

蔚珍 1, 2號機 한週期連續運轉 達成과 課題



박 용 집

한국전력공사 울진원자력발전소 부소장

한국 경제는 1960년대 경제개발계획에 착수한 이래 지속적으로 높은 성장률을 유지하였다. 이에 따라 에너지소비도 급증하였을 뿐만 아니라 에너지 수급구조에도 큰 변화가 있었다. 1965년에서 1990년까지 국가 총 에너지소비량은 약 8배 증가하였으며, 이 중 전력부분의 설비용량은 약 26배 증가하고 전력소비량은 약 38배로 증가하였을 뿐만 아니라, 최종 에너지에서 전력이 차지하는 비중은 1965년의 약 2%에서 1990년에는 약 11%로 높아져 전력의 역할이 그만큼 중요하게 되었다.

한편 향후 우리나라 총 에너지수요는 2000년에는 현재 수준의 약 2배, 2010년에는 2.5배, 2030년에는

3.6배 수준에 이를 것으로 전망된다. 따라서 최종 에너지소비 중에서 전력점유율은 1990년에 10.8%에서 2030년에는 약 18%로 증가할 것으로 예상되고, 1차 에너지소비 중 발전부분에 대한 에너지투입비율도 1990년에 28%에서 2030년에는 약 40%로 증가될 전망이다.

이러한 가운데 1970년에 시작한 한국 원전의 개발은 국내 에너지부존자원의 유한성에 대처하는 데 커다란 역할을 하여 왔으나, 원전사업의 특성상 안전성과 경제성이라는 이원적인 문제를 동시에 해결해야 하는 과제를 안고 있다.

앞서 말한 바와 같이 현재 우리나라의 여건으로 보아 발전설비의 확충은 필연적이며 이같은 발전설

비는 원전을 주종으로 하지 않을 수 없는 상황에 처해 있으나, 지역이기주의(NIMBY 현상)와 같은 사회적 문제는 차치하고서도 일반 화력발전설비에 비해서 엄청나게 요구되는 초기투자를 어떤 재원으로 조달할 것인가가 가장 어려운 문제점으로 야기되고 있는 실정이다.

이러한 가운데 설비투자에 소요되는 재원의 부담을 경감할 수 있는 해결책은 현재 운용중인 설비의 활용을 극대화함으로써 발전설비의 예비율을 최소화할 수 있는 경영체제가 절실히 요청되고 있으며 이같은 현실적 바탕 위에서 발전설비의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 대책이 우선되어야 하며 이것은 정비품질 향상을 전제로 한 계획예방정비기간의 단축과 불시정지를 방지할 수 있는 설비운영관리에 새롭고 창의적인 기법을 도입하지 않으면 안되게 되었다.

이같은 시기에 각각 310일 및 333일간의 한 주기 무정지 연속운전을 같은 시기(1991년 12월5일~93년 2월11일)에 달성한 울진원전 1, 2호기의 운전경험을 소개함으로써 저예비율시대에 부응하기 위한 전력설비의 운영관리에 도움이 되고자 한다.

울진원전의 특징

울진원전의 원자로, 터빈 및 부대설비는 프랑스의 Framatome社와 Alsthom社가 공급하였고, EdF社의 다년간 운전경험을 반영하여 설비를 보완함으로써 운전성, 보수

성 및 시험성에 있어서 국내 어느 발전설비보다 우수성이 입증되고 있으나 다만 문제점은 터빈/발전기를 공급한 Alsthom社가 유럽의 계통주파수 50Hz에서 운전되던 설비를 60Hz로 전환하는 과정에서 불행하게도 울진원전이 첫번째로 상업화된 시제품의 성격을 띠고 있으며 이같은 과정에서 야기되는 설비의 설계 및 제작에 따른 문제점으로 발전기 고정자의 이완, 고압터빈 동익 및 고정익의 설계변경, 저압터빈 전후 2, 3단의 동익 사고에 따른 고정익의 설비개선과 같은 후유증으로 시운전 이후 현재까지 계속 어려움을 겪고 있으나 이를 대처하기 위한 제작회사와 한국전력공사(이하 한전)간의 긴밀한 협조로 설비의 신뢰도를 증진시키는데 많은 성과를 이룩하고 있으나 아직까지는 현장에서의 충분한 운전경력을 갖지 못함으로써 향후 면밀한 검사가 계속되어야만 한다.

또한 울진원전의 입지환경면에서 대도시와 인접하지 못한 관계로 시운전 초기의 유경험 직원들이 자녀교육문제 등으로 대부분 떠났으며 지금은 80% 이상이 신입직원으로 구성되어 있는 형편이다. 이러한 가운데 설비의 운영, 전반적인 행정이 조직적으로 체계화되지 못한 문제가 그대로 노정되고 있는 실정이다.

울진원전의 운전이력

1988년 9월10일 울진 1호기 상업운전 이후 1991년말까지는 고장정지 및 간이정비를 위한 발전정지

〈표 1〉 울진원전 Performance

항 목	단위	호기	88	89	90	91	92	누 계
이 용 률	%	1	40.8	65.2	78.5	91.7	88.05	76.59
		2	-	45.8	70.3	84.2	88.88	77.47
고장정지	건	1	2	0	3	3	1	9
		2	-	1	3	1	0	5
간이정비	건	1	0	0	0	3	0	3
		2	-	1	1	0	0	2

〈표 2〉 울진원전 설비개선

항 목	발행건수	신뢰도향상	운전편의	정비편의	성능개선	기 타
기 계	49	11	5	2	25	6
전 기	43	19	9	5	9	1
계 기	17	10	3	1	3	-
합 계	109	40	17	8	37	7

가 빈번하였으나 91년도 울진 1, 2 호기 평균 이용률은 88%로 국내 1위의 자리로 부상하였고 1992년에는 고장정지가 단 1건을 기록하면서 평균 이용률은 88.5%로 국내 원전 목표관리 종합 1위의 자리를 굳히게 되었다.

