

KAERI/TR-2073/2002

울진 3호기 안전성 관련
모터구동밸브 중요도 분류
(Categorization of Safety Related Motor Operated
Valve Safety Significance for Ulchin Unit 3)

KAERI

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장귀하

본 보고서를 2001년도 원자력 연구개발 중장기 계획사업과제 “신뢰도기반 안전성 향상 기술개발” 과제의 기술보고서로 제출합니다.

2002년 3월

주저자: 강대일
공저자: 김길유

요 약 문

I. 제목

울진 3호기 안전성관련 모터구동밸브 중요도 분류

II. 연구개발의 배경 및 목적

과학기술부에서는 원전의 모터구동밸브 및 동력구동 게이트 밸브(power operated gate valve: POGV)에 대한 신뢰성 및 안전성을 확보하기 위해 규제 권고사항을 1997년 발표하였다. 2002년 현재, 국내 원전에서는 이들 밸브들에 대한 안전성 평가가 수행중이다. MOV의 1차적인 안전성 평가 이후, 과학기술부는 모터구동밸브의 안전성을 주기적으로 확인하는 규정을 발표할 예정이다. 모터구동밸브의 주기적 안전성 확인은 확률론적 안전성 평가(probabilistic safety assessment: PSA) 수행으로 얻어지는 모터구동밸브 중요도의 정량적인 순위화 정보와 모터구동밸브의 안전성 평가에서 얻어진 모터구동밸브 성능평가 정보를 이용하여 모터구동밸브를 원전의 안전성에 기여하는 정도에 따라 높은 안전성 (high safety significant components: 이하 HSSCs) 기기와 낮은 안전성(low safety significant components: 이하 LSSCs) 기기로 분류한다.

기존에 발생했던 안전관련 모터구동밸브 고장 사건중에는, 동일 기능을 하거나 유사 유형인 모터구동밸브들 모두가 고장나는 공통원인고장 (common cause failure: CCF) 사건들이 있었다. 울진 3호기 PSA에서는 모터구동밸브의 공통원인고장 확률 평가에 MGL 방법을 사용하였는데, 평가에 사용되었던 경험 데이터들은 모터구동밸브 안전성 평가에 영향을 받는다. 즉, 공통원인 고장들 중 일부는 모터구동밸브 안전성 평가 시행으로 고장원인이 제거되어 그 공통원인고장 발생 가능성이 매우 희박하게 된다. 이에 본 연구에서는 울진 3호기의 모터구동밸브에 대한 MGL 모수 (parameters) β 를 재 추정하고, 모터구동밸브 중요도를 분류하였다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

모터구동밸브의 안전성 평가가 모터구동밸브의 공통원인고장 경험 데이터에 미치는 영향을 파악하여 울진 3호기 공통원인고장확률 평가에 사용되었던 MGL 모수 β 를

손계산으로 재 추정하였다. PSA에 모델링된 모터구동밸브는 먼저 PSA를 이용하여 분류하였고, PSA에 모델링 안된 모터구동밸브는 공학적 평가로 수행하였다. PSA를 이용한 모터구동밸브 중요도 분류는 1,2단계 내부사건 PSA, 외부사건 PSA, 정지/저출력 PSA, 초기사건 분석 결과도 이용하였다. 또한 1단계 내부사건 PSA에 대한 민감도분석 결과도 이용하였다. PSA에 모델링 안된 모터구동밸브 중요도는 단순화된 고장모드 영향 분석과 주요 고장모드 정량화로 얻어진 정량적인 정보와 P&ID와 설계문서 등의 검토, 발전소 직원과 설계자와의 면담 등을 수행해 얻은 정성적 정보, 그리고 PSA 전문성을 토대로한 공학적 평가를 통해 분류하였다.

IV. 연구개발 결과

MGL 모수 β 의 점 추정 결과, 울진 3,4 PSA의 공통원인고장분석에 사용된 MGL 모수 β 값은 현재의 β 값보다 약 30%가 감소되는 것으로 나타났다. 변경된 MGL 모수 β 값을 사용하여 중요도 분석을 수행한 결과, HSSCs로 분류된 모터구동밸브 댓수는 현재의 MGL 모수 β 값을 사용하여 분석한 경우보다 54.5% 감소한 것으로 나타났다. 국내 원전의 모터구동밸브에 대한 공통원인고장 데이터를 수집하여 MGL 모수를 평가하고 중요도 분석을 수행하면 모터구동밸브 HSSCs 댓수는 좀 더 줄어들 것으로 예상된다.

V. 연구개발 결과의 활용계획 및 건의사항

본 연구결과와 같이 MGL 모수를 재 평가하여 모터구동밸브 중요도를 분류하면 국내 원전사업자의 경제적 부담은 경감될 것으로 기대된다. 추후에는 모터구동밸브 안전성 평가 시행으로 얻게되는 성능평가 데이터와 본 연구 결과를 이용한 최종적인 모터구동밸브 중요도 분류 연구가 수행될 필요가 있다. 아울러, 국내 원전 기기들의 공통원인고장 데이터의 수집과 평가, 공통원인고장 평가를 위한 전산화 연구가 조속히 시행될 필요성이 있을 것으로 판단된다.

SUMMARY

I. Project Title

Categorization of Safety Related Motor Operated Valve Safety Significance for Ulchin Unit 3

II. Objectives and Importance of the Project

The Ministry of Science and Technology (MOST) in Korea issued regulatory recommendations to address the reliability and safety of motor operated valve (MOV) and power operated gate valve (POGV) of domestic nuclear power plants (NPPs) in 1997. Now in 2002, the safety evaluations of the MOV and POGV for domestic NPPs are under progress. After the completion of primary safety evaluations of MOV, the MOST will issue a regulatory document for the periodic safety verification of the MOV. The periodic safety evaluation of the MOV includes the categorization of MOV safety significance, using the information on the quantitative ranking to be obtained by performing the PSA and on the performance evaluation of the MOV to be obtained by its safety evaluation, as high safety significant components (HSSCs) and low safety significant components (LSSCs) according to its contribution to the safety of NPP.

There are common cause failure (CCF) events, simultaneous failure of all MOVs having same functions or similar types, among the failure events of the safety related MOV which have previously occurred. The safety evaluation of MOV of domestic nuclear power plants affects the generic experience data used for the quantification of MOV CCF events in Ulchin Units 3 PSA. For some of CCF events, the implementation of the MOV safety evaluation make the possibility of the CCF occurrence negligible. Therefore, in this study, we re-estimated MGL(multiple greek letter) parameter β used for the evaluation of MOV CCF probabilities in Ulchin Units 3&4 PSA and performed a classification of the MOV risk significance.

