

신형경수로 핵증기공급계통 개발 및 설계특성

양준석 | 한국전력기술(주) 원자력 설계 개발단 상무

백종만 | 한국전력기술(주) 원자력 설계 개발단 부장

김윤식 | 한국수력원자력(주) 신고리 1,2 사업처 과장

1. 서론

차세대원자로인 APR1400 기술개발사업은 정부에서 주도하고 있는 국가 선도기술 개발사업(G-7 과제)의 일환으로 1992년부터 국내 산업체와 연구소, 규제기관 그리고 학계가 참여하여 추진하였다. 본 사업은 10년 이상의 장기 과제로서 단계별로 구분 추진되었으며, 개발 노형을 결정하기 위한 1단계(1992~1994년)를 거쳐 확정된 노형의 기본설계를 수행하기 위한 2단계(1995~1999년) 개발이 완료된 바 있고, 이를 토대로 한 3단계 사업(1999~2001년)에서는 설계최적화, 장기소요 기술 항목의 사전설계 및 표준설계인가 획득을 목표로 수행되었으며 2002년 2월 최종 표준설계에 대한 인허를 취득한바 있다.

APR1400의 설계를 위해 선정된 설계 기본요건 들에는 강화된 안전성 목표, 보완된 운전성능 요건 및 개선된 운전성능 요건과 이들을 만족하기 위한 설계 합리화 요건, 원자로냉각재계통(원자로냉각재

계통) 구성요건, 비상냉각 및 잔열제거 요건 등이 포함되어 있다. 안전성 목표에는 원전 사용자가 요구하는 노심손상 빈도, 격납건물 건전성 상실 빈도, 방사능 대량 누출 빈도, 중대사고 대처요건 등이 있으며, 안전성능 요건에는 안전여유도, 운전원조치 여유시간, 발전소 정전 대처시간 등 그리고, 운전성능 요건에는 가동률, 계획 외 불시정지 회수, 출력변동, 재장전 주기 등의 요건이 있다. APR1400에 적용되는 설계 기본요건들의 선정을 위해서 국내외 원전 사용자의 요구사항을 면밀히 분석하여 한국형 사업자 요건 문서(Korean Utility Requirements Documents, KURD)가 작성되었고, 이들 요건을 만족하기 위한 기기 및 계통의 설계를 위해서 참조 발전소 대비 설계변경 혹은 개선이 필요한 사항을 도출하여 설계방향을 결정하였으며, 이와 더불어, 외국의 개량형 경수로(ALWR)에 채택된 설계개선 사항들을 분석하여 성능, 안전성, 경제성 측면에서의 검토를 통해 APR1400에의 채택 여부가 결정되었다. 이러한 과정을 거쳐 결정된 APR1400의 설계 기본요건들은 2단계의 기본설계에 반영되었고, 3단계에서는 APR1400이 한국표준형원전 대비 안전



성, 성능 및 경제성이 향상된 국제 수준의 개량형 원전으로 완성하기 위해서 설계최적화가 수행되었다.

3단계에서는 2단계에서 완료된 기본설계의 최적화를 수행하여 3단계가 종료되면 바로 건설이 시작될 수 있도록 추진하였으며 APR1400의 주요 설계 특성 별로, 기본요건 선정 배경, 한국표준형원전설계 내용, 설계특성 채택에 따른 장점을 분석하고, 사업자요건인 KURD(또는 EPRI URD) 내용을 고찰하였다. 따라서, 본 논문에서는 APR1400의 설계특성 중 발전소 용량, 고온관 온도 감소, 안전주입계통, 파이롯트구동안전방출밸브, 증기발생기 용량, 운전원조치 여유시간, 원자로냉각재계통 주기기의 60년 설계수명에 대해 원자로계통설계 관점에서 검토하고, 이들이 APR1400 설계에 반영된 현황을 소개하기로 한다.