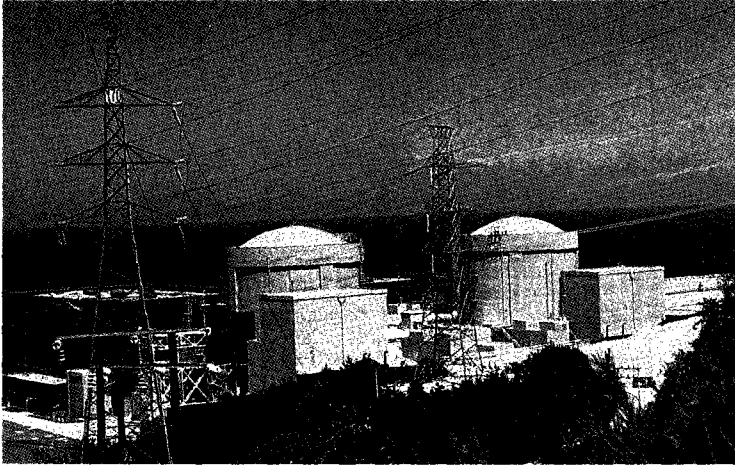
1992년말까지 울진원전이 약 7.5 원자로-년 운전하는 동안 가장 큰 불안요인은 터빈/발전기로서 금후에도 매년 계획예방정비시마다 정밀점검을 실시하지 않으면 안될 과제를 안고 있고 그밖에 설비의 운전, 시험, 정비면에서 불안요인을 제거하기 위하여 현재까지 기계 49건, 전기 43건, 계측제어 17건으로 합계 109건의 설계변경을 완료하였으며, 이들 중 발전소 불시정지요인에 해당되는 설계변경 건수는 12건 완료함으로써 설비의 신뢰성을 어느 정도 향상시켜 놓았으나 지속적인 개선작업이 뒤따라야 할 것으로 믿는다. 특히 터빈/발전기 및 급

수계통에 대한 보호계통의 다중화 개념을 도입함으로써 Single Channel Failure에 의한 불시정지는 방지할 수 있게 되었다.

계획예방정비계획과 시행

1. 계획예방정비계획의 개요

계획예방정비 등급은 원자로본체의 가동중 검사 및 격납용기 종합 누설률시험 시행 여부에 따라서 급, 나급, 다급의 3종류로 분류한다. 원자로계통의 핵연료재장전을 비롯한 일반점검은 일상적인 계획예방정비계획의 필수적인 요건이지만 터빈/발전기 및 급수계통의 점검은 계획예방정비의 등급에 따라서 완전분해조립의 업무범위를 달리할 수 있도록 계획되어 있으나 앞서 기술한 터빈/발전기 불확실성으로 울진원전의 경우는 매년 모든 터빈 및 발전기를 완전분해점검토록 하고 있다.



이같은 계획예방정비계획 수립은 차기 계획예방정비 시기로부터 9개월전에 기본계획을 수립하여 7개월전 작업항목 선정완료와 함께 4개월전에는 소요인력 및 자재구매절차가 완료되며 1개월전까지는 정비계획 점검을 완료하게 된다.

정비기간 동안에는 정비품질확인 제도를 다원화하여 정비의 중요도에 따라서 다중점검을 하게 된다. 그러나 회전체 설비는 가동으로써만이 최종 확인할 수 있으므로 실제 계획예방정비 기간의 계획은 목표공정보다 약 3~4일 앞당겨 완료하고 남은 기간은 회전체를 운전하면서 정비 이전의 상황과 비교분석하여 무결점정비로 이어지도록 하는 동시에 원자로 및 증기급수계통의 압력경계 부위의 누설을 면밀히 확인하는 과정을 거친다. 이렇게 하여 발전설비를 계통에 병입시킨 이후 100% 전출력까지 각 기기의 운전상태 및 성능을 세심히 점검한 후에 비로소 계획예방정비가 완료됐다는 안도의 한숨을 쉴 수 있다. 이후부터 계획예방정비의 각종 기

록정리 및 사후평가를 실시함으로써 차기 계획예방정비계획에 반영하거나 중장기계획에 입력, 처리를 함으로써 발전설비 운영을 보다 생산적인 방향으로 추구하고 있다.

2. 계획예방정비 사전준비

계획예방정비 물량의 정확한 산정은 정비를 계획적으로 일사불란하게 추진하는데 가장 중요한 요인이다. 그러므로 물량산정시에는 작업의 내용 즉 깊이와 폭을 어느 정도 할 것인지가 고려되어야만 정비기간 동안에 효율적인 공정관리를 할 수 있다.

이렇게 하기 위해서는 앞서 기술한 정비등급에 따른 정비프로그램이 설정되어 있어야 하며, 그밖에 규제요건, 계약자 조치사항, 국내 원전의 경험사례 및 발전정지와 직결될 수 있는 취약부분의 설비개선 사항에 대한 사전설계가 완전히 마무리되어 있어야 한다.

이로써 정비물량에 수반되는 소요인력을 품셈에 따라 정확히 산정할 수 있고 또한 관련자재 확보는

구매기간을 고려하여 최소한 4개월 이전에 확정되도록 하였다. 또한 정비에 직접 동원되는 크레인/호이스트류와 같은 장비의 사전점검과 더불어 외주가공을 필요로 할 때를 대비한 가공업체 및 국산 기자재 공급업체의 상황을 사전에 충분히 파악하여 정비기간중에 최대한의 협조가 이루어지도록 노력해 왔다.