III. Scope and Contents of Project

We identified the effects given to the CCF experience data by the safety evaluation of the MOV and re-estimated MGL parameter β used in the evaluation of the CCF for Ulchin Units 3 PSA by hand. First, the categorization of the MOV

modeled in the PSA was performed through Ulchin Unit 3 PSA. The categorization of the MOV not modeled in the PSA was performed through engineering judgement. The PSA scope for the categorization of the MOV safety significance includes Level 1 & 2 internal, Level 1 external and shutdown/low power operation PSA, and initiating event analysis. It also includes the sensitivity analysis. The categorization of the MOV not modeled in the PSA was performed through engineering judgment, based on the PSA expertise, the quantitative information to be obtained by the application of the simplified failure modes and effects analysis (FMEA) to the MOV and the quantification of its critical failure mode, and the qualitative information to be obtained by the review of design documents, P&ID, etc. and the interview with plant staff and the system designers.

IV. Results of Project

The re-estimation results on the point value of the MGL parameter β show that its point value is decreased by 30% compared with the current value used in Ulchin Unit 3&4 PSA. The categorization results of MOV safety significance using the changed point value of MGL parameter β show that the number of HSSCs (high safety significant components) is decreased by 54.5% compared with those using the current point value in Ulchin Units 3 PSA. It is expected that the fraction of the HSSCs is decreased much more if the CCF data of the domestic MOV are collected and analysed.

V. Proposal for Applications

It is expected that the economic burden on the periodic safety verification of the MOV for the domestic NPP will be lowered if the MGL parameters are re-estimated according to the approaches used in this study. As a future work, the final categorization of the MOV safety significance using these study results and the performance evaluation data to be obtained by the implementation of the safety evaluation of the MOV is needed to complete it. Also, it is expected that the

studies on the collection and analysis of the CCF data for the components of the domestic NPPs and on the code development for the CCF evaluation are immediately performed.

목 차

| | |
|--|-----|
| 국문 요약 | i |
| 영문 요약 | iii |
| 제 1 장. 서론 | 1 |
| 제 2 장. 방법론 | 3 |
| 제 1 절 MGL 모수 추정 방법 | 3 |
| 제 2 절 MOV 중요도 분류 방법 | 8 |
| 제 3 장 분석 결과 | 12 |
| 제 1 절 MGL 모수 추정 결과 | 12 |
| 제 2 절 중요도 분류 결과 | 13 |
| 제 4 장 결론 | 17 |
| 참고문헌 | 18 |
| 부록 A. 모터구동밸브 시험관련 일반사항 | 20 |
| 부록 B. MGL 모수 추정 관련 경험 데이터와 공통원인고장 확률 평가 결과 | 24 |
| 부록 C. MGL 모수 β 변경 전.후의 중요도 분석 결과 | 49 |
| 부록 D. MOV 최종 중요도 분석 상세 결과 | 62 |

그림 목 차

| | |
|------------------------------|----|
| 그림 1. 모터구동밸브 중요도 분류 과정 | 10 |
|------------------------------|----|

표 목 차

| | |
|--|----|
| 표 1. 모터구동밸브 안전성과 신뢰성 평가 관련 GL의 주된 내용 | 1 |
| 표 2. 비치명적 충격으로 분류된 사건의 상향 배치 상세 식 (1/4)..... | 6 |
| 표 3. PSA를 이용한 모터구동밸브 중요도 분류 기준 | 9 |
| 표 4. MOV 안전성 평가 시행후의 계열별 유사 기기 고장 관련 사건 수 | 13 |
| 표 5. MOV 안전성 평가 시행으로 인한 β 값 변화 | 13 |
| 표 6. MOV 시험 대상 밸브와 PSA에 모델링되어 있는 기기 수..... | 13 |
| 표 7. PSA를 이용한 MGL 모수 변화 반영 중요도 분석..... | 14 |
| 표 8. 현재 MGL 모수 β 값을 이용한 최종분석 결과 | 15 |
| 표 9. 변경 MGL 모수 β 값을 이용한 최종분석 결과 | 15 |
| 표 10. 울진 3 호기와 South Texas 발전소 MOV 중요도 분류 비교 ... | 16 |

제 1 장. 서론

원전의 안전성 관련 모터구동밸브(motor operated valve: MOV)들은 원전의 가동중시험(In-Service Testing: IST) 요건을 규정하고 있는 ASME(American society of mechanical engineers) 코드 요건에 따라 시험되어 왔었지만, 안전계통의 실제 작동 요구시 밸브들이 제대로 동작하지 않은 사건.사고가 많이 발생되었다^{1,2,3}. ASME 코드 요건에 따른 원전의 안전성 관련 MOV 시험은, 계통의 설계조건(사고시의 높은 압력, 온도 등)보다는 낮은 대기압 상태에서 밸브의 열림이나 닫힘에 대한 동작시험을 수행하는 것이다. 원전의 이상상태 발생으로 안전계통 작동 요구시 발생했던 많은 안전 관련 밸브들의 고장 사건들은 ASME 코드 요건에 따른 시험에 의해 확인이 안 되는 사건이나 사고였다. 이에 미국의 원자력 규제기관인 원자력 규제위원회(NRC)에서는 안전관련 MOV들의 신뢰성 및 안전성을 확보하기 위해 표 1의 GL 89-10³, GL 95-07⁴, GL 96-05⁵ 등을 발표하여 원전의 사업자들로 하여금 안전관련 MOV들의 안전성과 신뢰성을 평가하도록 하였다.

표 1. 모터구동밸브 안전성과 신뢰성 평가 관련 GL의 주된 내용

| GL 종류 | 주된 내용 |
|-----------------------|---|
| GL 89-10 ³ | 안전관련 MOV에 대해 설계기준 사고 하의 설계조건 검토(전기적 요소포함) 및 시험실시, 발전소 전 운전기간동안 스위치 설정 값 선정/유지, 절차서 작성 등 |
| GL 95-07 ⁴ | 열적 고착과 압력 잠김에 민감한 POGV에 대해 작동성 평가 |
| GL 96-05 ⁵ | GL 89-10에 대해 주기점검 프로그램 확립과 시행 |

국내에서도 과학기술부에서는 원전의 MOV 및 동력구동 게이트 밸브(power operated gate valve: POGV)에 대한 신뢰성 및 안전성을 확보하기 위해 규제 권고사항 (원검 71233-205: GL89-10 /GL95-07과 유사)을 1997년 6월에 발표하였다^{6,7}. 국내 원전의 MOV에 대한 안전성 확인은 1999년부터 시작되어 2005년까지 걸쳐 수행이 완료될 계획이다. 이후에는 국내에서도 MOV의 주기적 안전성 확인을 위해 미국의 GL 96-05와 유사한 규제 요건이 공표될 예정이다⁶. 부록 A에는 MOV 시험과 안전성 평가 업무와 관련된 사항들이 기술되어 있다.

MOV의 주기적 안전성 확인은 확률론적 안전성 평가(probabilistic safety assessment: PSA) 수행으로 얻어지는 MOV 중요도의 정량적인 순위화 정보와 MOV의 안전성 평가에서 얻어진 MOV 성능평가 정보를 이용하여 MOV를 원전의 안전성에 기여하는 정도에 따라 높은 안전성 (high safety significant components: 이하 HSSCs) 기기와 낮은 안전성(low safety significant components: 이하 LSSCs) 기기로 분류한다^{5, 6, 8, 9, 10}. 필요에 따라서는 3가지로 분류할 수도 있다. 분류된 MOV마다 별도의 안전성 확인 프로그램을 개발하여 발전소 운전기간동안 반복적으로 계속 시행한다^{5, 6}.

