

# AP600 商用化 추진상황

4년간의 개발이후 웨스팅하우스 Advand Passive 600MWe 설계(AP600)은 단순화된, 수동적으로 안전한, 혁신적 개량형 LWR에 대한 미국 에너지부(US DOE)에 의해 공표된 목표를 실현했다. 1990년초에 AP600 프로그램은 상업용 단순화된 수동적 PWR개발을 위한 DOE의 유일한 査定(Award)을 따르며, 개념 설계 단계에서 상세설계 단계로 넘어갔다.

시험과 병행하여 상세설계는 1992년 중에 피크를 이룰 것이고, 이로서 미국 원자력규제위원회(NRC)에 의해 설계인증서 취득을 위한 필요정보를 제공할 것이다. 상세설계는 최종 NRC 설계 인증서를 지원하기 위해서 1994년 말까지 완료될 것이다. 이로서 1990년대 말전에 표준화된 AP600 발전소의 상업운전을 가능케 할 것이다. 웨스팅하우스 설계는 미국 전력산업의 연구기관인 EPRI와 협력하며 미국 DOE의 지원 계획하에 개발되었다. 이 프로그램의 목적은 고도의 안전성과 허가 확실성을 제공하고, 원형 발전소 또는 실증 발전소의 필요성을 피하기 위해 입증된 기기를 사용하고, 경제적으로 다른 발전원과 경쟁력있는 단순화된 원자력발전소를 설계하는데 있다. 게다가 발전소는 짧은 건설계획을 가지고 90% 가동률 및 60년 설계기준을 가질 것이다.

## AP600 NSSS설계

2-루프 AP600 설계의 단순화된 원자로 냉

각재계통은 다음과 같다.

-저출력 밀도 노심, 이는 여분의 안전 여유도를 제공하며, 연료 활용을 개선하고, 연료사이클을 85% 이용율을 가진채 18~24개월까지 연장시켜 준다.

-신뢰할 수 있는, 현장 입증된 증기발생기는 열처리된 Alloy 690 튜브재질, broached 스테인레스 스틸 튜브 지지물, 수압확관 튜브씨트 연결부 그리고 Minimum-gauge U-bend 지지물, 그러면서 부식에 견디는 특징

-주 루프배관: 용접부위 및 가동중검사 요건을 최소화하는 설계

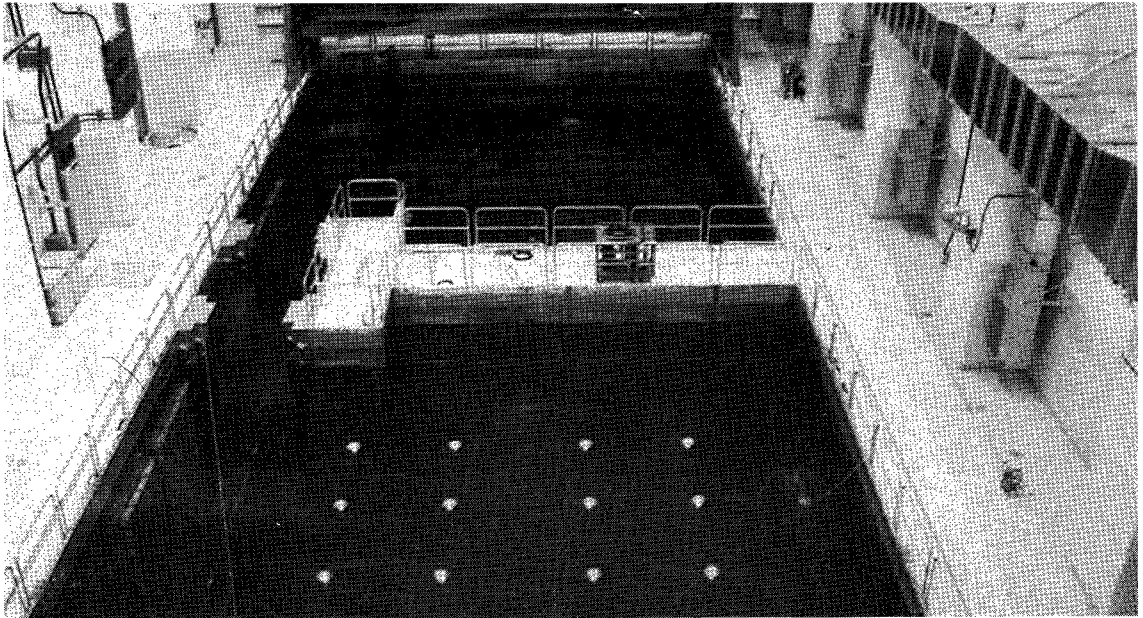
-대부분의 연료주기 기간중 부하추종을 위한 매일 보론변화의 필요성을 제거시킨 Grey rod