3. 정비품질과 공정관리

울진원전의 경우 193개 설비를 기능별로 세분화하였고, 이같은 설비의 기능별 분류는 설계, 구매, 시공, 시운전 등 건설기간은 물론 경상운전중에도 설비의 효율적 관리를 위하여 필수적이다.

그러나 연 1회의 계획예방정비기간(원전의 평균 약 65~70일) 동안에 정비내용을 모두 같은 비중으로 다룰 수는 없다. 따라서 계획예방정비 기간중 집중적으로 품질목표를 향상하기 위하여 다음과 같이 중요설비 및 기기를 선정, 체계화하였다.

(1) 발전정지에 직접 관련되는 기기

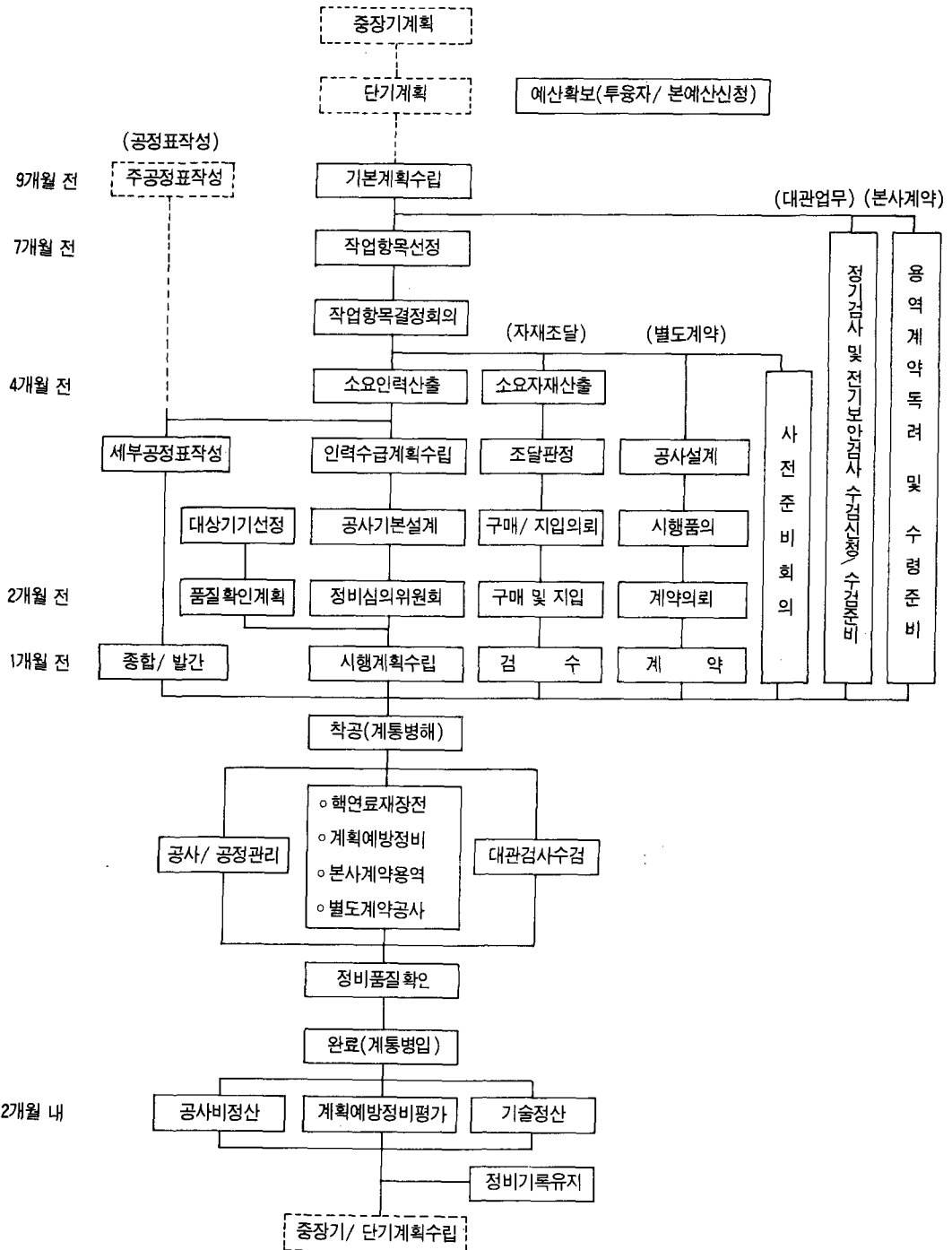
(2) 제어회로계통 및 보호계전기

(3) 압력경계부위 및 밀봉계통

(4) Trouble Report 발생 다빈도 계통

(5) 다른 사업소 정지사례 경험

이상과 같은 범주에 들어가는 설비를 선정할 결과 1991년 계획예방정비 기간중에는 22개 계통, 216개 단위기기에서 점진적으로 범위를 확대하여 1993년에는 37개 계통, 343개 단위기기로 늘어났으며 이들 부분에 대해서는 관리감독계층의



〈그림 1〉 계획예방정비계획 업무 흐름도

특별한 관심을 집중하도록 하였다.

또한 모든 계획예방정비계획 물량 중 그 내용에 따라서 가중치를 두는 방법으로는 정비품질등급을 4 단계로 설정하여 확인과정을 다중화하였다.

- (1) A급: 소장 - 과장
- (2) B급: 부소장 - 과장
- (3) C급: 부장 - 과장
- (4) D급: 과장

이같은 정비품질확인과정이 여러 단계일수록 정비품질 자체는 향상될 수 있으나 계획예방정비 기간 즉, 공정관리에 있어서는 반대효과가 나타날 수 있다.