기존에 발생했던 안전관련 MOV 고장 사건들 중에는, 동일 기능을 하거나 유사 유형의 MOV들 모두가 고장나는 공통원인고장(common cause failure: CCF) 사건들이 있다^{3, 11}. 이들 공통원인고장 사건의 원인(causes)들을 보면 인적오류 등에 의해 반복적으로 발생하는 것도 있으나 기기 공급자(vendor)가 제공하는 공학적인 데이터나(토크 또는 리미트 스위치 설정치, 모터 크기 등) 절차서 등이 잘못되어 발생한 사건들이 많았다^{3, 11}. 이러한 공통원인고장 사건들 중 일부는 GL 89-10³에 따른 시험이나 국내의 MOV 안전성 확인 요건⁷에 따라 안전성 평가를 시행하면 그 발생 가능성이 매우 희박하게 된다. 국내 표준 원전인 울진 3,4 호기 PSA¹²에서는, MOV의 공통원인고장 평가에 MGL (Multiple Greek Letter) 방법을 사용하였는데, 평가시 사용되었던 경험 데이터에는 위에서 언급한 사건들과 유사한 원인으로 발생한 공통원인고장 사건들이 있다¹².

이에 본 연구에서는 울진 3호기의 MOV에 대해 안전성 평가 시행으로 영향을 받는 MGL 모수(parameters)를 재 추정하고, 위험도 관점에서 MOV 중요도를 분류하였다.

2장에서는 MGL 모수를 추정하는 방법과 PSA를 이용해 기기 중요도를 평가하는 방법을, 3장에서는 모터구동 밸브의 안전성 평가에 대한 MGL 모수 추정 결과와 기기 분류 결과를 기술하였다. 끝으로 4장에서는 결론을 기술하였다.

제 2장. 방법론

이 장에서는 공통원인고장 확률 평가에 사용된 MGL 모수 추정 방법^{12, 13, 14, 15}과 MOV 중요도 분류에 사용된 방법^{15,16}을 기술하였다. 본 연구에 사용된 기기 중요도 분류 방법은 참고문헌^{15,16}에 상세히 기술되어 있다.

제 1절 MGL 모수 추정 방법

공통원인고장이란 공통된 원인(shared causes)으로 2개 이상의 기기가 동시에 또는 짧은 시간에 고장나는 의존적인 사건들의 집합이다. 공통원인고장이 발생하는 원인으로서는 인적, 환경, 설계, 절차서 등 여러 가지가 있다¹³. 올진 3,4 PSA에서는 공통원인고장 확률에 대한 평가를 MGL 방법을 사용하였다.

크기 m인 공통 원인 기기 군에서 k(k = 1, 2, ..., m) 개의 특정 기기가 포함된 기본사건 확률을 $Q^{(m)}_k$ 라고 표시할 경우 $Q^{(m)}_k$ 은 아래의 (식 1)과 같이 표시되는데 MGL 모수는 여기서 θ_i ($\theta_2=\beta, \theta_3=\lambda, \dots$)를 말한다^{12, 13}.

$$Q^{(m)}_k = \frac{1}{m-1 C_{k-1}} \prod_{i=1}^k \theta_i (1 - \theta_{k+1}) Q_t \dots \dots \dots \text{(식 1)}$$

이 때 k = 1, 2, ..., m

여기서,

$$\theta_i (i = 1, 2, \dots, m+1) = (\theta_1=1, \theta_2=\beta, \theta_3=\lambda, \dots, \theta_{m+1}=0)$$

Q_t : 한 개 기기의 전체 고장 확률로서 m개의 공통원인 군에서 한 개의 기기에 대한

독립원인 고장사건과 공통원인고장 사건 전체에 대한 기기 고장 확률

m : 공통 원인 고장군 그룹 크기

(식 1)에서 공통원인고장 경험 데이터를 토대로 한 MGL 모수 계산은 아래의 (식 2)를 이용한다:

$$\theta_i = \frac{\sum_{k=i}^m k \cdot n_k}{\sum_{k=i-1}^m k \cdot n_k} \dots \dots \dots \text{(식 2)}$$

이 때 k = 2, ..., m

여기서,

$\theta_i (i=1, 2, \dots, m+1) = \text{MGL 모수}$

n_k : k개 기기가 포함된 고장 사건 수

(식2)에서 고장사건 수 n_k 를 계산하는 식은 다음과 같다:

$$n_k = \sum_{i=1}^T P_k^{(i)} \text{ for } k = 2, \dots, m, \dots \dots \dots \text{(식3)}$$

$$N_1 = \sum_{i=1}^T P_1^{(i)} + n_{\text{IND}} \dots \dots \dots \text{(식4)}$$

여기서,

n_k : k 유사 기기 고장과 연관된 사건 총수

$P_k^{(i)}$: 사건 i 영향 벡터의 P_k 요소

N_1 : 독립사건 총 수

n_{IND} : 독립 사건 수

T : 데이터 베이스 경험사건 총 수

MGL 모수를 추정하는 과정은 먼저 수집된 경험 데이터에 있는 사건이 평가 대상 발전소에 적용 가능한지 평가를 한다. 두 번 째로 경험 데이터에 있는 계통 크기와 평가 대상 계통의 크기를 조절하여 영향 벡터(impact vector)를 구한다. 세 번 째로 (식3)과 (식4)을 이용해 영향벡터를 합산해 고장 사건 수를 구하고 (식2)를 사용해 MGL 모수를 구한다^{12,13,14}.

크기 m 개로 이루어진 기기그룹에서 사건발생시 이 사건의 영향벡터는 ($P_0, P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$)로 정의되며 $m+1$ 요소를 갖는다. 여기에서, 각 P_j 는 공통원인고장 분석 전문가가 고장자료를 토대로 j 개의 기기가 동시에 혹은 비슷한 시간에 고장날 가능성을 확률로 표시한 것이다. 경험데이터의 계통 크기와 평가 대상 계통의 크기가 같고, 적용 가능성에 대한 확률이 P_{ap} 일 경우, 평균 영향 벡터 [P^\wedge]는 아래와 같이 표시된다;

$$[P^\wedge] = P_{ap} * (P_0, P_1, \dots, P_m) \dots \dots \dots \text{(식5)}$$

계통 크기가 분석 대상 계통보다 크면 영향 벡터를 하향 배치(mapping down)한다. 만일 분석대상 계통 크기보다 사건의 본래 크기가 작다면, 영향 벡터를 상향 배치(mapping up)한다. 이때 영향 벡터의 상향 배치는 한 개의 기기 고장이 공동그룹(common group)내의 다른 기기에 미치는 충격(shock) 형태에 따라 다르다. 치명적(lethal) 충격으로 인해 n개의 기기가 있는 계통에서, 모든 n개의 기기가 고장나는 확률은 변경없이 m개 기기 계통 내에서 모든 m개 기기가 고장나는 확률로 배치된다. 충격 형태가 비치명적(non-lethal)이면 상향 배치는 주어진 충격에 대해 기기가 고장날 조건부 확률인 ρ 값을 사용해 평가한다. 참고문헌^{12,13,15}에 따른 하향배치, 상향배치, 독립사건 배치에 대한 일반식은 다음과 같다:

