgf/cm ²) | 34.97 | 34.97 |
| Reheat steam temperature (°C) | 537.8 | 537.8 |
| Condenser pressure (mmHg) | 38.1 | 38.1 |
| Cooling water design temperature (°C) | 20 | 20 |
| Business launch date | #1 : 83. 8. 6 #2 : 84. 2. 28 | #3 : 93. 4. 30 #4 : 94. 3. 31 |

1.2 연구 방법

560 MW 석탄화력 S발전소 4개 호기를 대상으로 하였으며 상세규격은 Table 1과 같다. 운전데이터는 해당 발전소의 운전정보시스템(Plant Realtime Information Smart Manager)을 통해 저장된 출력(MW)과 복수기 압력(mmHg)의 장기적인 공정능력 파악과 데이터의 통계신뢰성 확보를 위해 1년간(2013.1.1~12.31)의 운전데이터를 분석하였다.

출력의 급감발에 따른 이상 데이터를 피하기 위해 온도와 압력변동이 없는 정상운전 출력구간의 데이터(S발전소 1~4호기 505 MW 이상)만 대상으로 분석하였다. 수집된 데이터는 엑셀프로그램과 범용 통계분석 프로그램인 미니탭을 활용하여 관리도와 상관관계 분석을 통하여 운전상태를 분석하였으며, 관리도는 자기상관관계를 최소화하기 위해 일일 4타점으로 작성하여 분석하였다.

마지막으로 제작사의 보정곡선을 적용하여 설계치(38.1 mmHg) 기준에서 복수기 압력 1 mmHg 증가시 발생하는 시간당 손실비용을 계산하고 연간 발생하는 손실비용을 반영한 복수기 압력 운전범위를 설정하였다.

2. 복수기 압력이 효율에 미치는 영향

2.1 복수기

복수기 (steam condenser)는 보일러에서 발생한 고온 고압의 증기가 가지고 있는 열에너지를 최대한 이용하기 위하여, 터빈을 통과하여 배출되는 증기를 냉각, 응축시켜 증기의 열 낙차를 증가시킴으로써 터빈의 효율을 향상시

표준석탄화력 발전소 해수온도 상승에 따른 복수기 압력 손실 최소화 방안

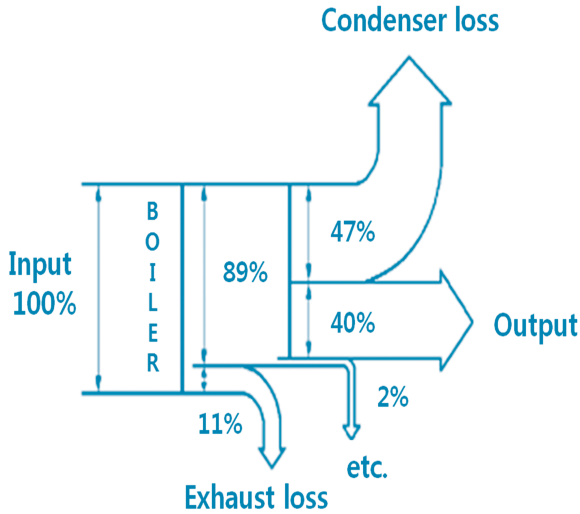


Fig. 2 Composition of loss in thermal power plants^[4]

키는 증기를 사용하고 있는 발전설비에서 매우 중요한 역할을 하는 설비이다. 터빈에서 일을 하고 나온 증기를 복수기에서 응축시키는 과정 중 냉각수에 버려지는 열손실이 터빈으로 유입되는 증기열량의 약 40~47% 정도를 차지하기 때문이다. 복수기는 증기터빈에 있어서 중요한 역할을 수행하는 설비이며, 그 성능은 열교환 능력과 복수기 운전압력에 좌우된다고 할 수 있다^[4].