품질과 공기는 쌍곡선 함수관계가 있으므로 「계획된 공기내에 어떻게 품질등급을 극대화할 수 있을 것인가」 하는 문제가 계획예방정비 책임자에게는 늘 고민일 수 밖에 없다. 이것은 「경험과 지식의 집합체에서 최적관리를 어떻게 하느냐」 하는 기법을 체계화하지 않으면 안된다. 그 중 한 가지 방법은 정상정비 물량을 증대시킬 수 있는 기법 개발과 더불어 관리감독자의 현장

제일주의가 우선되지 않으면 안된다고 확신한다.

울진원전에서 개발한 공정관리의 전산화 내용은 계통별, 분야별로 세분화하고 이들 중 주공정으로 처리할 내용은 CPM(Critical Path Method)화하였으며 부공정 즉 병행작업항목은 Bar-Chart 혹은 PERT 방법으로 처리하고 모든 작업 내용은 물량과 투입인력을 근거로 공정률을 계산하여 부분별 공정관리자가 전산에 입력, 처리하도록 되어 있다.

4. 정비의 표준화

원자력발전소는 대부분 2기를 발전소 단위로 하기 때문에 현재와 같은 핵연료의 주기를 12개월로 사용하는 발전소는 매년 2회의 계획예방정비를 피할 수 없다.

1978년 고리 1호기 상업운전 이후 1992년말까지 9기의 원자로가 67원자로-년 동안 61회의 계획예방정비를 수행하였으며 평균공기 약 65~70일간이었다.

이같은 계획예방정비 기간은 사

전에 치밀한 장기계획 수립하에서 이루어졌다면 발전소 불시정지횟수를 지금보다 훨씬 줄일 수 있었을 뿐만 아니라 공기도 40~50일 단위로 줄일 수 있었을 것이다. 울진원전에서 2호기의 제2차년도 계획예방정비계획 및 시행결과를 토대로 1호기 3차년도 및 2호기 3차년도 계획예방정비에 적용한 결과 동일한 정비물량과 비슷한 정비기간에 투입된 인력은 급격히 감소하였다. 이것은 표준화된 정비프로그램의 공정관리가 정비업무 수행에 얼마나 효율적으로 시행될 수 있는가를 나타낸다고 할 수 있다.

이같이 매년 되풀이되는 계획예방정비는 우선 정비품질 향상을 제일주의로 하면서 정비기간을 단축하려면 정비프로그램을 표준화하는 것이 제일 급선무이다. 이렇게 함으로써 종사자들의 당해분야 직무기술능력이 체계적으로 향상될 수 있고 따라서 정비품질과 공정의 최적관리가 가능해질 수 있으므로 정비에 따르는 예산절감은 물론이며 원전 가동률 향상에 이바지하게 된

〈표 3〉 울진 1, 2호기 계획예방정비시 소요인력 및 정비기간

구 분	2호기 제2차		1호기 제3차		2호기 제3차		1호기 제4차		비 고
	계 획	실 적	계 획	실 적	계 획	실 적	계 획	실 적	
한 전	14,402	15,680	17,930	15,332	15,635	13,579	14,045		관리/감독 계장설비
한전기공	18,892	18,228	18,572	19,044	18,971	19,989	20,066		기계, 전기
기 타	9,268	9,177	5,841	3,797	3,926	3,756	4,164		용 역 (계장방사선관리)
합 계	42,922	43,085	42,343	38,163	38,532	37,315	38,275		
정비기간 (일)	63	48	55	47	53	46	53		
	91. 10. 18 ~ 12. 5		92. 2. 22 ~ 4. 8		92. 11. 1 ~ 12. 16		93. 2. 11 ~ 4. 4		

- (주) 1. 인력 : 간접인력 포함
- 2. 단위 : MD, 8hr/ day

다. 또한 원전 운전중 발생하는 방사선피폭선량 및 폐기물의 발생은 발전소에 따라 다소 차이는 있으나 계획예방정비 기간중에 작업자의 피폭선량은 연간 전체 피폭선량의 65%까지 차지하고 있는 실정므로 이들을 대폭 감소시키는 방법도 정비프로그램을 체계화시키는 길 밖에 없다.

5. 계획예방정비 사후평가

계획예방정비의 성과는 면밀한 계획 및 사전준비의 정도 여하에 따라서 시행착오를 얼마나 줄이고 조직을 일사분란하게 체계적으로 운용하느냐에 달려있다고 하겠다.

정비시행중 발생하는 여러가지 예측 못했던 요인들에 적절히 대처하기 위해서는 무엇보다 관리자 등의 지도력과 이에 순응하는 직원들의 근무자세가 확립되어야 한다. 계획예방정비를 완료하고 발전소를 진출력까지 상승시킨 후에는 지난 정비경험을 생산적인 방향에서 반성하는 계기가 꼭 있어야만 다음 계획예방정비 업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있다.

사후평가부분은 계획수립 및 사전준비와 실제 업무수행상의 차이점을 분석하고 특히 물량산정부분에서 얼마나 정확하였으며 이에 따른 자재확보 및 인력투입의 적정성을 엄밀히 평가해야 한다. 또한 정비업무 수행중 여러가지 변수요인에 대처하기 위한 부서간의 협조 및 이에 따른 공정관리상의 문제점이 솔직하게 차기 계획예방정비에 반영되어야 한다.

무엇보다 어려운 것은 이제까지

원전의 연차 계획예방정비 기간이 65~70일간이라는 고정관념 또한 미국이나 日本과 같은 원전 선진국에서도 2~3개월 단위의 정비기간이 소요되고 있다는 일부 사람들의 잘못된 관행에 사로잡혀 있어서 올진의 경우 50일 미만의 연차 계획예방정비 기간에 대하여 물량이나 정비품질면에서 의구심을 갖는 것은 잘못되었다고 이 자리를 빌어서 얘기하고 싶다. 이밖에 정비업무 내용의 기록관리를 얼마나 상세하고 체계적으로 하고 있는지 특히, 각종 기계의 분해조립과정에서의 데이터와 시험에 의한 자료가 지난 정비기간에 얻은 자료와의 차이점 분석 등은 설비의 설계특성과 운전특성과의 차이를 이해함으로써 설비운전에 귀중한 지식이 될 수 있음을 명심해야 하겠다.