- 계통크기 m+1에서 m으로의 하향배치 일반 식:

$$P_0^{(m)} = [1/(m+1)]P_1^{(m+1)} + P_0^{(m+1)},$$

$$P_k^{(m)} = [1k/(m+1)]P_k^{(m+1)} + [(k+1)/(m+1)]P_{k+1}^{(m+1)},$$

..... (식6)

이때 $k=1, \dots, m$

여기서,

$P_k^{(m)}$: 계통 크기 m에 대한 영향 벡터 k+1 요소

- 비치명적 충격으로 m-1기기 계통에서 m기기 계통 상향 배치 일반식:

$$P_1^{(m)} = [m/(m-1)](1-\rho)P_1^{(m-1)}$$

$$P_k^{(m)} = \rho P_{k-1}^{(m-1)} + (1-\rho)P_k^{(m-1)}$$

$$P_m^{(m)} = \rho P_{m-1}^{(m-1)}$$

.....(식7)

이때, $k = 2, \dots, m-1,$

여기서,

ρ 는 비치명적 충격이 있을 경우 기기가 고장나는 조건부 확률

- 치명적 충격으로 n개의 기기 계통에서 m개 기기 계통으로 상향배치 경우:

$$P_m^{(m)} = P_n^{(n)} \dots \dots \dots (식8)$$

- 계통크기 n에서 계통크기 m으로의 독립 사건 배치 일반식:

$$P_1^{(m)} = (m/n)P_1^{(n)} \dots \dots \dots (식9)$$

여기서,

$P_1^{(m)}$ 은 계통 크기 m에서 독립사건 수

표 2에는 m-1기기 계통에서 m기기 계통으로 상향 배치할 경우에 대한 상세 식이 나타나 있다.

표 2. 비치명적 충격으로 분류된 사건의 상향 배치 상세 식 (1/4)

| 계열 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|--|---|
| 1 | $P_1^{(2)} = 2(1-\rho) P_1^{(1)}$ $P_2^{(2)} = \rho P_1^{(1)}$ | $P_1^{(3)} = 3(1-\rho)^2 P_1^{(1)}$ $P_2^{(3)} = 3\rho(1-\rho) P_1^{(1)}$ $P_3^{(3)} = \rho^2 P_1^{(1)}$ | $P_1^{(4)} = 4(1-\rho)^3 P_1^{(1)}$ $P_2^{(4)} = 6\rho(1-\rho)^2 P_1^{(1)}$ $P_3^{(4)} = 4\rho^2(1-\rho) P_1^{(1)}$ $P_4^{(4)} = \rho^3 P_1^{(1)}$ |
| 2 | | $P_1^{(3)} = (3/2)(1-\rho) P_1^{(2)}$ $P_2^{(3)} = \rho P_1^{(2)} + (1-\rho) P_2^{(2)}$ $P_3^{(3)} = \rho^2 P_2^{(2)}$ | $P_1^{(4)} = 2(1-\rho)^2 P_1^{(2)}$ $P_2^{(4)} = (5/2)\rho(1-\rho) P_1^{(2)} + (1-\rho)^2 P_2^{(2)}$ $P_3^{(4)} = \rho^2 P_1^{(2)} + 2\rho(1-\rho) P_2^{(2)}$ $P_4^{(4)} = \rho^2 P_2^{(2)}$ |
| 3 | | | $P_1^{(4)} = (4/3)(1-\rho) P_1^{(3)}$ $P_2^{(4)} = \rho P_1^{(3)} + (1-\rho) P_2^{(3)}$ $P_3^{(4)} = \rho P_2^{(3)} + (1-\rho) P_3^{(3)}$ $P_4^{(4)} = \rho P_3^{(3)}$ |

표 2. 비치명적 충격으로 분류된 사건의 상향 배치 상세 식 (2/4)

| 계열 | 5 | 6 |
|----|--|--|
| 2 | $P_1^{(5)} = 5/2(1-\rho)^3 P_1^{(2)}$ $P_2^{(5)} = (9/2)\rho(1-\rho)^2 P_1^{(2)} + (1-\rho)^3 P_2^{(2)}$ $P_3^{(5)} = (7/2)\rho^2(1-\rho) P_1^{(2)} + 3\rho(1-\rho)^2 P_2^{(2)}$ $P_4^{(5)} = \rho^3 P_1^{(2)} + 3\rho^2(1-\rho) P_2^{(2)}$ $P_5^{(5)} = \rho^3 P_2^{(2)}$ | $P_1^{(6)} = 3(1-\rho)^4 P_1^{(2)}$ $P_2^{(6)} = 7\rho(1-\rho)^3 P_1^{(2)} + (1-\rho)^4 P_2^{(2)}$ $P_3^{(6)} = 8\rho^2(1-\rho)^2 P_1^{(2)} + 4\rho(1-\rho)^3 P_2^{(2)}$ $P_4^{(6)} = (9/2)\rho^3(1-\rho) P_1^{(2)} + 6\rho^2(1-\rho)^2 P_2^{(2)}$ $P_5^{(6)} = \rho^4 P_1^{(2)} + 4\rho^3(1-\rho) P_2^{(2)}$ $P_6^{(6)} = \rho^4 P_2^{(2)}$ |
| 3 | $P_1^{(5)} = 5/3(1-\rho)^2 P_1^{(3)}$ $P_2^{(5)} = (7/3)\rho(1-\rho) P_1^{(3)} + (1-\rho)^2 P_2^{(3)}$ $P_3^{(5)} = \rho^2 P_1^{(3)} + 2\rho(1-\rho) P_2^{(3)} + (1-\rho)^2 P_3^{(3)}$ $P_4^{(5)} = \rho^2 P_2^{(3)} + 2\rho(1-\rho) P_3^{(3)}$ $P_5^{(5)} = \rho^2 P_3^{(3)}$ | $P_1^{(6)} = 2(1-\rho)^3 P_1^{(3)}$ $P_2^{(6)} = 4\rho(1-\rho)^2 P_1^{(3)} + (1-\rho)^3 P_2^{(3)}$ $P_3^{(6)} = (10/3)\rho^2(1-\rho) P_1^{(3)} + 3\rho(1-\rho)^2 P_2^{(3)} + (1-\rho)^3 P_3^{(3)}$ $P_4^{(6)} = \rho^3 P_1^{(3)} + 3\rho^2(1-\rho) P_2^{(3)} + 3\rho(1-\rho)^2 P_3^{(3)}$ $P_5^{(6)} = \rho^3 P_2^{(3)} + 3\rho^2(1-\rho) P_3^{(3)}$ $P_6^{(6)} = \rho^3 P_3^{(3)}$ |
| 4 | $P_1^{(5)} = (5/4)(1-\rho) P_1^{(4)}$ $P_2^{(5)} = \rho P_1^{(4)} + (1-\rho) P_2^{(4)}$ $P_3^{(5)} = \rho P_2^{(4)} + (1-\rho) P_3^{(4)}$ $P_4^{(5)} = \rho P_3^{(4)} + (1-\rho) P_4^{(4)}$ $P_5^{(5)} = \rho P_4^{(4)}$ | $P_1^{(6)} = 6/4(1-\rho)^2 P_1^{(4)}$ $P_2^{(6)} = (9/4)\rho(1-\rho) P_1^{(4)} + (1-\rho)^2 P_2^{(4)}$ $P_3^{(6)} = \rho^2 P_1^{(4)} + 2\rho(1-\rho) P_2^{(4)} + (1-\rho)^2 P_3^{(4)}$ $P_4^{(6)} = \rho^2 P_2^{(4)} + 2\rho(1-\rho) P_3^{(4)} + (1-\rho)^2 P_4^{(4)}$ $P_5^{(6)} = \rho^2 P_3^{(4)} + 2\rho(1-\rho) P_4^{(4)}$ $P_6^{(6)} = \rho^2 P_4^{(4)}$ |
| 5 | | $P_1^{(6)} = (6/5)(1-\rho) P_1^{(5)}$ $P_2^{(6)} = \rho P_1^{(5)} + (1-\rho) P_2^{(5)}$ $P_3^{(6)} = \rho P_2^{(5)} + (1-\rho) P_3^{(5)}$ $P_4^{(6)} = \rho P_3^{(5)} + (1-\rho) P_4^{(5)}$ $P_5^{(6)} = \rho P_4^{(5)} + (1-\rho) P_5^{(5)}$ $P_6^{(6)} = \rho P_5^{(5)}$ |