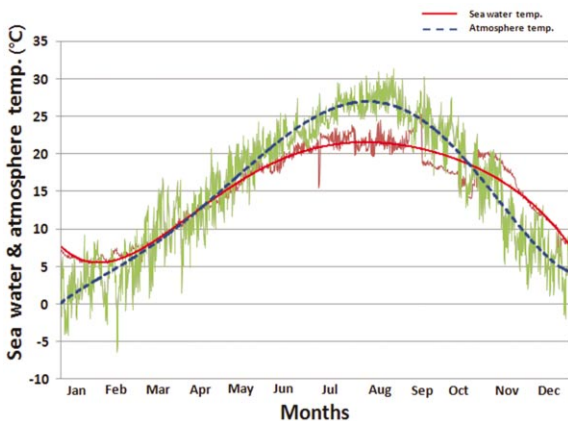


Fig. 3 Sea water & atmosphere temperature at the S power plants

2.2 복수기 압력 관리의 필요성

복수기 압력은 계절적인 영향을 많이 받는데, 복수기 압력이 설계치보다 지나치게 낮으면 터빈 날개의 침식과 진동을 유발시켜 보수비용이 증가하게 되고, 반대로 높으면 터빈 사이클에서 증기가 충분히 팽창하지 못하여 정격 출력의 미달과 터빈의 효율저하를 초래한다. Fig. 3은 S발전소의 2013년도 해수온도 및 대기온도의 추세를 나타낸 것이다. 특히 해수온도는 계절적인 특성을 명확하게 보이며, 복수기의 냉각수로 해수가 사용되고 있어 냉각온도 저하에 따른 복수기 성능저하를 고려한 대응운전이 필요함을 알 수 있다.

3. 보정곡선을 반영한 손실비용 산정

3.1 복수기 압력 - 열소비율 보정곡선

거의 대부분의 발전소에서는 각각의 증기터빈 복수기 압력의 설계치를 운전압력 기준으로 삼고 있다. 또한 설계치에서 증감되는 복수기 압력변화에 따른 터빈 열소비율 변화는 증기터빈 제작사가 제시한 복수기 압력-열소비율 보정곡선 (Condenser pressure-heat rate correction curve)을 참조하여 운전하고 있다.

이러한 설계 보정곡선은 증기터빈 제작사가 각각의 증기터빈에 있어서 열평형 (heat balance)을 산정한 후, 복수

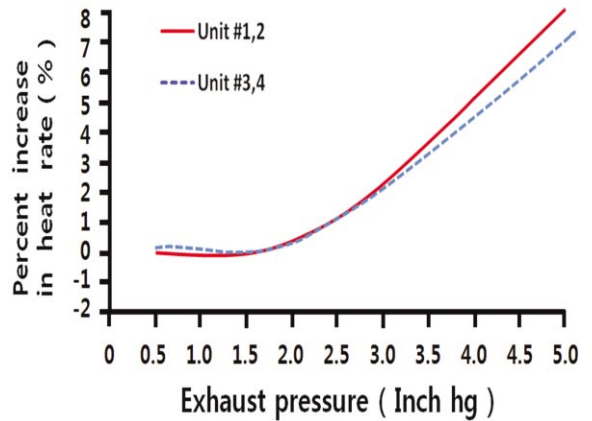


Fig. 4 Condenser pressure-heat rate correction curves (Unit #1~4 at nominal rating)

기 압력 증감에 따른 열소비율 변화를 재계산하여 도식화한 것이다. 즉, 복수기 압력 증감에 따른 배기속도(annulus velocity) 변화를 이용하여 총 배기손실을 계산하고, 여기에 저압 급수가열기의 추기유량 증감 등 열평형(heat balance) 변화를 감안하여 열소비율 증감량을 계산한 것이다. 따라서 복수기 압력 증감에 따른 열소비율은 증기터빈의 규격 및 열평형(heat balance) 설계특성에 따라 달라진다^[5].