2. 신형경수로의 주요 요건

2.1 용량

APR1400의 용량은 기술적 신뢰도와 안전성 확보에 문제가 없고 대형원전의 장점을 살릴 수 있는 열출력 4000MWt(전기출력 1400MWe)급으로 결정되었다. 원전 용량을 결정하는 주요한 변수인 원자로 열출력은 원자로냉각재계통 온도 및 유량과 직접적으로 연관되므로 원자로냉각재계통 고온관 온도 및 유량을 새로 결정하는 업무가 수행되었다. 기존원전 대비 열출력을 증가시키기 위해 원자로냉각재계통 유량을 증가시키고 저온관 온도를 감소시키는 방향으로 설계개발이 진행되었고, 고온관 온도는 기존원전보다 낮게 유지하는 기본요건을 만족하면서 증기발생기 전열관의 응력부식 균열 가능성을 줄

이고 노심의 열적여유도를 향상시키기 위해 615oF로 결정되었다. 표 1은 APR1400의 일차계통의 주요 설계변수들을 한국표준형원전 및 System80+와 비교한 값이다.

원전 용량과 관련된 인허가 지침으로는 미국의 규제지침서 Reg. Guide 1.49가 있으며, 본 지침서에서는 용량의 증가에 따른 안전성 확보의 불확실성에 근거하여 1979년 1월까지의 원자로 최대 열출력을 3800MWt로 제한하고 있었다. 이와 같은 미국의 열출력 제한은 충분한 경험이 축적되기 전까지는 무분별한 용량 격상을 방지하기 위함이다.

그러나 현재 세계적으로 40기 이상의 원전이 1300MWe 혹은 그 이상의 용량으로 운전 중에 있으며 유럽의 EPR (European Pressurizer Reactor)은 1500MWe 용량으로 건설 중에 있다. System80+는 1300MWe의 용량으로 설계되어 인가를 받았으며 APR1400은 용량 증대를 충분히 수용할 수 있도록 설계되었다. 참고로, 한국표준형원전은 8기가 상업운전 중이며 노심출력 2825MWt, 전기출력 1000MWe이며, System80+는 열출력 3931MWt 및 그에 따른 관련 설계 결과들이 인허가 기준을 만족하여 설계되었음을 미국 규제위원회가 최종안전성평가보고서를 통하여 인정한 바 있다.

현재 세계적으로 상업운전 중인 가압경수로형 원전은 600~1000MWe급이 주류이나, 현재 건설 중이거나 개발 중인 개량형경수로로는 1000MWe급 이상의 대용량이 세계적인 추세이다. 그 사유로는 규모의 경제에 의해 용량이 클수록 경제성이 유리(1300MWe 원전은 600MWe 원전보다 31% 경제성이 유리한 것으로 나타남)하며, 심화되어 가는 부지 확보의 어려움을 고려하여 대용량 원전 건설이

표 1 _ 주요 설계변수 비교

설계변수	한국표준형원전	System80+	APR1400
열출력, MWt (원자로냉각재펌프 열출력 포함)	2825	3931	4000
전기출력, MWe	1000	1380-1420	1455
원자로냉각재펌프 열출력, MWt	10	17	17
고온관 온도, oF	621.2	615	615
저온관 온도, oF	564.5	555.8	555
냉각재 평균온도, oF	592.9	585.4	585
원자로냉각재계통 냉각재 유량, lb/hr	121.5x10 ⁶	165.8x10 ⁶	166.6x10 ⁶
증기발생기 이차측 압력, psia	1070 ²⁾	1000 ¹⁾	1000 ¹⁾
증기발생기 관폐쇄율, %	8	10	10

주 : 1) 증기발생기 dome 내부 압력 2) 증기발생기 nozzle 출구 압력

보다 효율적인 것으로 판단되었기 때문으로 보인다. 따라서, APR1400은 용량 관점에서 경제성을 갖고 부지 확보의 어려움을 해결할 수 있는 장점을 갖게 된다.

2.2 고온관 온도 감소

원자로냉각재계통 온도는 열출력과 직접적으로 연관되므로 APR1400의 열출력 4000MWt급에 적합하도록 원자로냉각재계통 고온관 온도를 결정하여야 한다. 선행호기 대비 열출력의 증가로 인해 원자로냉각재계통의 고온관 온도의 증가, 저온관 온도의 감소 또는 원자로냉각재계통 유량의 증가가 요구되었다. 고온관 온도를 증가시킬 경우 열적여유도가 감소하고 증기발생기 전열관의 응력부식균열 가능성이 증가될 수 있으며, 저온관 온도 감소시는 증기발생기 이차측의 압력이 감소하여 열효율 즉, 전기출력이 감소하게 된다. 이 경우 열효율, 즉 증기발생기 이차측 압력을 유지하기 위해서는 열전달 면적을 늘리는 방

법을 고려할 수 있으나, 증기발생기가 커져 제작성에 영향을 미치게 된다. 따라서 원자로냉각재계통 고온관 온도는 열출력을 확보하면서 안전성 및 경제성을 최대화 할 수 있도록 결정되어야 한다.