표 2. 비치명적 충격으로 분류된 사건의 상향 배치 상세 식 (3/4)

| 계열 | 7 | 8 |
|----|--|---|
| 2 | $P_1^{(7)} = 7/2(1-p)^5 P_1^{(2)}$ $P_2^{(7)} = 10\rho(1-p)^4 P_1^{(2)} + (1-p)^5 P_2^{(2)}$ $P_3^{(7)} = 15\rho^2(1-p)^3 P_1^{(2)} + 5\rho(1-p)^4 P_2^{(2)}$ $P_4^{(7)} = (25/2)\rho^3(1-p)^2 P_1^{(2)} + 10\rho^2(1-p)^3 P_2^{(2)}$ $P_5^{(7)} = (11/2)\rho^4(1-p) P_1^{(2)} + 10\rho^3(1-p)^2 P_2^{(2)}$ $P_6^{(7)} = \rho^5 P_1^{(2)} + 5\rho^4(1-p) P_2^{(2)}$ $P_7^{(7)} = \rho^5 P_2^{(2)}$ | $P_1^{(8)} = 4(1-p)^6 P_1^{(2)}$ $P_2^{(8)} = (27/2)\rho(1-p)^5 P_1^{(2)} + (1-p)^6 P_2^{(2)}$ $P_3^{(8)} = 25\rho^2(1-p)^4 P_1^{(2)} + 6\rho(1-p)^5 P_2^{(2)}$ $P_4^{(8)} = (55/2)\rho^3(1-p)^3 P_1^{(2)} + 15\rho^2(1-p)^4 P_2^{(2)}$ $P_5^{(8)} = 18\rho^4(1-p)^2 P_1^{(2)} + 20\rho^3(1-p)^3 P_2^{(2)}$ $P_6^{(8)} = (13/2)\rho^5(1-p) P_1^{(2)} + 15\rho^4(1-p)^2 P_2^{(2)}$ $P_7^{(8)} = \rho^6 P_1^{(2)} + 6\rho^5(1-p) P_2^{(2)}$ $P_8^{(8)} = \rho^6 P_2^{(2)}$ |
| 3 | $P_1^{(7)} = (7/3)(1-p)^4 P_1^{(3)}$ $P_2^{(7)} = 6\rho(1-p)^3 P_1^{(3)} + (1-p)^4 P_2^{(3)}$ $P_3^{(7)} = (22/3)\rho^2(1-p)^2 P_1^{(3)} + 4\rho(1-p)^3 P_2^{(3)} + (1-p)^4 P_3^{(3)}$ $P_4^{(7)} = (13/3)\rho^3(1-p) P_1^{(3)} + 6\rho^2(1-p)^2 P_2^{(3)} + 4\rho(1-p)^3 P_3^{(3)}$ $P_5^{(7)} = \rho^4 P_1^{(3)} + 4\rho^3(1-p) P_2^{(3)} + 6\rho^2(1-p)^2 P_3^{(3)}$ $P_6^{(7)} = \rho^4 P_2^{(3)} + 4\rho^3(1-p) P_3^{(3)}$ $P_7^{(7)} = \rho^4 P_3^{(3)}$ | $P_1^{(8)} = 8/3(1-p)^5 P_1^{(3)}$ $P_2^{(8)} = (25/3)\rho(1-p)^4 P_1^{(3)} + (1-p)^5 P_2^{(3)}$ $P_3^{(8)} = (40/3)\rho^2(1-p)^3 P_1^{(3)} + 5\rho(1-p)^4 P_2^{(3)} + (1-p)^5 P_3^{(3)}$ $P_4^{(8)} = (35/3)\rho^3(1-p)^2 P_1^{(3)} + 10\rho^2(1-p)^3 P_2^{(3)} + 5\rho(1-p)^4 P_3^{(3)}$ $P_5^{(8)} = (16/3)\rho^4(1-p) P_1^{(3)} + 10\rho^3(1-p)^2 P_2^{(3)} + 10\rho^2(1-p)^3 P_3^{(3)}$ $P_6^{(8)} = \rho^5 P_1^{(3)} + 5\rho^4(1-p) P_2^{(3)} + 10\rho^3(1-p)^2 P_3^{(3)}$ $P_7^{(8)} = \rho^5 P_2^{(3)} + 5\rho^4(1-p) P_3^{(3)}$ $P_8^{(8)} = \rho^5 P_3^{(3)}$ |
| 4 | $P_1^{(7)} = (7/4)(1-p)^3 P_1^{(4)}$ $P_2^{(7)} = (15/4)\rho(1-p)^2 P_1^{(4)} + (1-p)^3 P_2^{(4)}$ $P_3^{(7)} = (13/4)\rho^2(1-p) P_1^{(4)} + 3\rho(1-p)^2 P_2^{(4)} + (1-p)^3 P_3^{(4)}$ $P_4^{(7)} = \rho^3 P_1^{(4)} + 3\rho^2(1-p) P_2^{(4)} + 3\rho(1-p)^2 P_3^{(4)} + (1-p)^3 P_4^{(4)}$ $P_5^{(7)} = \rho^3 P_2^{(4)} + 3\rho^2(1-p) P_3^{(4)} + 3\rho(1-p)^2 P_4^{(4)}$ $P_6^{(7)} = \rho^3 P_3^{(4)} + 3\rho^2(1-p) P_4^{(4)}$ $P_7^{(7)} = \rho^3 P_4^{(4)}$ | $P_1^{(8)} = 2(1-p)^4 P_1^{(4)}$ $P_2^{(8)} = (22/4)\rho(1-p)^3 P_1^{(4)} + (1-p)^4 P_2^{(4)}$ $P_3^{(8)} = (18/4)\rho^2(1-p)^2 P_1^{(4)} + 4\rho(1-p)^3 P_2^{(4)} + (1-p)^4 P_3^{(4)}$ $P_4^{(8)} = (17/4)\rho^3(1-p) P_1^{(4)} + 6\rho^2(1-p)^2 P_2^{(4)} + 4\rho(1-p)^3 P_3^{(4)} + (1-p)^4 P_4^{(4)}$ $P_5^{(8)} = \rho^4 P_1^{(4)} + 4\rho^3(1-p) P_2^{(4)} + 6\rho^2(1-p)^2 P_3^{(4)} + 4\rho(1-p)^3 P_4^{(4)}$ $P_6^{(8)} = \rho^4 P_2^{(4)} + 4\rho^3(1-p) P_3^{(4)} + 6\rho^2(1-p)^2 P_4^{(4)}$ $P_7^{(8)} = \rho^4 P_3^{(4)} + 4\rho^3(1-p) P_4^{(4)}$ $P_8^{(8)} = \rho^4 P_4^{(4)}$ |
| 5 | $P_1^{(7)} = 7/5(1-p)^2 P_1^{(5)}$ $P_2^{(7)} = (11/5)\rho(1-p) P_1^{(5)} + (1-p)^2 P_2^{(5)}$ $P_3^{(7)} = \rho^2 P_1^{(5)} + 2\rho(1-p) P_2^{(5)} + (1-p)^2 P_3^{(5)}$ $P_4^{(7)} = \rho^2 P_2^{(5)} + 2\rho(1-p) P_3^{(5)} + (1-p)^2 P_4^{(5)}$ $P_5^{(7)} = \rho^2 P_3^{(5)} + 2\rho(1-p) P_4^{(5)} + (1-p)^2 P_5^{(5)}$ $P_6^{(7)} = \rho^2 P_4^{(5)} + 2\rho(1-p) P_5^{(5)}$ $P_7^{(7)} = \rho^2 P_5^{(5)}$ | $P_1^{(8)} = (8/5)(1-p)^3 P_1^{(5)}$ $P_2^{(8)} = (18/5)\rho(1-p)^2 P_1^{(5)} + (1-p)^3 P_2^{(5)}$ $P_3^{(8)} = (16/5)\rho^2(1-p) P_1^{(5)} + 3\rho(1-p)^2 P_2^{(5)} + (1-p)^3 P_3^{(5)}$ $P_4^{(8)} = \rho^3 P_1^{(5)} + 3\rho^2(1-p) P_2^{(5)} + 3\rho(1-p)^2 P_3^{(5)} + (1-p)^3 P_4^{(5)}$ $P_5^{(8)} = \rho^3 P_2^{(5)} + 3\rho^2(1-p) P_3^{(5)} + 3\rho(1-p)^2 P_4^{(5)} + (1-p)^3 P_5^{(5)}$ $P_6^{(8)} = \rho^3 P_3^{(5)} + 3\rho^2(1-p) P_4^{(5)} + 3\rho(1-p)^2 P_5^{(5)}$ $P_7^{(8)} = \rho^3 P_4^{(5)} + 3\rho^2(1-p) P_5^{(5)}$ $P_8^{(8)} = \rho^3 P_5^{(5)}$ |