또한, 계획예방정비 공사기간을 단축하기 위해서 여러가지 기법을 생각할 수 있으나 그 중에서 계획예방정비 물량을 줄이는 방법으로서 이것은 정상운전 기간중 설비운전에 영향이 미치지 않는 범위내에서 정상정비 물량을 어떻게 증가시킬 것인가 하는 문제를 심도있게 검토하는 자세를 가져야 하겠다.

6. 정비기간단축

발전소 이용률 향상 특히 원전의 이용률 향상은 국가경제와 직결되므로 연간 가동률을 최대로 끌어올리기 위해서는 무엇보다 계획예방정비 기간을 단축하여야 한다.

그러나 계획예방정비 기간을 아무리 단축했다 하더라도 계획예방정비후 불시정지나 간이정비가 빈

번해서는 의미가 없으므로 무엇보다도 정비품질의 확보를 우선으로 하여 다음 계획예방정비까지의 무정지 연속운전이 전제가 되어야 한다.

정비기간 단축과 정비품질은 반비례할 가능성이 있으므로 이를 어떻게 극복할 것인가 하는 기법을 다음과 같은 세 가지 관점에서 항상 심사숙고해 왔다.

(1) 관리체제 확립

첫째, 관리조직은 무엇보다도 발전설비를 잘 알고 있는 관리계층으로 구성되어 있어야 하며 이들로 하여금 완벽에 가까운 사전준비작업이 이루어져야 한다. 앞서 말한 바와 같이 발전설비란 회전체의 운용이므로 분해점검을 하기 이전에는 100% 예측을 하기 어렵기 때문에 관리감독자는 가능한 잠재적인 문제를 예측할 수 있는 예지능력을 배양하여야 하겠다.

둘째, 관리감독자의 현장확인 제일주의라는 의식이 지배되는 발전소가 아니면 사후에 여러가지 불미스러운 사항이 발생하게 되며, 또한 관리감독자의 현장 제일주의는 작업종사자들의 업무수행을 독려시킬 수 있으므로 정비품질 향상에 많은 도움을 줄 수 있다.

셋째, 작업현장에는 관리자만 있는 것이 아니고 종사자들의 일거수일투족이 전체 업무성과를 좌우시키므로, 인력관리의 효율성을 제고시키기 위하여 작업의 내용에 맞는 유경험자가 확보되어야 한다. 조직체의 구성원은 항상 물처럼 흐르고 있으므로 유경험자의 이동에 대비한 미경험 직원의 훈련 및 자질관

리에 신경을 써야 한다.

넷째, 공기단축을 위해서는 공정 관리가 체계적으로 운용되어야 하겠다. 작업종류에 따른 일공량의 정확한 산출과 적정 인력의 적기 투입이 이루어져야 하며, 타 부서에서 시행되는 다른 작업과의 상충되는 문제를 여하히 조정하며 개별 작업의 사전준비는 어떻게 이루어지는지 그리고 작업시행중 2~3주일 앞의 장애요인이 무엇인가를 예측할 수 있는 안목이 있어야 하며 발생될 문제점의 대책을 미리 세워 놓도록 해야 한다.

(2) 계획예방정비 물량의 정확한 산정

정비계획 수립의 가장 중요한 점은 정비물량의 정확한 산정이다. 앞서 기술한 바와 같이 계획예방정비계획 수립에 필요한 여러가지 요건을 분석하여 계획된 공기내에 모든 작업량을 마칠 수 있도록 하기 위한 작전구상이 선행되어야 한다.

첫째, 정비기간은 정비물량에 비례하므로 제한된 인력투입 요건하에서는 계획예방정비 물량을 되도록 이번 정상정비 기간내에 할 수 있도록 하고 계획예방정비 기간에는 발전정지가 아니면 할 수 없는 기기 및 정밀정비를 위주로 하도록 정비물량을 연간 안배하도록 해야 한다. 울진의 경우는 연간 정비물량의 약 10%를 정상정비 기간 동안 수행하므로 계획예방정비 기간의 단축을 유도할 수 있으나 금후에는 정상정비 물량을 보다 확대하도록 검토가 이루어져야 한다.

둘째, 취약설비의 집중 관리이다. 발전설비를 운영하다 보면 연

중무휴로 운전되는 설비, 자동제어 회로계통, 계통압력경계부위 및 작업의뢰서의 발행 등이 많은 기기 및 부문에 대해서 집중적으로 정밀정비의 시간과 인력을 투입함으로써 정비를 제한된 공기내에 효과적으로 수행할 수 있다.

셋째, 정비내용에 따라서 사전에 정확한 준비를 갖추는 일이다. 정비하는 물량에만 신경을 쓰고 정비를 수행하기 위한 사전준비 즉 자재, 설계, 소요인력, 필요장비 등이 완벽하지 못하면 공정관리가 제대로 이루어질 수 없기 때문이다.

넷째, 정비작업은 발전소내의 인력과 장비로만 할 수 없는 부문이 많이 발생하며, 더욱이 기기해체 후에는 예측 밖의 부품이 필요하게 되는 경우가 많다. 이러한 때를 대비해서 관련업체들과 사전에 필요한 지원계약형태를 갖추으로써 필요시 급용할 수 있는 체계를 확립할 수 있다. 그러나 국내기업의 기술수준 및 영세성으로 이같은 정비지원체계를 확보하기란 쉽지 않다.

