

영광 1 호기 ILRT 주기연장에 따른 위험도 평가

서미로 ^a, 한병섭 ^b, 김기용 ^b

^a 한전전력연구원, 대전시 유성구 문지동 103-16, mrseo@kepri.re.kr

^b (주)ACT, 대전시 대덕구 신일동 1688-5, #402

1. 서론

국내 원전의 격납건물 중합누설률 시험(ILRT) 주기는 2001년 과학기술부 고시 2001-42 호에 의하여 주기연장으로 인한 안전성 영향이 타당한 것으로 입증 될 경우 10년에 1 회로 연장이 가능하게 되었다. 그러나, 2 회 이상의 가동중 시험 이력과 안전성 영향 평가를 위한 확률론적 안전성 평가 모델의 부재로 국내의 경우 실제 연장을 수행된 경험은 아직 없다. 본 연구는 ILRT 주기가 도래하였고, 주기연장을 위한 제반 조건이 갖추어진 영광 1 호기의 ILRT 주기를 10년에 1 회로 연장하기 위한 위험도 영향 평가이다.

2. 분석범위 및 방법

격납건물 ILRT 주기연장에 따른 위험도 영향 평가는 격납건물 ILRT 의 유용성, 중대사고시 ILRT 에 의해 영향을 받는 방사선원향 경로 파악, ILRT 주기연장에 따른 위험도 분석과 같은 단계로 수행하게 된다.

먼저, 격납건물 ILRT 의 유용성은 LLRT 수행시 누설을 발견하지 못하였거나 LLRT 시험대상 이외의 부위에서 누설이 발생하는 경우를 ILRT 에 의해 찾아내는 것이다. NUREG-1493 에 따르면 LLRT 는 성공하였는데 ILRT 가 실패한 경우는 전체의 3%로 나타나고 있다.[1]

다음으로, ILRT 주기 연장과 위험도와 의 상관관계를 분석하기 위해서 격납건물 성능 저하에 따른 주민의 위험도 영향을 평가해야 한다. 영광 1 호기의 경우 방사선원 분류중 STC 1, 2 번에 해당하는 사고경위가 격납건물 누설에 의해 주민이 위협을 받는 경우로 파악되었다.[2] 마지막으로 ILRT 주기연장에 따라 영향을 받는 사고경위가 파악되면, 이에 대한 위험도를 분석한다. 이를 위해서는 발전소 주변의 인구, 풍속 및 기타 Level III PSA 수행에 필요한 각종 자료가 요구된다. 발전소 손상상태와 사고 진행군, 격납건물 비손상, 혹은 우회 및 격납건물 격리실패 등을 포함하는 경우에 대하여 각 방사선원향 그룹의 빈도와 예상 결과 추이에 따라 위험도를 분석한다.

3. 영광 1 호기 소외결말분석

영광 1 호기 소외결말분석은 영광 1,2 호기 방사선원향 자료와 영광원전 반경 80km 의 2002 년 인구분포 자료, 그리고 1999 년부터 2003 년까지 영광원전 부지 주변 기상탑에서 측정된 기상자료를 이용하여 평가하였으며, 주요 측정인자로는 주민선량을 선정하였다.

3.1 기상자료

기상자료는 영광원전 부근의 기상특성을 사실적으로 반영하기 위해 영광원전 부지 주변 기상탑에서 측정된 1987 년부터 2003 년까지의 데이터를 분석하였으며, 영광 기상자료의 풍향변화의 추이를 파악하기 위해 풍향변화에 대하여 16 개의 방위각으로 분석한 결과, 북쪽 방향으로 불어나가는 바람의 빈도가 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

3.2 인구 및 지역특성 자료

영광원전 주변의 인구분포자료는 2002 년도를 기준년도로 한 지방자치 단체의 통계연보를 적용하였으며, 영광원전 부지로부터 반경 80km 이내 전 지역을 16 개의 방사지역과 10 개의 동심원지대로 구분된 160 개의 단위지역으로 구분하였다.

3.3 방사선원향 자료

영광 1,2 호기 PSA Level II 수행결과로 구해진 18 개 방사선원향 그룹에 대한 방사선원향 자료를 활용하였다.[2]

3.4 기타 평가가정 및 제한사항

본 위험도분석에서 사용된 가정사항은 다음과 같다.

- 1) 평가대상지역은 16km 와 80km 내의 거주인구에 대해서 평가한다.
- 2) 사고 후 16km 이내의 주민은 모두 소개되는 것으로 가정한다.
- 3) 본 분석에서 고려되는 피폭경로는 통과하는 방사능 구름에 의한 외부피폭, 지표상에 침적된 방사성물질에 의한 외부피폭, 그리고

방사능운의 흡입 및 음식물 섭취에 의한 내부피폭으로 나눌 수 있으며, 방사능운의 흡입에 의한 외부피폭은 흡입 후 50 년간 장기별 가중인자가 적용된 유효집적선량이고, 외부피폭에 의한 선량은 장기별 가중인자가 적용된 유효선량이다.

