

원전의 계획예방정비 및 방사선피폭 저감 계획

김 태 현

한전 원자력발전처 기계부장

지 함 청

한전 원자력안전실 방사선관리부장

최

근 월성 2호기의 증설로 인하여 국내의 원자력 발전 설비 용량이 총 10,316MWe 이 되었다. 약 34%의 전기가 경수로형 10개 및 중수로형 2개로 이루어진 12개 호기에서 생산되고 있다.

발전소 운영은 발전 설비의 안전성과 신뢰성을 최우선 목표로 삼고 있다.

93년 이후 평균 연간 설비 이용률이 계속적으로 87% 이상을 유지하고 있다.

더욱이 불시 정지 건수도 호기당 1건 미만으로 감소되었으며 해마다 줄어들고 있는 추세이다.

이러한 성과는 전체 발전 기기 및 설비에 대한 철저한 예방 정비에 의한 것이다.

최근 계획 예방 정비에 관한 공정 관리, 공사 관련 제도, 정비용 장비 또는 발전 설비, 작업 환경 조건 등의 개선을 위하여 국외 원자력발전소들

대상으로 벤치마킹을 수행할 예정이다.

또한 향후 목표로서 수년 이내에 계획 예방 정비를 위한 평균 발전 정지 일수를 현행 55~60일에서 약 10일 내지는 15일 정도 단축하고자 한다.

그리고 집단 선량의 감소를 위해 91년에 방사선 피폭 토설 계획이 수립되었으며 현재 수행중에 있다.

연간 집단 선량의 저감 목표는 2001년까지 호기당 80맨/렘(man-rem)을 저감하는 것이다.

현재까지 중간 평가는 우수한 것으로 나타났다.

계획 예방 정비의 내용

한전의 계획 예방 정비 주기는 당초 12개월 핵연료 주기로부터 15~18개월 핵연료 주기에 따라 시행하고 있다.

예방 정비 기간 동안의 정비 품질 향상과 다음 1주기 동안 무정지 운전 에 끊임없이 전력을 다하고 있다.

다음은 계획 예방 정비와 관련한 법적 사항 및 그에 대한 작업 내용, 공정 관리, 일반 사항이다.

1. 법 및 규정

원자력발전소 계획 예방 정비를 수행하기 위해서는 두 개의 법적 요건이 있다.

하나는 원자력법 및 시행령, 시행규칙이며 다른 하나는 전기사업법이다.

가. 원자력법

- ① 법 제23조의 2(검사) 수검 의무
- ② 시행령 제42조(정기 검사) 정기적 수검 의무 및 합격 기준

나. 전기사업법

- ① 법 제37조(정기 검사) 정기적 수검 의무 규정
- ② 법 제44조(전기 안전 관리 규정)

(표 1) 정비기준 공기

단위: 일

등급 \ 노형	현행			98년 이후		
	경수로 (600MW)	경수로 (900/1000MW)	중수로 (600MW)	경수로 (600MW)	경수로 (900/1000MW)	중수로 (600MW)
단기	40	42/48	28	36	38/45	26
중장기	54	56	33	48	50/54	30
장기	56	58	43	50	52/56	40

전기 안전 관리 규정 준수 의무

2. 조직 및 책임

연차적 발전 정지 정비에 직·간접으로 참여하는 한전 및 협력 업체의 업무상 책임은 다음과 같다.

가. 한국전력공사

- 총괄 계획 수립
- 공사 관리
- 자재 관리
- 작업 절차 개발
- 정비 이력 관리 등

나. 한전기공(주)

- 기계 및 전기 분야 정비
- 소규모 설계 개선 작업(필요시) 등

다. 한국전력기술(주)

- 설계 기술(A/E)
- 설비 개선시 엔지니어링, 설계(필요시) 등

라. 타업체

- I&C, Valves, Pump, Fan, Motor 등 정비 용역

마. 한국원자력안전기술원

- 원자력 안전 관련 규제
- 정기 검사

3. 정비 계획 결정

계획 예방 정비 계획을 정하는 주요 요소는 발전소 중장기 운영 계획, 국내의 원전의 기술 정보, 규제 기관의 권고 등이다.

- 중장기 운영 계획에 의한 정비 항목
- 정상 운전중 고장 다발 기기
- 발전 정지 작업 항목
- 예측 정비 사항
- 타발전소 경험 사례
- 외국 전력 회사 기술 정보
- 발전 설비 설계 변경 및 설비 개선/보강 작업
- 대내외 검사 기관 지적 및 권고 사항
- 정기 시험 및 점검(발전소 운영 기술 지침서 요구 항목)
- 가동중 검사

4. 주요 정비 항목

다음은 계획 예방 정비의 주공정을 구성하는 주요 정비 항목이다.