-가압기: 기존 2-루프 PWR보다 30%큼. 이런 확대는 천이 운전시 여유도를 개선시키고 발전소 신뢰성 향상, 압력방출밸브(power-operated relief valve)의 필요성을 제거함

AP600은 디지털로 다원화(Multiplexed)된, Microprocessor-based Control를 갖는 개량형 계측제어계통을 가지며, 기존 I&C 케이블의 80%를 감소시킨다. 발전소의 개량형 제어실은 운전원 실수 기회를 감소시키는 인적요인을 고려하여 설계되었다.

## 안전계통

AP600 안전계통은 가상되나 가능성이 낮고



설계기준사고를 위한 운전원의 조치가 필요치 않도록 설계되었다. 안전주입 및 격납건물 냉각계통은 지배적으로 수동적이다. 이들 안전계통은 사고시 노심이 과열되는 것을 예방하기 위하여 중력, 자연순환, 증발, Condensation 및 Convection을 채용하고 있다. 이들 두 계통은 발전소 설계를 단순화하고 실질적으로 위험을 감소시킨다. 내부에서 발생한 사고에 대한 예비 확률론적 분석의 결과를 보면 AP600은 가상되는 노심손상사고에 대해 매우 낮은 확률( $1.2 \times 10^{-6}$  Chance/year)을 가지며, 가상 중대 방사능 방출에 대해서는 훨씬 더 낮은 확률( $3 \times 10^{-9}$  Chance/year)을 가지며 EPRI요건을 잘 충족시킨다. 만약 정상적인 보충수로 처리될 수 없는 소규모 냉각재 누출이 발생한다면 2대의 노심 보충수탱크로부터 봉산수가 중력으로 냉각재를 대체하기 위해 유입된다. 대규모 냉각재 누설의 사고시에는 원자로 냉각계통 압력의 감소로 2대의 가압 Accumulator로 작동시켜 원자로에 봉산수를 공급한다. 더 많은 물이 필요하면 격납건물내 핵연료 재장전수 저장탱크로부터 봉산수가 중력으로 노심에 유입된다. 노심에 꼭 찬 물은 증발되면서 격납

건물로 방출되고, 증기는 격납건물 셸(Shell) 부분에서 응축되고 지속적인 냉각을 위해 중력에 의해 노심으로 다시 되돌려진다.

격납건물내 핵연료 재장전수 저장탱크 내부에 있는 자연순환 열교환기는 정상적인 잔열 제거계통이 작동불능일 때 보조용 열수송을 위해 제공된다.

수동적 격납건물 냉각계통은 궁극적으로 가상되는 낮은 확률의 설계기준사고 동안 격납건물로 부터 열을 제거하는 것이다. 이 계통은 안전하게 열을 제거하고 환경으로부터 원자료를 차단시키기 위해 자연이송 증개체로서 강철 격납건물 셸을 채용하고 있다. 강철을 통해 이송되는 열은 셸과 주변의 두꺼운 콘크리트 차폐건물 사이의 공기를 데워주며, 강철의 외부 표면을 냉각시켜 주는 공기흐름을 만들어 준다. 강철 격납건물 위의 물저장탱크는 증발에 의한 냉각을 도와주기 위해 격납건물 셸의 상부를 지나 물을 중력으로 분배한다.

