

MARS: 이탈리아의 고유안전 원자로

고유안전이란 2개의 기본적 요건의 충족을 의미한다. 즉, 인간이나 능동적 계통의 간섭이 없이 자연법칙에 의해 “핵반응 정지”와 “잔열 제거”되는 요건이다. 이런 의미에서 소위 “더 수동적인” 원자로와 “고유안전” 원자로간에 혼돈하지 않는 것이 필요하다.

서방세계에서 상업 원자로의 안전의 절대적 수준은 너무 높아 이런 분류가 아주 쓸모없고 단지 경제적 관점에서 고찰되어야 한다는 의견이 있다. 그러나 고려되어야 할 2가지 요인이 있다. 즉 일반대중의 이해와 건설기간이다.

다음의 제안은 실질적 안전은 단지 입증된 경험에 의해 나온다는 잘 알려진 논제와 마찬가지로 두가지를 모두 보고자 한다. 이 제안은 잘 입증된 원자로(WH사의 PWR, 단일 루프)에 근간하여 소형 PWR을 선정한다. 이것과 아울러 자연법칙에 의해 고유안전성의 두 기본 기능을 허용하는 기존 계통을 추가했다.

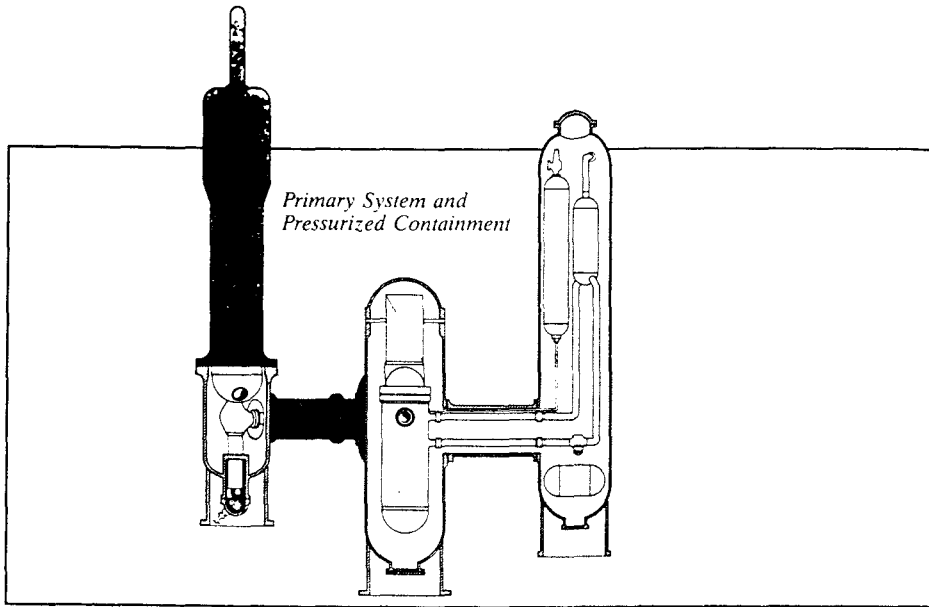
MARS(Multipurpose Advanced Reactor, Inherently Safe) 설계는 1984년 이후 로마대학 “La Sapienza”의 에너지과에서 개발되었다. MARS는 산업용 열생산과 민간용/산업용 전기생산을 목적으로 한다. 새로운 설계 방법론이 사용되었으며, 기존 틀에 추가될 새로운 안전계통을 연구하는데 근간하지 않고, 오히려 원자력 안전의 결정적 관점, 즉 안전한 정지 및 신뢰성있는 잔열제거계통의 필요성에 대한 심층 분석에 근간하고 있다. 이러한 관점은 새로

운 발전소의 기능과 설계 특성을 선정하는데 출발점이었다.

새로운 노심 안전장치계통의 신뢰성은 사실 수동적 논리에 근간한 설계기준에 의존한다. 그리하여 영구히 노심냉각을 보장할 수 있는 비상 잔열제거계통 및 적절한 열제거원의 가동성을 위한 자연순환 유형이 선정되었다. 관련 결과는 비상잔열계통의 형태와 출력제한(약 800MWe 초과금지)으로 나타났다.