3.2 손실비용(COPQ)

COPQ란 “Cost of Poor Quality”의 약자로서 저품질에 대한 손실비용을 의미한다. 품질비용은 크게 예방비용(preventional cost), 평가비용(appraisal cost), 저품질로 인한 손실비용(cost of poor quality)의 3가지로 구분되는데 예방비용과 평가비용은 저품질로 인한 손실비용에 비해 점유비율이 낮을 뿐만 아니라 불량예방과 품질수준의 유지를 위해 어느 정도의 지출을 감수해야 하는 비용이다. 반면에 저품질로 인한 손실비용은 공정이 잘못되어 불량이 발생하거나 또는 실제로 제품의 불량이 발생했을 때 드는 비용으로써 기업의 실질적인 관리대상은 저품질로 인한 손실비용을 의미한다^[6].

복수기 압력-열소비율 보정곡선을 반영한 복수기 압력 변화에 따른 열소비율 변화, Plant 효율변화를 알아보았다. 식(1), (2)를 참고하여 계산결과 복수기 압력이 설계치에서 1 mmHg 변화할 때 효율손실 및 손실금액(K)의 시간당 변화는 Table 2와 같았다.

$$\eta_t(\%) = \frac{860(kcal/kWh)}{HR_t(kcal/kWh)} \times 100 \quad (1)$$

여기서, η_t : 터빈열효율, HR_t : 터빈열소비율

(1 kWh = 3,600 kJ = 860 kcal, 1kcal = 4.1868kJ)

$$K = \frac{\Delta HR \times P_d(kW) \times T(h) \times C(won/kg)}{\eta_{b,d}(\%) \times H_c(kcal/kg)} \quad (2)$$

여기서, K: 손실비용, ΔHR : 열소비율변화, $\eta_{b,d}$: 보일러 설계효율,
T: 운전시간, P_d : 정격출력, C: 석탄단가, H_c : 석탄발열량

Table 2 Efficiency losses & COPQ for S power plants considering condenser pressure-correcting curve

| Design 38.1 (mmHg) | #1,2 Unit | | #3,4 Unit | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Efficiency loss(%) | COPQ (won/h) | Efficiency loss(%) | COPQ (won/h) |
| +1 | 0.0201 | 12,830 | 0.0155 | 9,832 |
| +2 | 0.0403 | 25,674 | 0.0311 | 19,672 |
| +3 | 0.0604 | 38,531 | 0.0466 | 29,520 |
| +4 | 0.0805 | 51,403 | 0.0622 | 39,376 |
| +5 | 0.1007 | 64,288 | 0.0777 | 49,240 |
| +6 | 0.1208 | 77,187 | 0.0933 | 59,112 |
| +7 | 0.1410 | 90,100 | 0.1088 | 68,993 |
| +8 | 0.1611 | 103,027 | 0.1243 | 78,882 |
| +9 | 0.1812 | 115,968 | 0.1399 | 88,779 |
| +10 | 0.2014 | 128,923 | 0.1554 | 98,684 |
| +11 | 0.2215 | 141,892 | 0.1710 | 108,598 |
| +12 | 0.2416 | 154,874 | 0.1865 | 118,519 |
| +13 | 0.2618 | 167,871 | 0.2020 | 128,449 |
| +14 | 0.2819 | 180,882 | 0.2176 | 138,387 |
| +15 | 0.3020 | 193,907 | 0.2331 | 148,334 |
| +16 | 0.3222 | 206,947 | 0.2487 | 158,288 |
| +17 | 0.3423 | 220,000 | 0.2642 | 168,251 |
| +18 | 0.3624 | 233,067 | 0.2798 | 178,223 |
| +19 | 0.3826 | 246,149 | 0.2953 | 188,202 |
| +20 | 0.4027 | 259,245 | 0.3108 | 198,190 |

4. 복수기 압력 분석결과

4.1 운전데이터 분석결과

복수기 압력은 계절에 따른 냉각수 온도 변화에 따라 크게 영향을 받는데 일반적으로 해수온도(냉각수 온도)가 높은 하절기(7~8월)에는 복수기 압력이 상승되어 정격출력의 미달과 발전소 효율저하의 문제를 겪고 있으며, 동절기(12~2월)에는 해수온도(냉각수 온도)가 지나치게 낮아져 복수기 압력이 감소하기 때문에 저압터빈 최종 단 날개의 수적 침식에 따른 정비문제 및 복수기 과냉에 따른 효율저하 문제가 우려되고 있다.

