

하절기 복수기 진공도 최적운동을 통한 한빛 1발전소 이용률 향상에 관한 연구

김수남¹, 송종순^{2*}

¹한국수력원자력(주) 한빛원자력본부, 전남 영광군 홍농읍 홍농로 846

²조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309

*kimsoonam@khnp.co.kr

1. 서론

국내 원자력 발전소 복수기는 운전년수가 증가함에 따라 성능에 직접적으로 영향을 주는 오염도가 증가되므로 성능을 복구하기 위하여 운전변수 등의 검토가 필요함

하절기 기간 중 해수온도 상승시 발전소 효율에 영향을 주는 복수기 압력 증가폭이 매우 큼에 따라 발전기 출력이 크게 감소하므로 복수기 압력 영향인자 등을 검토하여 하절기 기간뿐 아니라 연중 복수기 진공도 개선방안을 수립하여 운영함으로써 발전소 이용률 및 전력판매량 증대에 기여하고자 본 연구를 시작하게 되었다.

2. 본론

2.1 순환수 계통

2.1.1 기능

순환수 계통은 열 제거원으로 영광 근해의 해수를 이용한 개방형, 한 방향, 냉각수 계통이다. 이 계통은 발전소 모든 운전 기간 동안 주복수기에서 순환수까지 폐열을 제거하기 위해 설계됨

2.1.2 설계 기준

- 순환수 계통은 열균형(Heat Balance)에 따라 세 개의 복수기 셀이 1%의 증기발생기(Steam Generator) 취출수와 0.5% 복수 총수의 최대 부하에서 폐열을 제거하도록 설계됨
- 순환수 계통은 설계 배압을 유지하기 위해 복수기에 바닷물을 적정하게 공급하도록 설계됨

2.2 복수 계통

2.2.1 기능

복수계통은 터빈 추기증기와 주급수 펌프 터빈 추기 증기를 응축시키고, 집수정에 복수를 수집하고, 집수정의 복수를 복수 정화 탈염기와 저압가열기를 거쳐 주급수 펌프 흡입까지 펌핑함

2.2.2 설계기준

- 복수계통 설계는 1.0 % 증기 발생기 취출수와 0.5% 계통 누설 보충을 가진 100 % 부하에 기초
- 복수계통은 33⅓ % 용량의 4대 펌프 중 정격운전 중에는 3대가 운전

Table 1. Circulating system and Condensate system design criteria

	온도	월간 평균		년간 평균	최대값	설계값
		저	고			
순환수	°F	39.6	81.9	63	96.8	89.6
온도	°C	4.2	27.7	17.2	36	20.5
복수기	inHgA	0.78	2.12	1.27	3.29	1.5
압력	mmHgA	19.8	53.8	32.3	83.6	38.1

2.3 한빛 1발전소 복수기 현황 및 문제점 분석

2.3.1 복수기 성능 영향인자

- 복수기 튜브 플러깅(Plugging)
- 복수기 튜브 파울링(Fouling)
- 냉각수 즉 순환수 유량 감소
- 계절적인 영향으로 냉각수 고온(하절기)
- 복수기내로 불응축성 가스 유입
- 복수기 공기 추출기를 통한 불충분한 공기제거
- 복수기로 다수의 고에너지 증기 누설

2.4 개선방안

2.4.1 복수기 전열관 세정계통 운전 후 상,하부 스크린 개방상태 유지

- 순환수펌프 유량 감소로 복수기 입,출구 온도차 증가
- 닫힘상태 유지할 경우 이물질이 스크린표면에 축적되어 불 수집률 감소
- 복수기 전열관 열전달 효율 감소로 복수기 압력 증가 및 발전소 출력감소

2.4.2 복수기 전열관 세정계통 불 재순환 및 수집 후 상,하부 스크린 개방

- 유로 차단면적이 적은 하부 스크린 개방시 발전기 출력 증가 확인
- 스크린 면적이 관로 전체를 차지하는 상부스크린 개방시 효과증대예상
- 주기적으로 역세척을 수행하여 스크린 표면을 항상 청결상태 유지하도록 권고함(공급자 지침서)

2.4.4 복수기 전열관 세정 설비 교체 : 한빛2,3발전소 및 신고리1,2발전소 설비로 교체(스크린 구조 간단)