MARS 원자로의 설계에서 그 목표는 손상 위험을 감소시키는 것이다. 연료의 조작실수로 인한 사고를 제외하고 가능성있고 높은 위험 사고들의 대부분은 고압력과 노심냉각재내 높은 내부에너지와의 동시 발생으로부터 발생한다. 이들은 1차 냉각재 압력경계내에서 다양한 파열을 야기시키고 노심손상(LOCA)의 가능성을 갖고 있다. MARS 원자로에서 압력경계 파열은 1차 냉각재와 외부 환경과의 압력차가 없게 함으로써 제거되었고, 이리하여 용기를 포함한 1차계통의 운전을 1차 응력이 없는 상태에서 가능하게 해준다.

MARS의 1차 냉각계통은 전적으로 低엔탈피 액체(low-enthalpy-liquid)가압 격납용기(Pressurized Primary Containment: CPP)내에 내장된다. 엄청난 지진으로 외부용기(CPP)가 파손되더라도 냉각재 상실 가능성은 극히 낮은 것이다(低 엔탈피 냉각재). 그러므로 위험은 거의 없으며 손상입지 않는 압력



경계내에서 노심의 안전정지를 허용할 것이다.

CPP는 프리스트레스트 콘크리트용기이거나 수송가능한 강철용기가 될 것이다. 그것은 불리한 외부 사건에 대해 보호기능을 제공하는데 이는 외부 격납건물(원자로건물)에 의한 보호에 추가되는 것이다. 低엔탈피의 가압 2차 격납용기와 아울러 단순하고 수동적인 비상 잔열 제거계통의 채용은 사고 진전 다양성을 엄청나게 감소시키고, 안전성분석을 간단하고 신뢰성 있게 만들어 준다.

CPP설계에 많은 노력이 경주되었다. 즉 건설 특성으로 원자로용기와 1차 계통 배관사이와 1차 계통 배관과 증기발생기 사이에 용접을 하는 것 대신에 체계적 누설방지 플랜지 커플링을 허용하고 있다. “고유 안전” 원자로정지의 요건은 노심내 온도에 민감한 특별기기의 채용으로 달성되며, 이는 직접으로 안전정지 제어봉으로 동작한다. 제어봉은 위험한 온도에 도달하기 전에 노심으로 삽입되며 이는 안정된 중성적 특성에 기인한다. 이러한 제어봉계통은 기존 PWR의 제어봉에 추가되며, 기존 것과는 상호접촉되지 않는다. 노심의 위치 특성의 보존(LOCA와 제어봉 이탈이 억제됨)은 이 원자

로 개념의 독특한 특성이다.

제한된 농축으로 꽤 높은 발전소 부하율(연간 8,000시간 이상의 진출력)을 가지면서 노심내 연료가 상당히 긴 주기기간에 도달하는 것이 가능하다. 이러한 관점은 작은 전기회사를 겨냥한 특별 설계관점에서 주로 상당한 중요성을 갖고 있다. 이는 유지보수의 아주 낮은 부담에서 기인한다.

기본 구상은 전적으로 공장내에서 건설되는 발전소라는 점으로 원자력기기 및 보조계통은 완전히 공장에서 조립되고 마지막 연결을 위해 현장으로 수송된다. 현장 작업은 주로 구조물의 토목작업이고, 현장에서 여러 보조 및 비상 계통의 先조립 패키지는 선반(rack)으로 수송되어 마지막으로 제자리에 연결된다. 이러한 의미에서 모듈 원자력발전소는 전적으로 공장 안에서 지어지거나 다른 모듈 발전소(예: 터보가스 발전소)를 거의 닮았으며 더 좋고 용이한 품질보증 절차와 더불어 건설기간 단축 및 관련 비용 절약에 이점이 있다. 입증된 기술의 완전한 사용으로 상용화 되기 전에 원형원자로 경험이 불필요하게 될 지도 모른다.