APR1400의 고온관 온도는 한국표준형원전 및 System 80+ 대비 증가된 열출력을 수용하면서 설계변경 영향을 최소화할 수 있도록 원자로냉각재계통 유량 증가와 저온관 온도를 감소시키면서 최상위 (top-tier) 요건을 만족하고 증기발생기 전열관의 응력부식균열 가능성을 줄이며 노심의 열적여유도를 향상시키기 위해 615oF로 결정되었다. 한국표준형원전의 고온관 온도는 621.2oF이다.

고온관 온도 감소는 증기발생기 세관의 응력부식균열을 억제시킬 수 있으므로 APR1400의 설계목표인 발전소 수명 60년 보장에 장점이 있으며 아울러 열적여유도가 증가하여 발전소 운전 및 안정성 향상에 유리하다. EPRI URD에서는 고온관 온도를 600oF까지 낮추어 설계하도록 기술되어 있지만 이는 Inconel-600을 증기발생기 전열관 재질로 사용



한 경우에 적용된다. APR1400에서는 증기발생기 전열관 재질을 고온에 내식성이 강한 Inconel-690(TT)을 사용하므로 고온관 온도 600oF 이상으로 설계하여야 한다. 따라서 고온관 온도를 낮출수록 2차측 압력감소로 인한 터빈 발전기의 효율이 저하됨을 고려하여 고온관 온도가 615oF로 결정되었다.

2.3 안전주입계통

APR1400에서는 전기적 2 지역, 기계적 4 계열 설계 개념을 기본요건으로 채택하였다. 또한 안전주입계통 용량 최적화(축소)를 위해 원자로용기 직접주입(DVI) 방법을 사용하여 원자로냉각재상실사고 발생지점에서의 비상노심냉각수 유실을 감소시켰으며, 안전주입배관에서 공통모관과 연결관 및 밸브들을 제거하여 운전원의 판단과 운영기술지침서에 따른 시험 및 검사가 용이하도록 하였고, 격납용기 내 재장전 수조(IRWST)를 사용하여 냉각수원 전환에 따른 비상노심냉각계통의 기능상실 가능성을 감소시켰다. 이는 EPRI URD와 KURD에서도 요구되

는 사항이며 특히 KURD에서는 안전주입 기능의 신뢰성 향상을 위해 안전주입탱크 내에 유량조절장치(Fluidic Device)를 설치하도록 요구하고 있다.

한국표준형원전의 안전주입계통은 2 계열으로서 안전주입수가 원자로냉각재계통 저온관에 연결된 안전주입 노즐을 거쳐 저온관과 원자로용기 하향유로를 통해 노심으로 주입되며(그림 1 참조), 안전주입작동신호 발생 후 일차 수원인 재장전수저장탱크(Refueling Water Storage Tank, RWST) 수위가 설정치 이하로 낮아질 경우 재순환 작동신호(Recirculation Actuation Signal, RAS)를 발생시켜 수원을 재장전수저장탱크에서 격납용기 재순환 집수조(Containment Recirculation Sump, CRS)로 전환하도록 하고 있다.

APR1400의 안전주입계통(그림 2 참조)은 독립된 4개의 계열이 원자로용기에 연결된 원자로용기 직접주입 노즐에 각각 냉각수를 공급함으로써 한국표준형원전의 2계열 안전주입계통(HPSI, LPSI)의 주입 공통모관을 제거하여 운전 중 지속적인 검사/시험 필요성을 배제하였으며, 설계요건 및 계통의