표준석탄화력 발전소 해수온도 상승에 따른 복수기 압력 손실 최소화 방안

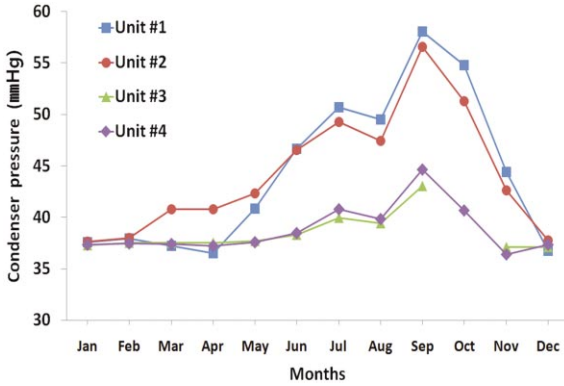


Fig. 5 Condenser pressure changes (Unit #1~4)

시험대상인 S발전소 1~4호기의 경우 해수 온도는 겨울철 최저 5.2℃에서 여름철 최고 25.3℃까지 변동하였다. 이는 설계 온도 20℃대비 +5.3~ -14.8℃의 차이를 보였고, 이에 따라 복수기 압력은 Fig. 5와 같이 변동하였다.

복수기 압력은 월평균 36.4~58.1 mmHg 범위에서 운전되었고, 이는 설계 압력 38.1 mmHg 보다 -1.7~+20 mmHg의 차이를 보이고 있다. 복수기 압력을 월별로 살펴보면, 1,2호기는 12월, 1~2월은 설계압력 보다 낮게 운전되었고, 5~11월은 설계압력 보다 높게 운전되었다. 3,4호기의 경우 11~12월, 1~5월은 설계압력 보다 낮게 운전되었고, 6~10월은 설계압력 보다 높게 운전되었다.

1년간 추세에서 보듯, 560 MW 석탄화력 발전소 설비 노후화에 따라 복수기 압력 평균이 상당한 차이가 있었으며, 유사한 설비구성으로 이루어진 호기들에서도 복수기 압력의 차이가 발생함은 운영 현황을 반영한 것으로 판단되었다.

4.2 손실비용(COPQ) 산정 결과

발전소의 저품질로 인한 손실비용은 크게 두 가지로 비정상 상태인 급격한 출력감발, 불시정지 등으로 일어난 손실과 정상운전 상태에서 출력저하에 따른 손실로 나눌 수 있다. 여기서는 운영효율 측면으로 비정상 상태의 손실금액은 제외하여 산정하였으며, 석탄단가(won/t), 석탄열량(kcal/kg), 소내전력율(%) 등 발전실적은 “2013년도 종합 경영실적 분석” 자료를 활용하여 S발전소의 평균값을 적

Table 3 Input data for calculating COPQ^[7]

| | #1,2 | #3,4 |
|-------------------------------|--------|-------|
| Generator output(MW) | 563 | 563 |
| Boiler efficiency(%) | 89.31 | 89.31 |
| Cycle efficiency(%) | 45.07 | 45.20 |
| Coal price(won/t) | 92,285 | |
| Coal calorific value(kcal/kg) | 5,558 | |
| Auxiliary power ratio(%) | 5.3 | |

용하였다. 또한 보일러, 사이클 효율은 설계값을 반영하였고 Table 3과 같다.