이러한 수동적 안전계통은 디지털 I&C 계통과 단순화된 발전소배치와 결합하여 필요한 기기의 물량을 감소시킨다. 이 결과로 운전보수비용의 절감을 실현한다.

AP600건물은 기존 600MWe발전소에 비해 30%이상 감소되고, 지진 Category-1 용적은 약 40%감소된다. 감소된 건물 용적과 아울러 석유화학 공업과 조선산업에서 광범위하게 사용되고 있는 모듈 건설기술로 최초 큰크리드 타설에서 연료장전까지 36개월에 표준화된 AP600을 건설할 수 있게 된다.

### 설계상 피드백

웨스팅하우스와 이 프로그램에 참여하는 기관으로는 Avondale Industries, Bechtel Corporation, Burns and Roe, CBI Services, MK-Ferguson 그리고 Southern Company 이다. 국제 참여기관으로는 이태리의 Ansaldo, ENEL과 ENEA이고 인도네시아의 기술자가 포함되어 있다. 또한 몇 일본 기관이 900MWe 발전소 설계에 수동적 안전계통을 적용시키기 위해 참여하고 있다.

EPRI Utility Steering Committee는 설계 요건 및 설계검토를 이행하고 있다. 추가하여

미국 및 유럽 발전사업자로부터의 발전소 운전원이 설계상에 일찍 운전유지 피드백을 제공하기 위해 3일간 워크샵에 참여하고 있다. 피드백은 이미 설계상 진전을 보고 있는데, 핵연료 재장전 및 유지 운전을 위해 증가된 배치공간을 제공하고 사용후 핵연료 및 잔열제거를 위해 별개의 열수송계통을 들 수 있다.

### 공급할 수 있는 원자력

예비 경제성분석에 의하면 표준화된 AP600 설계에 1990년 달러로 KW당 1,370달러 Overnight Capital Cost를 반영하고도 AP600은 평균 석탄가격을 가정했을 경우의 석탄발전보다 16% 가격이 유리하다고 나타났다.

웨스팅하우스는 또한 AP600을 위해 확정가격 견적을 줄 수 있는 최신형 엔지니어링을 개발하는데 노력하고 있다. 다음 몇년 동안 미국 인허가 및 설계 인증서가 종료되면 AP600을 위한 확정가격 및 확정공정조건 개발을 보완할 것이다.

## 科 · 學 · 常 · 識

### 國際熱核融合爐

국제열핵융합로란 1988년부터 일본, 미국, 소련, EC가 공동으로 실험로의 설계검토를 하고 있는 것이다. 핵융합은 장래의 에너지원으로 이에 대한 연구개발이 적극적으로 추진되고 있다.

그렇다면 핵융합이란 어떤 것인가.

태양으로 부터 1평방미터당 700와트의 에너지가 온다.

우리들이 살고 있는 지상에는 1분간에 1m<sup>2</sup>당 700W의 에너지가 오고 있다.

이 에너지는 태양으로 부터 오는 것이다. 태양은 지구로 부터 약 15만km 떨어져 있다. 태양으로 부터 지구에 빛이 도달하는 데는 8분19초가 걸린다. 그런데 이렇게 떨어져 있는 곳에 에너지를 보낼 수 있는 것이다. 그리고 이 에너지의 원천은

열핵융합이다.

태양의 핵융합연료는 어디나 있는 수소다.

한편 지상에서의 열핵융합의 연료로는 수소와 같은 계열의 重水素와 3重水素(트리튬)가 검토되고 있다. 중수소 같은 연료는 바닷물속에 풍부히 있기 때문에 반영구적으로 확보할 수 있는 것이다.

이 연료 1그램으로 석유 약 8톤분의 에너지를 얻을 수 있다.

2개의 원자핵이 하나가 될 때에 에너지가 발생한다.

또 중수소, 3중수소의 연료 1그램에는 1兆개의 1,000억배의 작은 원자의 입자가 가득 차있다.

원자속에서 지구가 태양의 주위를 돌고 있듯이

<88면에 계속>