- 가. 경수로형 원전
 - 원자로 뚜껑 개방 및 조립
 - 핵연료 재장전 및 제어봉 교환

- 원자로 냉각재 펌프 정비 -연차적 펌프축 밀봉 장치 점검, TVCS 및 Diffuser Adapter 교체 등
- 1차 계통 주요 밸브 내부 점검 및 정비
- 격납 용기 국부 누설률 시험/종합 누설률 시험
- 노내 핵계측기 검사 또는 교체 작업
- 원자로 자동 초음파 검사
- 방진기 육안 점검 및 성능 시험
- 고압 터빈 및 저압 터빈 내부 점검
- 주발전기 내부 점검

나. 중수로형 원전

- 가터 스프링 위치 교정 작업 (Spacer Location And Repositioning)
- 핵연료 압력관 검사(Channel Inspection Gauging Apparatus for Reactor)
- 원자로 냉각재 펌프 정비 -연차적 펌프축 밀봉 장치 점검
- 1차 계통 주요 밸브 내부 점검 및 정비
- 격납 용기 국부 누설률시험/종합 누설률시험
- 방진기 육안 점검 및 성능 시험
- 고압 터빈 및 저압 터빈 내부 점검
- 주발전기 내부 점검

5. 정비 기간과 범위 및 실적

가. 정비 기간

정비 기간은 발전 정지 기간 중 수

행될 작업 범위에 따라 결정된다.

현행 및 98년 이후의 기준 공기는 <표 1>과 같다.

나. 정비 등급별 작업 범위

① 단기 정비

- 매 핵연료 주기에 따라 시행되는 핵연료 재장전, 정기적 내부 점검, 정비

② 준장기 정비

- 원자로 용기 상부 가동중 검사 (초음파 검사)
- 격납 용기 종합 누설률 시험
- 고압 및 저압 터빈, 주발전기 부분 내부 점검
- 단기 정비에 포함된 작업 항목

③ 장기 정비

- 원자로 용기 하부 가동중 검사 (초음파 검사)
- 격납 용기 종합 누설률 시험
- 고압 및 저압 터빈, 주발전기 완전 내부 점검
- 핵연료 입력관 검사(중수로)
- 단기 정비에 포함된 작업 항목

다. 최근 5년간 정비 실적

① 평균 정비 기간<표 2>

② 평균 정비 투입 인력<표 3>

<표 2> <표 3>의 기준 공기를 초과한 공기 실적은 기본적으로 증기발생기 튜브 정비, 증기발생기 내 이물질 확인 및 제거, 저압 터빈 회전자 개조 교체, 원자로 냉각재 펌프 TVCS의 교체, 습분 분리 재열기 내부 부품 및 고압·저압 터빈 동익의 교체 등 예상치 못한 수리 작업으로 인한 것이다.

<표 2> 최근 5년간의 평균 정비 기간

600MW 경수로	600MW 중수로	900MW 경수로	
고리 1·2	월성 1	고리 3·4, 영광 1·2	울진 1·2
62일	51일	55일	64일

<표 3> 최근 5년간의 평균 정비 투입 인력

600MW 경수로	600MW 중수로	900MW 경수로
44,000MD	41,000MD	57,000MD

방사선 피폭 관리

1. 과거 5년간의 피폭량

계획 예방 정비시 방사선 방호 방침은 모의 훈련, 완벽한 작업 절차서 및 작업 후 사후 평가를 통해 합리적으로 달성하되 가능한 낮게 방사선 피폭을 저감시키는 것이다.

고리·월성과 같은 오래된 발전소의 집단 선량은 발전소 경년화에 따른 1차 계통의 선량을 증가로 약간 높은 증가 추세를 보이고 있다.

따라서 한국전력공사를 포함한 전력 회사의 주요 관심은 발전소 경년화에 따른 개인 피폭의 증가를 최소화하는 방법을 모색하는 것이다.

2. 방사선 피폭 조절 계획

발전소 운영 요인은 발전소 경년화에 따른 개인 피폭을 저감하기 위해 많은 노력을 기울이고 있으며, 그러한 노력은 계속될 것이다.

88년부터 90년까지 고리 1호기의 집단 선량은 연평균 500man·rem이라는 매우 높은 수준을 보였으며,

더욱이 총선량의 40% 이상이 증기발생기 유지 보수 작업으로부터 발생되었다.