그림 1 _ 한국표준형원전 안전주입계통

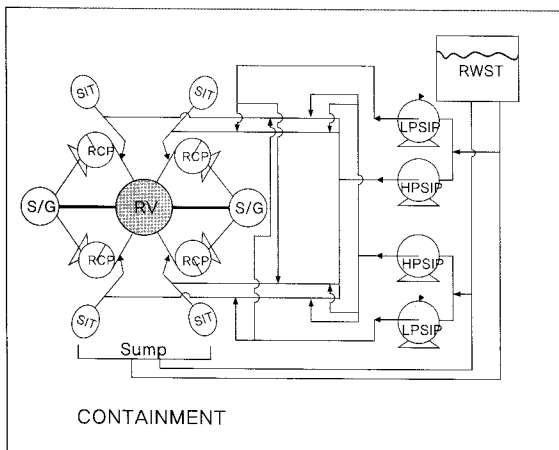
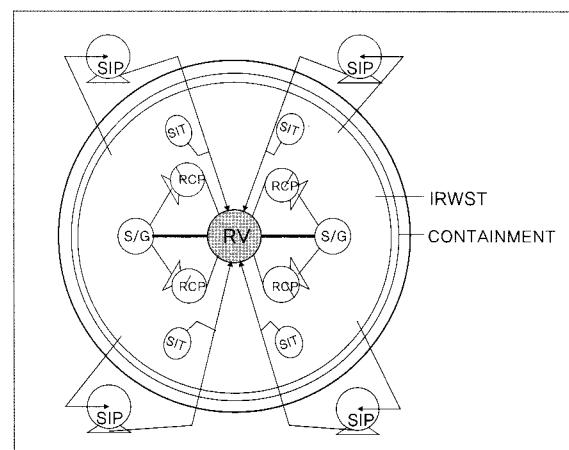


그림 2 _ APR1400 안전주입계통



구성을 단순화하여 고압안전주입(High Pressure Safety Injection, HPSI)의 신뢰도를 제고하였다. 원자로용기 직접주입의 설치로 인해 원자로용기 하향유로에 냉각수를 직접 주입하여 저온관 파단시 안전주입수 유실을 방지함으로써 안전주입계통 용량을 축소할 수 있으며, 기존의 재장전수저장탱크와 격납용기 재순환 집수조 기능을 동시에 수행하는 격납용기 내 재장전 수조를 격납건물 내부에 설치하여 계통/운전 모드를 단순화하고 격납건물 관통 부분을 감소시키는 효과를 얻을 수 있도록 설계되었다. 또한, 안전주입탱크 내에 유량조절장치 설치로 대형 냉각재상실사고시 안전주입을 2단계로 분할하여 초기에 재충수(refill) 및 재관수(reflood)를 위한 대용량의 냉각수를 주입한 후 적절히 조절된 소용량의 냉각수를 주입하여 안전주입수 유실을 최소화함으로써 한국표준형원전에서 약 70초만에 안전주입탱크 용량이 고갈되는데 비해 APR1400에서는 약 150초까지 안전주입탱크의 냉각수를 사용할 수 있도록 하였다. 이 계통은 국내에서 처음으로 적용되는 만큼 원자로용기 직접주입 형상에 대한 해석 및 관련 실험 등에 많은 노력을 기울이고 있다.

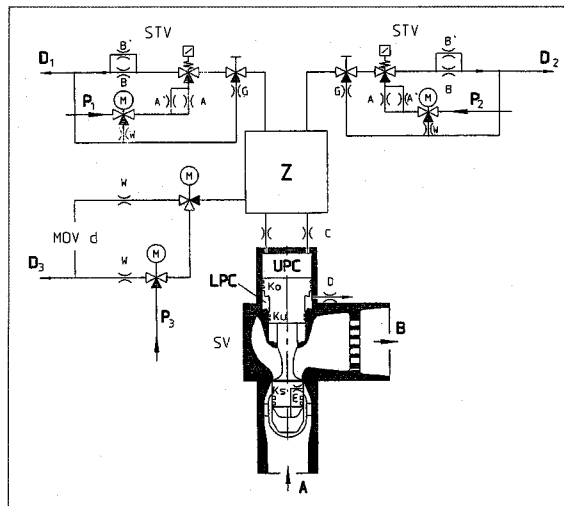
2.4 파이롯트구동안전방출밸브 (Pilot Operated Safety Relief Valve)

파이롯트구동안전방출밸브와 관련된 APR1400의 기본요건은 설계기준사고 발생시 일차측의 과압을 방지할 수 있어야 하며 설계기준 초과사고인 완전급수상실(Total Loss of Feed Water, TLOFW) 사고 발생시 증기발생기를 이용한 잔열제거가 불가능할 경우 운전원의 조치로 원자로냉각재계통을 충분히 감압시켜 안전주입을 가능하게 함으로써 잔열제거를 할 수 있도록 하고 노심노출을 방지할 수 있