3. 결론

한빛 1발전소 복수기 전열관 세정계통 운전방법 개선을 통한 냉각수 유량 확보로 진공도 향상 개선사항으로 첫 번째, 복수기 전열관 세정계통 운전 후 상하부 스크린 개방상태를 유지하였고 두 번째, 복수기 입구 Debris Filter 운전방법을 개선하였으며, 세 번째 복수기 전열관 정상화를 통한 냉각수 유량 및 전열면적 확보를 하면서 이번 연구의 결과로 복수기 전열관 세정계통 불 재순환 및 수집 후 상하부 스크린 개방으로 복수기 진공도 개선 약 0.19 mmHgA으로 발전기 출력이 약 0.5 MWe 상승하는 결과를 얻게 되면서, 원자력발전소 일일 판매단가 기준(60원/kWh)으로 약 1,400,000원(5억1천만원/년) 증대 효과를 얻게 되었다. 그리고 복수기 입구 Debris Filter 운전방법을 개선으로 순환수펌프 6대 운전 시 복수기 전열관 세정계통 운전주기를 연장함으로써 출력손실을 추가적으로 감소 시키게 되었다.

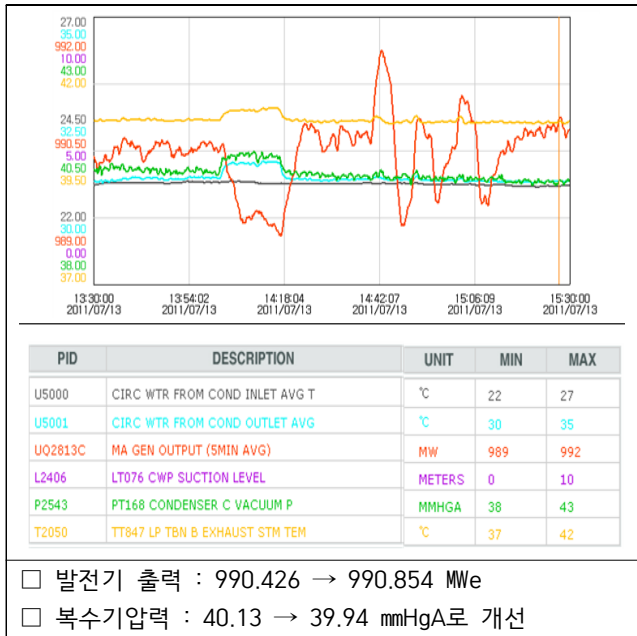


Fig. 1. Condenser tube cleaning system upper and lower screen open when the generator power changes.

2.4.3 복수기 입구 Debris Filter 운전방법 개선

- 현재 Debris Filter 수동 세정운전 방법을 차압 설정값에서 자동 운전

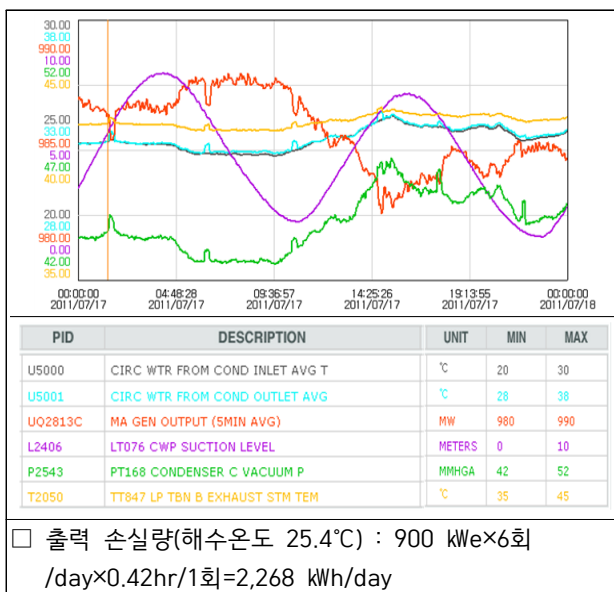


Fig. 2. Condenser inlet debris filter for manual operation when the generator power changes.

4. 참고문헌

- [1] KOREA NUCLEAR UNITS 7&8 STATION MANUAL(운전 기술 설명서 : 계통 기능 및 설계 기준).
- [2] O&M Manual(순환수펌프 : 13081-M-008-59).
- [3] O&M Manual(복수기 사양 : 13081-M-004).
- [4] Condenser Application and Maintenance Guide, EPRI, Palo Alto, CA:2001.1003088.
- [5] 한빛 1발전소 기자재 설계집(순환수계통 및 복수계통).