표 2. 비치명적 충격으로 분류된 사건의 상향 배치 상세 식 (4/4)

| 계열 | 7 | 8 |
|----|--|--|
| 6 | $P_1^{(7)} = (7/6)(1-\rho) P_1^{(6)}$ $P_2^{(7)} = \rho P_1^{(6)} + (1-\rho) P_2^{(6)}$ $P_3^{(7)} = \rho P_2^{(6)} + (1-\rho) P_3^{(6)}$ $P_4^{(7)} = \rho P_3^{(6)} + (1-\rho) P_4^{(6)}$ $P_5^{(7)} = \rho P_4^{(6)} + (1-\rho) P_5^{(6)}$ $P_6^{(7)} = \rho P_5^{(6)} + (1-\rho) P_6^{(6)}$ $P_7^{(7)} = \rho P_6^{(6)}$ | $P_1^{(8)} = (8/6)(1-\rho)^2 P_1^{(6)}$ $P_2^{(8)} = (13/6)\rho (1-\rho) P_1^{(6)} + (1-\rho)^2 P_2^{(6)}$ $P_3^{(8)} = \rho^2 P_1^{(6)} + 2\rho(1-\rho)P_2^{(6)} + (1-\rho)^2 P_3^{(6)}$ $P_4^{(8)} = \rho^2 P_2^{(6)} + 2\rho(1-\rho)P_3^{(6)} + (1-\rho)^2 P_4^{(6)}$ $P_5^{(8)} = \rho^2 P_3^{(6)} + 2\rho(1-\rho)P_4^{(6)} + (1-\rho)^2 P_5^{(6)}$ $P_6^{(8)} = \rho^2 P_4^{(6)} + 2\rho(1-\rho)P_5^{(6)} + (1-\rho)^2 P_6^{(6)}$ $P_7^{(8)} = \rho^2 P_6^{(6)} + 2\rho(1-\rho)P_6^{(6)}$ $P_8^{(8)} = \rho^2 P_6^{(6)}$ |
| 7 | | $P_1^{(8)} = (8/7)(1-\rho) P_1^{(7)}$ $P_2^{(8)} = \rho P_1^{(7)} + (1-\rho)P_2^{(7)}$ $P_3^{(8)} = \rho P_2^{(7)} + (1-\rho)P_3^{(7)}$ $P_4^{(8)} = \rho P_3^{(7)} + (1-\rho)P_4^{(7)}$ $P_5^{(8)} = \rho P_4^{(7)} + (1-\rho)P_5^{(7)}$ $P_6^{(8)} = \rho P_5^{(7)} + (1-\rho)P_6^{(7)}$ $P_7^{(8)} = \rho P_6^{(7)} + (1-\rho)P_7^{(7)}$ $P_8^{(8)} = \rho P_7^{(7)}$ |

제 2절 MOV 중요도 분류 방법

참고문헌¹⁵에 따라 PSA를 이용한 MOV 중요도 분류는 원전의 위험도 (risk)를 나타내는 노심손상빈도 (core damage frequency: CDF)와 대량초기누출빈도 (large early release frequency: LERF)에 대한 FV(Fussel-Vesely)중요도와 위험도 달성가치 (Risk Achievement Worth: RAW)를 사용하여 수행하였다. 이들에 대한 정의는 다음과 같다:

$$FV = [R_o - R_i(-)] / R_o = 1 - R_i(-) / R_o \dots\dots\dots (식 9)$$

$$RAW = R_i(+)/R_o \dots\dots\dots (식 10)$$

- R_o: 기본 위험도,
- R_i(+): 기기 i가 고장시 위험도,
- R_i(-): 기기 i가 완벽 작동시 위험도

표 3에 나타난 것처럼 FV 중요도와 RAW 값에 따라 모터구동 밸브들을 3가지, 즉 HSSCs (High Safety Significant components), ISSCs (Intermediate Safety Significant

components), LSSCs (Low Safety Significant components)로 분류하였다.