어야 한다는 것이다. 또한, APR1400에서는 노심용융이 수반되는 중대사고시 파이롯트구동안전방출밸브를 이용하여 원자로냉각재계통을 감압시켜 격납건물 직접가열 현상 발생을 방지하여야 한다. 국내 사업자 요건인 KURD에서는 이 기능과 관련 과압방지 기능 및 완전급수상실 사고시 주입 및 방출(feed & bleed) 운전 중 방출 역할로 원자로냉각재계통을 급속 감압시킬 수 있어야 하고, 중대사고시 이 감압설비가 격납건물 직접가열 현상을 완화해야 하며, 방출된 기체, 증기 및 액체를 수용할 수 있는 공간을 제공할 것을 요구하고 있으며, EPRI URD에서는 중대사고 및 완전급수상실 사고시에 원자로냉각재계통을 신속히 감압하기 위해 안전감압계통(Safety Depressurization System, SDS)를 설치하고 과압방지는 스프링구동 안전밸브(Pressurizer Safety Valve, PSV)에 의해 수행되는 설계를 요구하고 있다.

한국표준형원전의 과압방지 기능은 스프링구동

그림 3 _ 파이롯트구동안전방출밸브





안전밸브에 의해 수행되도록 설계되어 있으며, 설계 기준 초과사고인 완전급수상실 사고시 급속감압을 수행할 수 있도록 안전감압계통이 추가되었고, 이 안전감압계통은 완전급수상실 사고일 때만 사용된다.

APR1400에서는 과압방지 기능과 완전급수상실 사고시 급속감압 기능을 동시에 수행하는 파이롯트 구동안전방출밸브를 채택하여 기존의 스프링구동 밸브들의 개방 설정치 접근시 누설 및 설정치 변동 등의 문제점을 보완하였다(그림 3 참조).

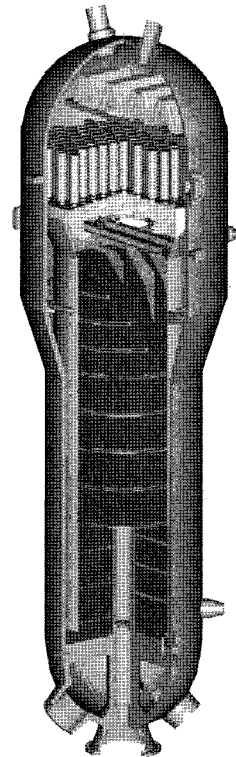
2.5 증기발생기 용량

국내 원전의 불시정지 원인 중 약 26%가 증기발생기 수위조절 실패에 의한 것으로서 증기발생기 용량 증대는 수위제어능력 향상, 충분한 설계여유도 및 운전원조치 여유시간 확보에 긍정적이다. 또한, 증기발생기 세관 재질 Inconel-690은 기존 원전의 Inconel-600 보다 내부식성이 우수하고 마모에 따른 Co-60 생성이 적어 일차측 방사선 준위 저감에 바람직하며, 증기발생기의 부식 또는 기계적 결함 등으로 인한 관폐쇄에 대비하여 적정 수준의 관폐쇄율 확보는 필수적이다.

이와 관련된 KURD와 EPRI URD에서는 개량형 경수로의 증기발생기는 10% 관폐쇄 여유도 확보 및 세관 재질은 Inconel-690을 제시하고 있어, APR1400에서는 이들을 기본요건으로 설정하였다. 증기발생기 세관을 포함한 증기발생기 재질과 관련된 인허가 요건으로는 설계 과도상태에 대한 ASME 코드 허용응력 제한치를 초과하지 않아야 하며(ASME), 증기발생기 용량과 관련해서는 주급수관 파단사고, 증기발생기 전열관 파단사고 등 설계기준 사고 발생시 10CFR100의 기준에 따라 다음사항을 만족하여야 한다는 것이다 :