- 4) 방사능운 및 지표상에 침적된 방사성물질에 의한 외부피폭 선량환산인자와 호흡선량 환산인자는 MACCS II 전산코드의 선량환산인자 파일에 내장된 값을 적용한다.
- 5) 수직확산계수는 Tadmor-Gur curves 에 근거하여 계산식 $oz = axb$ 에 근사한 결과를 얻기 위하여 대기안정도에 따라 제시된 값이 적용된다.
- 6) MACCS II 전산코드에서 고려되는 각 핵종의 노심재고량은 2003 년도에 KOPEC 및 한수원에서 수행한 고리 3,4 및 영광 1,2 호기에 대한 “가동원전 출력증강 기술 개발”[3] 과제에서 선원항에 대한 재평가를 수행한 것을 근거로 하여 노심 재고량을 가정하였다.
- 7) 단일추정치(Point Estimate)로 제시된 결과는 Mean 값을 나타낸다.
- 8) 원자로 반경 80 km 안에서 조기 및 지연피폭으로 인해 받는 주민선량을 위험도 측정인자로 고려한다.

3.5 소외결말 출력형태 CCDF

MACCS II 전산코드는 관심있는 소외결말 측정인자의 크기와 그것의 기상-근거 확률을 각 방출군에 대해서 각각의 보상 누적 분포함수 형태로 출력한다. 따라서 모든 방출군에 대한 소외결말 측정인자의 조건부 CCDF 는 각 방출군의 발생빈도를 가중하여 구한다. 그리고 방사선원항 방출군의 발생빈도 및 방사선원항과 결합하여 소외결말의 크기를 정하는 부지기상변화의 확률이 측정인자인 주민선량의 Mean CCDFs 를 만드는 데 이용된다.

4. 분석결과

4.1 소외결말분석 결과

영광 1 호기에 대하여 누설률이 설계기준 누설률인 0.1[%/일]인 경우를 기본경우로 하여 MACCS II 전산코드로 분석한 결과 반경 80 km

에서의 주민선량은 1.14(인·렘/년)이고, 개인선량은 3.57E-7(렘/년)로 개인별 선량한도 값을 충분히 만족하고 있다.

4.2 ILRT 주기연장에 따른 위험도영향 평가

ILRT 주기연장에 따른 위험도 증가율은 다음과 같이 구해진다.

$$\frac{Risk(\text{주기연장}) - Risk(BL)}{Risk(BL)} \times 100 = \frac{\Delta Risk}{Risk(BL)}$$

여기에서,

$$Risk(BL) = \Delta Risk(NL) + \Delta Risk(CF) + \Delta Risk(CB) + \Delta Risk(IF)$$

BL = Baseline

NL = Nominal Leakage

CF = Containment Failure

CB = Bypass Containment

IF = Isolation Failure

영광 1 호기에 대한 주기연장 안에 대한 위험도 증가율은 0.0051%로 나타났다.

5. 결론

ILRT 는 격납건물의 압력을 임의로 설계기준 압력까지 상승시켜 누설을 탐지하는 시험으로 과거의 데이터에 의해 유용성이 현저히 떨어지는 것으로 나타나고 있으며, 오히려 격납건물 가압으로 인한 안전성 저해 요인이 되고 있다. 본 연구 결과를 통하여 영광 1 호기 원전에 대한 격납건물 ILRT 주기연장에 따른 위험도 영향은 미미하기 때문에 ILRT 주기연장은 타당한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] “Performance-Based Containment Leak-Test Program,” NUREG-1493, January 1995.
- [2] “Probabilistic Safety Assessment for YGN Unit 1&2” KOPEC, December 2003.
- [3] “Development of Power Uprate Technology for Operating Power Plants” KOPEC, December, 2003.
- [4] “YGN Unit 1&2 Probabilistic Safety Assessment Report,” Y12-PSA-L2-01, KOPEC, 2003.
- [5] 김명기, 서미로, “성능기반 격납건물 누설시험 프로그램,” 전력연구원, '98 전력연-단 627, TM.C97NS02.S1998.557, 1998. 9.
- [6] SNL(1997), Code Manual for MACCS II Vol. 1, SAND97-0594, User's Guide, SNL.
- [7] USNRC(1998), Code Manual for MACCS II : Preprocessor Codes COMIDA2, FGRDCF, IDC2, Vol. 2, NUREG/CR-6613, 1998, USNRC