(3) 정비편의설비 확보

발전설비의 분해점검 및 조립과정에서 장비와 공기구류 등 재래식 설비로는 정비의 정확성은 물론이고 작업을 단시일내에 하기는 어렵다. 원자로 및 관련 부대시설에서의 작업은 종사자들의 방사선피폭과 폐기물 발생에 따른 어려운 문제로 작업성이 매우 나쁜 환경에서 이루어지므로 많은 인력투입이 요청될 뿐만 아니라 정비품질의 저하를 유발할 수 있는 요인이 많이 생긴다.

그러므로 정비의 질을 향상시키

고 방사선피폭과 폐기물 발생을 저감화하기 위해서는 정비편의설비를 많이 확보하지 않으면 인력투입을 줄일 수 없게 되며, 따라서 공기는 길어질 수밖에 없다.

첫째, 설비성 장비의 확보는 건설계약단계부터 확보하지 않으면 사실상 경상에산으로 확보는 어렵다. 울진의 예를 들면 원자로 스테드볼트 분해작업용 Multi-Stud Tensioning Device, 격납용기 장비출입구의 Gantry Crane 설치, 터빈건물의 Over Head Crane 외 별도 Gantry Crane 등이다.

둘째, 설비설계시에 정비를 용이하도록 해야 한다. 울진의 예를 들면 원자로 제어봉 구동장치의 냉각설비는 일체형으로 설계되었고, 터빈 고정익의 분리식 설계, 발전기 회전자 인출설비 등은 제작 당시 이미 정비문제를 예견하고 설비설계시 정비편의설비가 반영되어 있어 정비시간을 단축시키는데 많은 도움을 준다.

셋째, 생력화 공기구 및 정비개선기법을 꾸준히 개발하지 않으면 안된다. 예를 들면, 밸브 패키류 제거 및 압축성형 공기구, 원자로 냉각재 펌프 밀봉용치 취급 공기구 등의 개발은 많은 인력을 절약할 수 있을 뿐만 아니라 작업자의 방사선피폭을 감소시키는데 기여하였고, 터빈축 정열시 가조립 데이터로 베어링 간극 조절을 할 수 있는 기법과 원자로 수조에 물을 채운 상태에서 원자로 냉각재 펌프 작업을 할 수 있도록 하는(Back Seat) 기법 등은 설비의 특성을 깊이 이해하고 정비에 충분히 활용하는 좋

은 본보기라고 할 수 있다.

운전관리

발전소 무정지 연속운전을 추진하기 위해서는 계획예방정비의 내용 및 정비품질 향상을 위한 완벽에 가까운 계획수립과 일사분란한 정비업무의 추진도 중요하지만 300여일 이상 회전체를 계속 운전하기 위해서는 잠시도 방심할 수 없을 뿐만 아니라 설비운영에 있어서 항상 겸허하고 설비와 친밀히 교감이 통하는 근무자세를 가져야 하겠다.

1. 예측점검의 체계화

발전소 경상운전중 예방정비 측면에서 활동하는 내용으로 정기/주기시험을 중심으로 한 각종 설비 및 기기의 진단을 실시하고 있기는 하지만 운전중 발생하는 각종 기기의 비정상 상태를 정비하는 작업의 리서 발행 및 경향분석을 체계화하여야 한다. 계통별, 기기별, 부품별로 계획예방정비후 발생하는 시기별로 이들 내용을 통계처리하기 위해서는 우선 원인별로 처리내용을 전산코드화하지 않으면 방대한 내용을 제대로 추적, 분석할 수가 없다. 이같은 통계자료는 발전소 설비운영을 합리적으로 관리하는 좋은 자료가 될 수 있으며, 계획예방정비계획에 반영은 물론 경상운전시 취약설비관리에 필수적이다.

2. 현장순시제도의 일상화

발전설비는 지능지수(IQ)가 20~30 정도 되는 어린아이와 같은 수

준이다. 일상적으로 옆에서 관심을 가지고 잘 돌봐 줄 때는 별 탈이 없으나, 조금만 무관심하면 여러가지 비정상적인 징후가 나타난다. 그러므로 취약설비를 중심으로 한 주기적인 점검을 실시하고 그 결과를 분석하는 노력이 뒤따라야 한다. 취약설비의 점검내용도 더욱 관심을 가져야 할 설비의 등급을 분류하여 체계적으로 감시를 하여야 하며, 이렇게 함으로써 설비와 대화가 이루어질 수 있는 경지에 도달하지 않으면 안된다. 그러기 위해서는 발전소 조직 중에서 간부가 늘 출선수범하는 자세가 선결되어야 하며, 간부의 현장순시는 직원들의 근무자세를 이끌어 갈 뿐만 아니라 또한 설비의 진단을 보다 정확히 할 수 있는 경험과 지식을 가지고 있기 때문이다.

3. 6조3교대 시행

운전교대근무조를 과거 5조3교대에서 6조3교대로 다른 발전소보다 조기에 시행(92년 3월)함으로써 4조는 24시간 설비를 운전하고, 한 조는 교육에 임하고 있으며, 나머지 한 조는 일근조로 근무하는 동안 근무시간에 수행하던 정/주기시험을 직접 수행함으로써 교대근무조는 설비운전에만 전념할 수 있도록 부담을 덜어 주었고, 주요 계통 설비를 각조별로 설비관리분담을 실시하여 설비에 대한 애착을 느낄 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 계통 및 기기에 대한 심층연구를 할 수 있으며 기기의 비정상상태 발생시 집중감시와 대응책 모색에 도움을 주고 있다.