- 증기발생기 일차측 : ASME 등급 1, 안전등급 1
- 증기발생기 이차측 : ASME 등급 1, 안전등급 2
- 핵연료 손상 : 불허용 혹은 냉각 가능한 형태로 유지
- 방사선량 : 10CFR100 기준에 의한 소량의 방사선량

그림 4 - 증기발생기



APR1400에서는 성능목표 중의 하나인 증기발생기 용량 증대를 위해 설계변경 및 관련 해석을 수행하였으며, 그 결과 10%의 증기발생기 관폐쇄 여유도 및 Inconel-690 사용을 설계에 반영하였고, 완전급수상실 사고시 20분인 증기발생기 고갈시간은 설계최적화 과정을 통해 만족됨이 확인되었다. 참고로, 한국표준형원전은 원자로정지 후 증기발생기 고

갈시간이 15분 이상으로 유지되며, 증기발생기 세관 재질로는 Inconel-600(울진5,6호기부터는 Inconel-690)을 사용하며, 8%의 관폐쇄 여유도를 확보하도록 설계되어 있다.

2.6 운전원조치 여유시간

현재의 인허가 요건에서는 모든 설계기준사고에 대하여 운전원의 조치가 요구되는 경보 발생 후

최소한 30분 동안 아무런 조치를 취하지 않더라도 원자로가 안전상태(노심냉각 유지 및 핵연료 설계 한계치 만족)로 유지되어야 함을 요구하고 있다. 또한 운전원조치 여유시간은 설계기준사고 이외에도 기타 발전소 안전에 중요하다고 판단되는 운전원조치에 대해서도 적용되며, 이 경우에는 안전여유 기준(safety margin basis)으로서 현실적인 방법을 적용하여 평가하는 것이 허용된다. APR1400의 운전원조치 여유시간을 30분으로 결정한 사유로는 사고 발생시 조치 필요성의 긴박함 등으로 인한 운전원 실수를 최소화하기 위하여 일반적으로 보수적으로 규정된 규제요건보다 10분 이상 많은 30분을 적절한 여유시간으로 판단하였기 때문이다.

설계기준사고 이외의 운전원조치 여유시간 30분 적용은 인허가 요건에 부가하여 추가의 안전성을 확보하고자 하는 사업자의 의지를 반영하여 결정되었으며, 이는 APR1400의 안전성 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다. KURD에서는 개량형 경수로를 위한 운전원조치 여유시간과 관련하여 인허가 설계 기준 및 안전여유 기준 요건을 동시에 적용하고 여유시간도 기존 발전소보다 증가된 시간을 요구하고 있다. 즉, 초기사건에 단일고장을 고려한 과도상태 및 사고분석시에 최소 30분간은 운전원조치가 없어

도 규제 제한치를 만족할 것을 요구함과 동시에 안전여유 기준으로 일부 노심의 안전에 중요한 설계기준사고 이외의 사고에 대해서도 운전원조치 여유시간을 요건화하고 있다. EPRI URD는 상기 KURD와 동일하나, 안전여유 기준으로 기준사고 이외의 주요 사고 및 과도상태에 대해서 30분 이상의 운전원조치 여유시간을 요구하고 있다. 운전원조치 여유시간과 직접 관련된 기술기준은 ANSI/ANS-58.8로서 발전소 과도상태에 따라 각각 기기 작동시간을 고려한 5, 10, 20분의 운전원조치 여유시간을 요구하고 있으며, 이때 사고 빈도는 작으나 노심 손상의 가능성이 높은 사고에 대해 보다 많은 운전원조치 여유시간을 요구하고 있다. 실제 이들 요건에 따라 설계기준사고만을 고려하여 설계된 한국표준형원전의 경우에는 호기별로 약간씩의 차이가 있지만 영광 3,4호기 경우, 단일 제어봉 낙하사고 및 유출관파단 사고 해석시에는 10분, 붕소 희석사고 해석시에는 15분, 기타 설계기준사고 해석시에는 30분을 적용하였다. APR1400에서는 기본요건인 운전원조치 여유시간 30분을 목표로 설계하였으며, 안전해석 결과 운전원조치 여유시간 30분을 만족하는 것으로 확인되었다.