본 연구에서 수행된 MOV 중요도 분류 과정이 그림 1에 나타나 있다. MOV 중요도 분류는 먼저 PSA를 이용하여 MOV들의 노심손상빈도 (CDF)와 대량초기누출빈도 (LERF)에 대한 FV 중요도와 위험도 달성가치를 평가한 후, 노심손상빈도의 FV 중요도와 위험도 달성가치에 대한 민감도분석을 수행하였다. 또한 외부사건 PSA, 정지/저출력 운전 PSA, 초기사건 분석 결과도 검토하였다.

표 3. PSA를 이용한 모터구동밸브 중요도 분류 기준

| MOV 중요도 분류 범주 | 중요도 값 범위 | |
|---------------------|---|--|
| | FV 중요도 | 위험도 달성가치(RAW) |
| HSSCs | FV{CDF} or FV{LERF} > .005 | 모든 기기 |
| ISSCs | FV{CDF} and FV{LERF} < .005 | RAW{CDF} or RAW{LERF} > 2.0 |
| LSSCs | FV{CDF} and FV{LERF} < .005 or Truncated Components | RAW{CDF} and RAW{LERF} < 2.0 or Truncated Components |

PSA에 모델이 안된 MOV의 중요도 분류는 밸브 고장과 관련된 초기사건 또는 계통 등의 FV 중요도와 위험도 달성가치로부터 구해진 정량적인 정보와 배관계측도(P&ID)와 안전성 평가 보고서 등의 검토, 발전소 직원이나 설계자 등의 면담 등을 통해 얻어진 정성적 정보와 PSA 전문성 (expertise)에 근거한 공학적 판단에 의해 수행하였다.

울진 3호기는 운전 경험이 짧기 때문에 MOV에 대한 운전이력 검토는 본 연구에서 수행하지 않았다.

참고문헌^{10, 15}에 따라 민감도분석 항목은 다음과 같이 선정하였다;

- 공통원인고장 사건을 고려하지 않고 중요도 분석을 수행
- 회복행위를 고려하지 않고 중요도 분석 수행.
- HSSCs가 아닌 모터구동밸브의 고장율 분포 95% 값을 사용해 중요도 분석 수행.

중요도 분석시, 단일고장사건(single failure event)과 공통원인고장사건(CCF)의 중요도 분석 결과는 별도로 다루었다. 이는 공통원인고장 사건에 불확실성이 많기 때문이다. 분석시 사용한 절단치는 1.0×10^{-11} 이고 사용 전산 코드는 KIRAP¹⁶이었다.

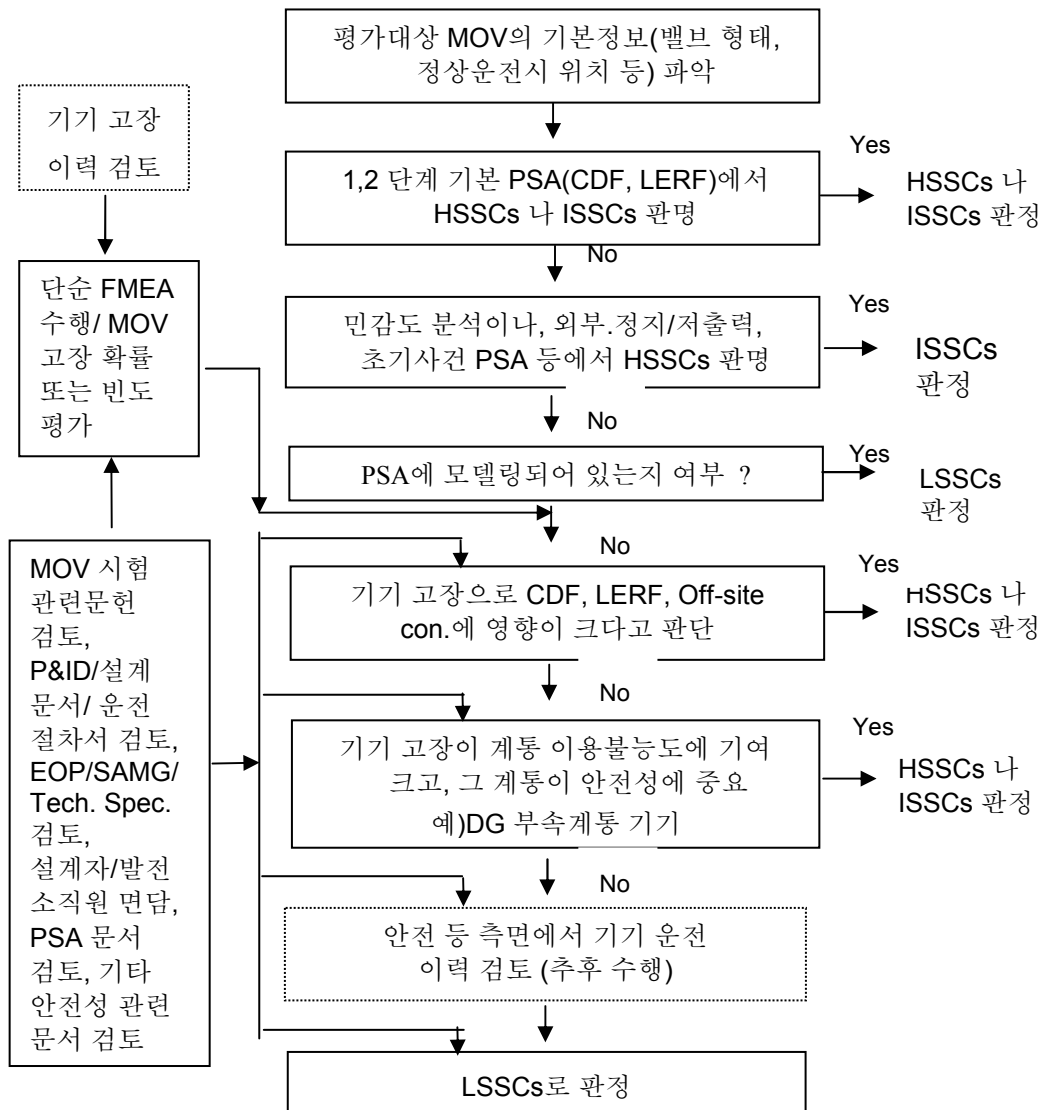


그림 1. 모터구동밸브 중요도 분류 과정

PSA에 모델링이 안된 밸브의 정량적인 정보는 다음과 같은 절차를 수행함으로써 구했다:

- 단순 고장모드 영향분석 (simplified failure modes and effects analysis)을 수행하여 MOV 고장이 원전의 안전성에 가장 심한 영향을 줄 수 있는 고장모드와 그 고장 모드와 관련된 초기사건이나, 계통 등을 파악
- 파악된 MOV의 고장모드에 대한 정량적 평가 결과를 밸브 고장과 관련된 초기사건이나 계통 등의 FV 중요도로 부터 구해진 중요도 분류 기준치와 비교하여 밸브 중요도를 평가