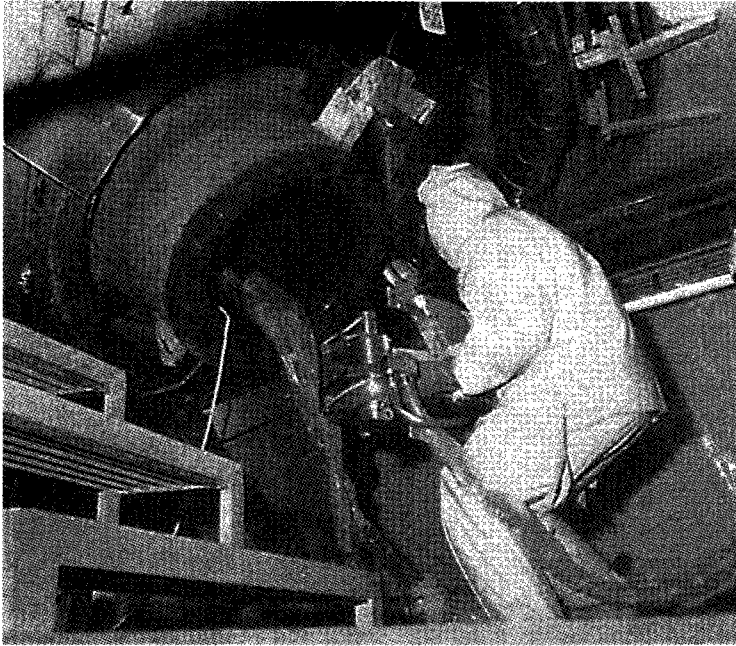
4. 설비관리체계 보강

연중무휴로 운전되는 설비란 일상적인 마음가짐이 늘 비상대기자세로 준비가 되어 있어야만 하므로 운전원들은 평소 비정상상태에 대처할 수 있도록 시뮬레이터 훈련을 시켜왔으며 또한 정기/주기시험시 사전현상을 파악하거나 작업사항에 대해서 감독자는 차상위자의 검토를 받드시 받도록 지휘체계를 보강, 운영해오고 있으며, 하계 취약설비 즉 전자회로카드의 적정온도 및 습도 유지, 기기냉각설비의 운전관리 등에 특별히 관심을 기울여 왔으며 일과후 간부직원의 특별대기제도 운영으로 긴급정비를 요하는 부문에 즉각 대처할 수 있도록 하였다.

그밖에 인적과실 방지를 위한 대책으로 평상시 인적실수요인에 대한 교육은 물론 현장의 기기조작 주의카드 및 주요 감지기의 표지판을 제작, 부착하여 기기조작 전에 경각심을 일깨워 주고 있고 현재는 원전 인적행위개선제도(HPES)를 정착시키는 것이 하나의 과제로 남아 있다.

원전운영 개선

원전 설계개념은 계통에 안정적인 전력을 공급하기보다는 설비 자체의 보호에 보다 우선순위를 둔 발전설비이다. 즉 바꾸어 말하면 운전중 이상상태 발생시 발전소의 안전정지를 우선으로 하는 설계개념이다. 물론 운전중 기기 자체의 고장에 대비하여 감지기의 다중화 개념을 도입하기는 했으나 일부에



지나지 않는다. 이같이 안전정지 제일주의로 설계를 하다보니 발전소가 필요시 안전설비가 제대로 동작하는지를 시험하는 정기/주기시험의 종류가 발전소에 따라 다소 차이는 있으나 약 300종에 달하며 총 시험횟수는 연간 약 4,300회에 이른다. 이 시험 중 발전정지 및 출력감발을 유발할 가능성이 있는 시험횟수는 약 290여회로 연중 발전설비가 운전되고 있는 기간에는 거의 매일 이같은 시험을 수행하고 있다.

화력발전설비와 비교할 때 산업설비로서는 운전성, 시험성, 보수성 등 모든 면에서 용이한 것은 하나도 없다. 그러나 이같은 설비의 특성을 잘 이해를 하고 잘 다룰 수만 있다면 화력발전설비가 갖지 못하는 많은 장점도 또한 지니고 있는 것이 사실이다. 다시 말해서 원전

의 운영개념은 운전, 정비 및 종사자 관리가 다른 발전설비보다는 차원이 몇 단계 높은데서 운영되지 않으면 원전 투자효과를 제대로 거두기가 어렵게 된다.

원전은 누구나 할 수 있는 설비가 아니요, 또한 누구나 해서도 안 되는 전력설비이다. 규제를 책임지고 있는 정부, 설비를 운영하는 사업자 그리고 원전의 혜택을 직접 받는 국민, 이들 삼자간의 입맞춤이 선행되지 않고서는 절대로 성공할 수 없는 전력사업이다.

원전운영의 과제

울진원전의 양 호기가 동시에 무고장 연속운전을 달성하였다는 것은 한국과 같이 원전의 설계, 기기 제작, 시공관리, 운영기술수준, 종사자들의 의식구조 등 모든 면에서

운영상 여러가지 어려운 여건하에 서는 그 의의가 매우 크다고 하겠다.

그러나 앞으로 울진원전은 국내 원전 중 발전소 운영면에서 선두주자로서 자부심을 느끼기 이전에 타 원전으로부터 쫓기고 있는 입장에 있으므로 사실은 이 글을 쓰기에 몹시 망서려졌으나 향후 국내 원전의 발전적인 계기가 되기 위해서는 다음과 같은 분야에 우리 모두가 다시 한번 생각을 깊이 해야 하기에 감히 붓을 들었다.

첫째, 근무환경 개선을 지적하고 싶다.