Fig. 6은 월별 손실비용을 호기별로 나타내었으며, 손실비용은 설계치 초과 시 효율이 증가하는 경우에는 장기적인 운영측면에서 기기열화에 따른 설비손상 또는 수명감소 등을 고려하여 이득금액으로 환산하지 않고 0원으로 처리하였다. 계산결과 호기별 연간 손실비용은 1호기 737,340,825원, 2호기 704,516,749원, 3호기 59,865,686원, 4호기 100,550,095원으로 설비 구성이 유사한 호기(1, 2호기)에서도 복수기 압력 운전관리로 약 3천 4백만원의 손실비용 차이가 발생하였으며, 10월에 계획에 방정비가 있었던 3호기가 4호기보다 약 4천만원이 적은 손실비용을 발생함을 알 수 있었다.

각 호기별로 계절적 대응운전, 설비 노후화, 계획예방정비 시점에 따라 손실금액의 차이를 보였으며, 특히 동절기에는 복수기 압력 설계치를 잘 준수하고 있었다. 하지만 하절기에는 해수온도 상승에 따라 대응운전에 한계가 있었으며, 설비 노후화가 클수록 손실금액은 증가함을 알 수 있었다.

향후 손실비용을 한다면 예방정비를 계획할 때 전체 손실비용의 40~65%를 차지하고, 운전관리가 현실적으로 한계가 있는 9~10월에 하는 것이 12월, 1~5월에 하는 것보다 손실비용을 최소화 할 수 있을 것이다.

또한 계통의 운영상 피할 수 없이 상반기에 예방정비를 계획해야 한다면 발전회사는 지역별로 해수온도의 차이를 고려하여 보유 설비들의 대응운전 가능여부와 설비별 손실비용을 고려하여 예방정비 계획을 세워야 할 것으로 판단되었다. 이를 통해, 최소 2.5억원/년(1호기, 40일 정비)의 관리적 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

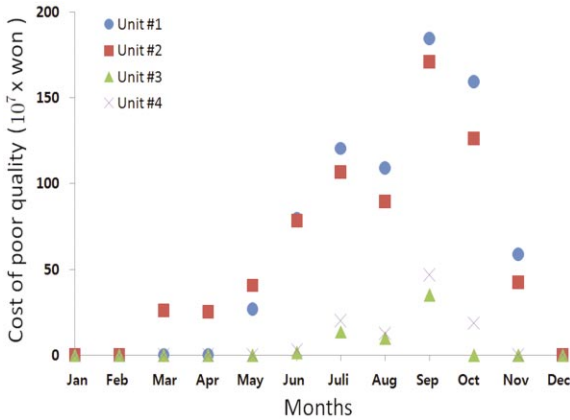


Fig. 6 Monthly COPQ of Unit #1~4 (2013)

4.3 복수기 압력 운전 범위 설정

터빈 효율에 영향을 주요 운전변수인 복수기 압력은 계절적인 영향을 받아 운전 관리범위 설정 시 1년 평균값 적용이 불가능하다. 즉, 월별로 관리 범위를 설정하여야 한다. 4.2절에서 보듯 손실비용은 복수기 압력에 비례하므로, 손실비용을 고려한다면 저진공 시 최소 평균값과 최소 표준편차를 적용하여 슈하르트가 제안한 3σ 관리한계선에 기초를 둔 관리도로 관리범위를 설정하였다. 또한 설비구

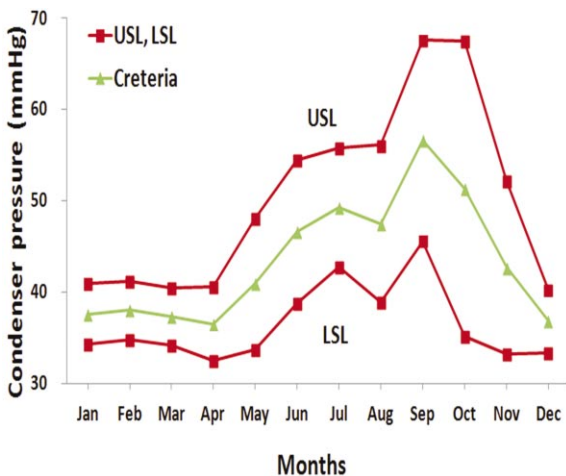


Fig. 7 Monthly condenser pressure criteria of Unit #1~2

Table 4 Condenser pressure Monthly changes (2013)