2.7 원자로냉각재계통 주기기 60년 설계수명

기존의 발전소는 일반적으로 40년의 설계수명을 기준으로 하여 설계되어 있으며, 이는 재료기술의 수준과 운전경험 및 재료성능 자료의 부족 등에 따른 보수적인 규제요건에 따라 결정되었다. 그 동안 원자로계통 재료의 성능이 꾸준히 향상되어 왔고 또한 발전소 부지선정의 어려움이 현실화됨에 따라 기존 발전소에 대한 계속연장에 대한 연구가 활발히 진행되어 APR1400의 설계 수명 60년의 고려는 당



연하다. 원자로냉각재계통 주기기 설계수명과 관련된 APR1400의 기본요건은 교체가 어렵고 교체시 상당 기간의 운전정지가 요구되는 설비의 설계수명은 60년이어야 한다는 것이며, 이에 해당되는 설비는 원자로 압력용기, 가압기, 증기발생기, 원자로냉각재펌프 및 원자로냉각재계통 배관이다. 이와 관련된 사업자 요건인 KURD 및 EPRI URD에서도 설계수명을 60년으로 하도록 요구하고 있다.

APR1400 원자로냉각재계통 주기기의 60년 설계수명은 주기기에 대한 중성자 조사취화, 응력부식 균열, 마멸 및 마모에 대한 평가, 증기발생기세관 재료인 Inconel-690TT의 재료평가, APR1400의 열수력 과도조건에 대한 주기기 주요 부위의 피로해석, 원자로의 가압열충격 평가 및 압력-온도한계곡선 작성 등을 수행하여 평가되었다. 이러한 평가로부터 APR1400 원자로냉각재계통 주기기의 60년 설계수명 요건이 만족된다는 것을 보일 수 있었으며, 따라서 설계수명이 증가된 APR1400은 한국표준형원전 대비 경제성이 향상된 발전소가 될 것으로 기대된다.

3. 결론

APR1400 기술개발의 목표로 설정된 주요 설계특성들의 특성을 고찰하였다. 이 특성들이 APR1400 개발의 기본요건으로 선정된 배경과 국내외의 사용자 요구사항, 유사 노형인 한국표준형원전의 설계내용 등을 종합적으로 검토하였고, 해당 설계특성의 도입에 따른 장점을 소개하였다.

APR1400의 용량은 한국표준형원전 대비 약

40%가 증가된 4000MWt로서 증가된 용량에 따른 각종 기기 및 계통의 설계가 인허가 요건 및 사용자 요구사항을 모두 만족토록 설계가 진행되었다. 안전주입계통은 원자로용기 직접주입, 격납용기 내 재장전 수조, 유량조절장치 등을 새로 도입하고 저압안전주입펌프를 제거하여 계통의 단순화로 한국표준형원전의 가동 중 검사/시험 부담을 제거 또는 감소시켰고 격납건물 관통부분의 감소 및 안전주입탱크의 냉각수 장기간 사용 등을 가능하도록 하였다. 처음으로 설계되는 원자로용기 직접주입 안전주입계통 및 유량조절장치를 포함하는 안전주입탱크 관련 해석 및 실험 등이 진행되고 있다. 원자로냉각재계통 감압계통은 과압방지 기능과 설계기준 초과사고인 완전급수상실 사고시 급속감압 기능을 동시에 수행하는 파이롯트구동안전방출밸브를 채택하여 기존의 스프링구동밸브들의 가동중 문제점을 보완하였다. 완전급수상실 사고시 증기발생기 고갈시간을 20분으로 결정하여 설계최적화 과정을 통해 만족됨을 확인하였으며, 설계기준사고시 운전원조치 여유시간 30분을 확보하여 운전원의 실수가 최소화될 수 있도록 하였다. 또한, 원자로냉각재계통 주기기 설계수명을 60년으로 증가시켜 한국표준형원전 대비 경제성이 향상된 발전소가 되도록 설계를 진행하였다.

이상과 같이 APR1400에 적용되는 주요 설계특성을 고찰해 본 결과, 전반적으로 성능 및 안전성 목표 달성에 문제점이 없으며, APR1400의 경제성, 유사 개량형 원전과의 차별성 등과 관련된 필수적인 기본요건들은 적절히 반영되어 설계가 진행되고 있어, 신고리3,4호기에 적용될 APR1400은 세계의 타 개량형 경수로와 비교할 때 경제성, 안전성 및 성능 면에서 우수한 명실상부한 한국의 차세대 원전이 될 것으로 기대된다.