원전운영의 특성 중 가장 중요한 것은 설비운영의 유연성이 있어야 함에도 현재 한전은 국영기업체로서 사업소별로 자율책임경영체제와는 거리가 있으므로 발전소 운영이 자율적 관리체제로 전환되어야 하겠다. 즉 예산운용, 자재, 용역, 구매, 직원 인사권 등 모든 것이 중앙 집중적인 현실하에서 또한 빈번한 외부감사 등 발전 본연의 업무와 잡다한 업무에 너무 시달리고 있는 실정이다. 또한 직장은 종사자에 대한 비전을 제시할 수 있어야만 종업원의 잠재력을 극대화할 수 있고, 따라서 설비의 능률을 제고할 수 있을 것으로 생각이 된다.

그러나 현실적으로 인사제도를 비롯한 처우문제는 종사자들의 자긍심 고취에 전혀 희망적이지 못하다. 즉 현재와 같은 의무와 책임제 도하에서는 이에 대응하는 권한과 대우가 뒤따르지 않으면 원전운영의 한계성을 벗어날 수 없을 것이다.

둘째, 투용자 확대를 과감히 해야 한다.

설비의 개선은 기업성의 제고와 직결되어 있고 더욱이 연중무휴로 운전되는 회전체를 운영하는 사업장에서는 설비의 노후화가 빠르므로 적기에 투자가 이루어지지 못함으로써 설비의 가동률 향상에 문제가 야기되기 쉽다. 원전의 기자재 부품은 90% 이상이 외자에 의존하고 있는 실정이므로 항상 부품확보 내지는 재고관리가 제대로 이루어져야 한다.

투자의 또 한 면은 종사자의 자질향상을 위한 교육투자라고 할 수 있다. 조직체 내의 종사자는 항상 흘러 나가고 다시 새 사람을 맞이하게 되어 있다. 조직과 사람은 바뀌어도 사업장 본연의 임무는 지속되어야 하기에 종사자의 교육 특히 Plant Specific Training 과정은 국내에서 수행하기 어렵고 따라서 기시설계 및 제작사에서 이수하지 않으면 안된다. 또한 원전은 첨단기술로 조합된 산업체이므로 종사자들의 자격관리제도 운용이 제대로 이루어질 때 설비의 생산성과 안전성 모두 만족할 수 있을 것이다.

셋째, 원전 기자재의 국산화를 적극 유도해야 한다.

원전의 주요 기전설비는 대부분 외자에 의존하고 있는 실정하에서 지속적인 원전의 건설 및 운전되고 있는 발전소의 운영에는 한계가 뒤따를 수 밖에 없다. 원전 선택의 장점 중 하나는 이들 설비가 첨단설비이므로 국내 제작업체의 육성은 타 산업설비의 국산화에 견인차 역할을 할 수 있으나 한국 원자력산

업을 육성하는 정책에서는 뚜렷한 뒷받침이 없이 20년의 원전 역사속에 운전년수 67원자로 2년의 귀중한 경험이 무위로 흘러갔다. 한국은 원전운전 국가의 범주에서 벗어나서 원전공급 국가로 탈바꿈할 수 있는 정책이 아쉽다고 하겠다.

넷째, 정비전문업체를 육성해야 한다.

현재 원전의 정비는 한전기공(주)에서 맡고 있으나 기계 및 전기설비의 일부분으로 평이한 정비범주를 벗어나지 못하고 있을 뿐만 아니라 계장설비와 깊은 지식 및 기술을 요구하는 설비의 정비는 전혀 기술자립이 되어 있지 못하므로, 고급기술을 요하는 정밀정비는 대부분 국외 전문업체에게 외주를 주는 실정이다. 따라서 원전과 같이 종합적이며 복합적 기술로 이루어진 사업체의 국내 기술정비를 유도하기 위해서는 분야별로 전문업체를 육성할 수 있는 정책이 뒷받침되어야 하겠다.

다섯째, 원전의 핵연료 교체주기를 이제는 과감히 지금과 같은 12개월의 단주기에서 18개월의 장주기로 전환하여야 할 것이다.

원전의 계획예방정비 기간은 핵연료교체 뿐만 아니라 발전설비의 전반적인 점검이 이루어지는 시기이므로 차기 정비 때까지 제대로 운전될 수 있을 것인지를 판단하는 기간이기도 하다. 울진원전의 경우 앞서 기술한 터빈의 불확실성 문제가 있기는 하나 원인규명에 따른 후속조치가 이루어지고 있으므로 15개월 내지 18개월 주기로 전환되는데는 별로 어려운 문제점이 없을

것으로 보며 또한 다른 기전설비는 특별히 어려운 문제가 없다고 생각한다. 이같은 장주기 운전형태로 전환하기 위한 사전준비에 주의를 환기시켜야 한다. 이것은 원전의 이용률을 높일 뿐만 아니라 발전원전 절감을 유도할 수 있고 또한 전력설비의 예비율을 낮추는데 절대적인 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

맺음말

전력은 국가 경제발전에 원동력으로 해마다 그 성장속도가 빨라지고 있으며 이같은 수요에 부응하기 위한 국가적인 대안을 모색하고 있지만 에너지 부존자원이 없어 총 에너지수요의 90% 이상을 수입에너지에 의존하고 있는 시점에서 오늘날 과학으로 실현가능한 에너지는 원자력 뿐임이 자명하다.

이같은 환경에서 원전이 비록 지금은 국민적 합의를 받지 못하고 있다 하더라도 우리가 관리하는 능력을 향상시켜 국민의 이해와 인정을 받을 수 있는 방안을 과감히 모색하고 실천해야 하는 것이 한국 원자력산업계의 임무일 것이다.

이같은 차원에서 이제는 한국 원전의 발전을 새로운 시각에서 조명할 수 있는 계기가 되기를 바라며 특히 이번 울진원전 1, 2호기의 한 주기 무정지 운전을 동시에 달성한 경험은 원전에 근무하는 모든 종사자들이 원전의 운영관리에 자신감과 자부심을 가질 수 있게 한 계기가 되었음을 가장 큰 보람으로 생각한다. ▣