[unit : mmHg, except σ]

| 2013 year | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Total Avg. | |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------|
| #1 | Avg. | 37.6 | 38.0 | 37.3 | 36.5 | 40.9 | 46.7 | 50.7 | 49.5 | 58.1 | 54.8 | 44.4 | 36.8 | 44.3 |
| | σ | 1.42 | 1.06 | 1.06 | 2.31 | 2.40 | 2.64 | 2.44 | 2.87 | 3.67 | 5.68 | 3.77 | 1.29 | 2.55 |
| | Max | 41.3 | 42.2 | 39.9 | 49.4 | 46.8 | 52.6 | 57.6 | 58.8 | 64.4 | 70.5 | 48.2 | 41.5 | 51.1 |
| | Min | 28.2 | 34.3 | 34.1 | 33.8 | 36.9 | 40.9 | 45.0 | 43.6 | 48.8 | 44.7 | 35.3 | 34.9 | 38.4 |
| #2 | Avg. | 37.7 | 38.1 | 40.8 | 40.8 | 42.4 | 46.6 | 49.3 | 47.5 | 56.6 | 51.3 | 42.7 | 37.8 | 44.3 |
| | σ | 1.11 | 1.20 | 1.35 | 1.35 | 2.73 | 2.62 | 2.17 | 3.04 | 4.14 | 5.40 | 3.17 | 1.15 | 2.45 |
| | Max | 40.3 | 40.8 | 44.7 | 44.7 | 48.7 | 54.0 | 54.7 | 56.1 | 62.2 | 61.9 | 47.3 | 40.6 | 49.6 |
| | Min | 30.9 | 36.1 | 38.5 | 38.5 | 36.0 | 41.1 | 44.1 | 41.5 | 46.6 | 44.3 | 34.6 | 35.4 | 39.0 |
| #3 | Avg. | 37.3 | 37.6 | 37.6 | 37.5 | 37.7 | 38.3 | 40.0 | 39.4 | 43.0 | | 37.1 | 37.1 | 38.4 |
| | σ | 1.01 | 0.85 | 0.78 | 0.86 | 0.67 | 1.21 | 1.85 | 2.13 | 3.01 | O/H | 1.44 | 1.39 | 1.38 |
| | Max | 40.0 | 40.2 | 39.9 | 39.4 | 39.0 | 41.5 | 44.5 | 46.5 | 47.6 | | 48.2 | 40.9 | 42.5 |
| | Min | 35.2 | 35.8 | 35.8 | 35.4 | 35.9 | 35.9 | 35.5 | 35.4 | 37.2 | | 35.4 | 33.7 | 35.6 |
| #4 | Avg. | 37.4 | 37.5 | 37.4 | 37.2 | 37.6 | 38.5 | 40.8 | 39.9 | 44.7 | 40.7 | 36.4 | 37.4 | 38.8 |
| | σ | 0.95 | 0.84 | 1.01 | 0.83 | 0.67 | 1.40 | 1.91 | 2.07 | 2.27 | 2.79 | 1.16 | 1.61 | 1.46 |
| | Max | 40.5 | 39.1 | 39.8 | 39.0 | 39.1 | 42.4 | 45.7 | 46.9 | 49.6 | 46.4 | 40.7 | 42.3 | 42.6 |
| | Min | 35.6 | 34.2 | 32.4 | 34.3 | 36.4 | 34.7 | 36.8 | 34.4 | 39.3 | 35.1 | 32.3 | 34.8 | 35.0 |

성이 유사한 그룹(#1,2와 #3,4)으로 관리범위를 설정하였다. Fig.7,8에서 USL은 관리 상한, LSL은 관리 하한선을 뜻한다.