최근 국제방사선방어위원회에서 발간한 ICRP-60은 개인의 연간 선량 한도를 현재 5렘에서 2렘으로 낮추는 것을 권고하였다.

한국전력공사는 집단 선량을 최소화하기 위한 방사선 피폭 조절 계획을 91년에 수립하였다.

가. 종합 계획

① 개선 방안

- 운영 절차서 및 장비
- 피폭 관리 체계
- 방사선 방호 프로그램 및 보다 향상된 원격 조절 보수 장비의 도입

② 달성 목표 선량

90년도의 한국 원전의 평균 집단 선량은 호기당 약 200man·rem이었으며, 그 당시 전세계 평균값은 호기당 176man·rem이었다.

10년 동안 한국 전력 공사는 200man·rem으로부터 80man·rem을 저감시킬 계획이다.

예상 선량은 <표 4>와 같다.

80man·rem의 저감 목표는 운영 절차서 및 시스템 개선으로 57man·rem, 새로운 장비의 도입으로 23man·rem을 저감시켜 달성시킬 것이다.

나. 운영 절차서 및 시스템 개선

- ① 원자로 냉각재의 고품(6.9~7.4) 운전
- ② 1차 계통 미세 필터 사용
- ③ 핵연료재 장전수 탱크 등 정화
- ④ 원자로 냉각재 루프의 RTD by-pass line 개선
- ⑤ 1차 계통 내 탈기 및 배수 라인 연장

다. 유지 보수용 최신 장비 도입

- ① 증기발생기 원격 보수 장비
- ② 경보 기능을 갖춘 휴대용 방사선 계측기 사용
- ③ 경보 청취가 가능한 자동 개인 선량계 및 각종 차폐체 개발

라. 유지 보수 프로그램의 개선

- ① 프로그램 및 위원회 확립
- ② 유지 보수 절차서의 개정
- ③ 절차서 위반자에 대한 벌칙 부과

마. 교육 프로그램의 개선

- ① 보건물리실 교대 근무자 교육 프로그램 개선
- ② 방사선 안전 관리 용역 업체의 품질 강화
- ③ 방사선 방호 교육 프로그램 품질 향상
- ④ 방사성 동위원소 취급자 및 방

(표 4) 한국 원전의 평균 집단 선량과 예상치

단위 : man·rem				
-1990 ①	-1993	-1996	-2000 ②	② - ①
200	190	150	120	△ 80

사선 취급 감독자에 대한 면허 취득을 위한 기술자의 품질 향상

회전자 교체
③ 고리 1·2호기 RCP TV Bolt 내부 점검, 교체

수행 실적 및 향후 계획

1. 수행 실적

그동안의 주요 실적은 다음과 같다.

- ① 고리 1호기 복수기 및 급수 가열기 튜브 교체
- ② 가압기 전열기 교체(다수 호기)
- ③ 고리 1·4호기 습분 분리 재열기 내부 부품 교체
- ④ 고리 1호기 저압 터빈 회전자 교체
- ⑤ 고리 3·4, 영광 1·2 RCP TVCS 교체
- ⑥ 증기발생기 튜브 관막음, 시편 채취, 슬리빙(다수 호기)
- ⑦ 월성 1호기 핵연료 압력관 검사 및 정비
- ⑧ 주발전기 완전 내부 점검(다수 호기)

2. 향후 계획

차기 정비시 계획된 작업 사항은 다음과 같다.

- ① 고리 1호기 증기발생기 교체
- ② 고리 2·3·4호기 저압 터빈

3. 주요 개선 방안

- ① 정비 작업 공정의 최적화
- ② 정비 품질의 향상
 - 기술 정보 교환
 - 교육/훈련
- ③ 기기 및 장비 보강
 - 설계 변경/설비 개조
 - 장비/공기구
 - 정비용 설비

결 어

원자력발전소의 계획 예방 정비가 ICRP 60, 장주기 핵연료 사용, 발전 기기 및 장비의 노후화 영향 등에 의해 더욱 중요해지고 있다.

그러므로 이러한 여건에 대한 적절한 대비 및 실행을 위하여 우수한 정비 숙련 기술자 보유, 발전 설비의 보강/개선, 성능 진단 장비의 적용, 정비 품질의 향상, 정비 환경 조건의 개선 등이 요구된다.

발전 설비의 안전과 신뢰성의 추구는 적당한 대책 및 끊임없는 설비 개선을 통하여 성취될 것이다. ☞