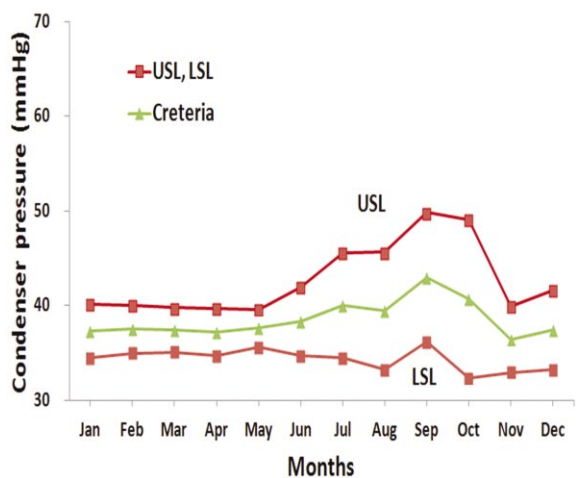


Fig. 8 Monthly condenser pressure criteria of Unit #3~4

4. 결론

본 연구에서는 동일 지역(남해)에 위치한 560 MW 석탄 화력 발전소 4개 호기를 대상으로 해수온도 상승에 따른 복수기 운전 성능저하로 발생된 손실비용을 제작사에서 제시한 복수기 압력-열소비율 보정곡선을 기반으로 산출하고 관리범위 설정을 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 남해지역의 해수온도는 최고 25.3℃, 최소 5.2℃의 범위로 설계온도 20℃대비 +5.3~-14.8℃의 차이를 보였다. 복수기 압력과 상관분석 결과 피어슨 상관관계가 0.4 이상의 뚜렷한 상관관계를 보였으며, 계절적 대응운전이 미흡 할수록, 설비 노후화가 진행 될수록 강한 상관관계를 보였다.
- (2) 복수기 압력-열소비율 보정곡선 및 2013년 실적을 반영하여 복수기 압력 효율변화 및 손실비용을 산정한 결과 복수기 압력 1 mmHg 증가시 1,2호기는 0.0201%, 3,4호기 0.0155%의 효율 손실이 발생하였으며, 1,2호기는 12,830 원/h, 3,4호기는 9,832 원/h의 시간당 손실비용이 발생하였다.
- (3) 각 호기별로 계절적 대응운전, 설비 노후화, 계획예방 정비 시점에 따라 손실금액의 차이를 보였으며, 특히 설비적 구성이 동일한 호기(1,2호기)에서도 복수기 압력 운전관리로만 약 3천 4백만원의 손실비용 차이가 발생하였으며, 10월에 계획예방정비가 있었던 3호기가 4호기보다 약 4천만원이 적은 손실비용을 발생하였다. 이를 통해 향후 예방정비를 계획할 때 전체 손실비용의 40~65%를 차지하고, 운전관리가 현실적으로 한계가 있는 9~10월에 하는 것이 12월, 1~5월

에 하는 것보다 최소 2.5억원/년(1호기, 40일 기준)의 관리적 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

- (4) 또한, 월별 최소 평균 및 최소 표준편차를 적용하여 슈하르트가 제안한 3σ 관리한계선에 기초를 둔 관리범위를 설정하였다. 이를 통해 관리범위 초과하는 이상 징후에 신속하게 대처하여 복수기 압력의 운전 기준치 준수를 통한 운영 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원 “복합발전 플랜트 안전 운영을 위한 취약노드 기술 개발” 과제의 연구비지원(과제 번호 20141010101850)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. KEPCO, 2014, "Power statics bulletin", vol. 423, pp. 28
2. KEPCO, 1981, "Samcheonpo Unit #1,2 Turbine Generator Supply Agreement"
3. KEPCO, 1989, "Samcheonpo Unit #3,4 Turbine Generator Supply Agreement"
4. KPLI, 2010, "Practical Thermal Power", vol. 2
5. KEPRI, 2006, "Thermal and Combined Cycle Power Plant Performance Test Guidelines"
6. KOSEP, 2010, "Quality Management Theory", vol. 1, pp. 15~18.
7. KOSEP, 2014, "2013 Comprehensive Business Performance Analysis", pp. 43.