- MOV의 FV 중요도 기준치는 기기 이용불능도와 FV 중요도가 비례한다는 전제아래 다음의 식을 사용하여 평가하였다:

$$X_{CRI(i)} = X(i) * CRI / FV(X(i)) \dots \dots \dots (\text{식 10})$$

X(i): 기기 i 고장과 관련된 초기사건빈도, 격납용기 격리실패 빈도, 또는 기기 i가 속한 계통의 이용불능도

X_{CRI(i)}: FV 중요도가 CRI에 해당되는 기기 i 고장과 관련된 초기사건빈도, 격납용기 격리실패 빈도, 또는 기기 i가 속한 계통의 이용불능도

FV(X(i)): 기기 i 고장과 관련된 현재의 초기사건빈도, 격납용기 격리실패 빈도, 또는 기기 i가 속한 계통의 이용불능도에 대한 FV 중요도

CRI: 표 2에서 HSSCs 기준되는 값(0.005)

위험도 달성가치는 기기 이용불능도보다 기기 고장과 연관된 논리수목 구조(logic tree structure)에 직접적으로 의존하고 기준치를 구하기가 용이하지 않기 때문에 정량적 기준치를 구하지 않았다. 평가 대상 MOV에 대한 위험도 달성가치는 MOV 고장과 관련 있는 계통 실패나 초기사건 발생을 일으키는 논리구조와 이들 계통 실패나 초기사건 발생에 대한 위험도 달성가치를 검토함으로써 간접적으로 평가하였다.

제 3장 분석 결과

이 장에서는 MOV 안전성 평가로 영향을 받게되는 MGL 모수 β 평가 결과와 이를 반영한 MOV 중요도 분류 결과를 기술하였다.

제 1절 MGL 모수 추정 결과

MOV의 안전성 평가가 MOV의 공통원인고장 경험 데이터에 미치는 영향을 파악하여 2.1에 소개한 MGL 모수 추정 방법에 따라 울진 3,4 PSA에 사용된 MGL 모수를 손 계산으로 재 추정하였다.

현재 울진 3,4 PSA에서 MOV의 MGL 모수 추정시 사용한 경험 데이터는 EPRI/NP-3967¹¹이다. 부록 B의 표 B.1에는 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터와 영향벡터가 나타나 있다. 이 데이터 가운데 MOV 안전성 평가 시행으로 확인이 되지만 반복적으로 발생되지 않은 사건을 파악하여 이 사건들을 경험 데이터에서 삭제하고 2.1에 기술된 MGL 모수 평가 방법에 따라 재평가 하였다. 베타(β)이외의 다른 모수($\gamma, \delta, \lambda...$ 등) 값은 불확실성이 크고 새로이 평가된 값과 차이가 별로 없을 것으로 판단되어 β 만을 평가하였다. 평가시 다음과 같은 가정을 하였다;

- 울진 3,4 PSA 보고서에 따라 독립고장 수는 706개이고, 잠재적 독립고장 수는 30개이다. 이 고장들 중 2계열에서 70%, 3계열에서 30%가 발생한 것으로 가정한다.
- MOV 안전성 평가는 규정⁷에 따라 제대로 수행된다.
- 공통원인고장 사건의 발생은 일반적으로 자주 발생하지 않기 때문에 안전성 평가동안 별도로 확인된 MOV 공통원인고장 사건은 없다고 가정한다.

울진 3,4 PSA의 모터구동밸브 공통원인고장 경험 데이터의 39개 사건중 18개 사건은 모터구동밸브 안전성 평가 시행으로 발견될 수 있는 사건이다. 18개의 사건중 5개 사건은 반복적인 오류로 파악되었다. 부록 B의 표 B.2에는 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들이 나타나있다. EPRI/NP-3967¹¹에 나타난 13개 사건의 공통원인고장 원인은 설계(Design)나 절차서(Procedure), 또는 알 수 없는 것(Unknown)으로 확인이

되었다^{12,14}. 이중 설계나 절차서 관련 공통원인고장 사건 10개를 올진 3,4 공통원인고장 경험데이터 원에서 삭제하고 나머지 원인을 알 수 없는 공통원인고장 3개는 50%만을 삭제하여 MGL 모수 β 를 재 평가 하였다. 표 4에는 (식5) ~ (식9)를 이용해 평가한 MOV 안전성 평가이후 각 계열별 유사기기 고장 관련 사건 수가 나타나 있다. 표 4와 (식2)를 이용하여 얻어진 β 값의 점 추정치(point estimation)가 표 5에 나타나 있다. 부록 B의 B.3에는 MGL 모수 재평가로 변경된 MOV 공통원인고장 확률이 나타나 있다.

표 4. MOV 안전성 평가 시행후의 계열별 유사 기기 고장 관련 사건 수

| | 2 계열 | 3 계열 | 4 계열 | 6 계열 | 8 계열 |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| N_1 | 640.04 | 960.11 | 1279.8 | 1918.6 | 2556.86 |
| n_0 | 6.393 | 5.741 | 5.357 | 5.143 | 5 |
| n_1 | 2.339 | 3.055 | 3.756 | 4.501 | 4.275 |
| n_2 | 16.88 | 0.7836 | 0.437 | 1.143 | 1.971 |
| n_3 | | 16.56 | 1.75 | 0.2971 | 0.2962 |
| n_4 | | | 15.32 | 0.8444 | 0.28 |
| n_5 | | | | 2.342 | 0.5733 |
| n_6 | | | | 13.72 | 1.059 |
| n_7 | | | | | 2.475 |
| n_8 | | | | | 12.74 |

n_1 : N_1 과는 다르게 공통원인 고장 사건들만이 독립사건에 영향주는 사건 수

표 5. MOV 안전성 평가 시행으로 인한 β 값 변화

| 계열 | 올진 3&4 현재 모델 | MOV 안전성 평가 일차 종료후 |
|----|--------------|-------------------|
| 2 | 0.0736 | 0.0501 |
| 3 | 0.0734 | 0.0507 |
| 4 | 0.0731 | 0.05 |
| 6 | 0.0732 | 0.0498 |
| 8 | 0.0701 | 0.0499 |

제 2절 중요도 분류 결과

올진 3호기의 MOV 안전성 평가 대상 밸브 수는 121개로 이들 밸브 중 1단계 내부사건 PSA의 고장수목에 모델링 되어 있는 밸브 수는 시험 대상 기기의 56.19%인 68개이다. 이들 밸브들에 대한 세부적 사항이 표 6에 나타나 있다.

표 6. MOV 시험 대상 밸브와 PSA에 모델링되어 있는 기기 수

| | Butterfly | Gate | Globe | 계 |
|--------|-----------|--------|-------|-------|
| 시험대상기기 | 33 | 57 | 31 | 121 |
| 모델링 수 | 12 | 41 | 19 | 72 |
| 모델링 비율 | 36.36% | 71.93% | 61.3% | 59.5% |

앞의 2.2와 그림 1에 따라 현재의 울진 3,4 호기 PSA에 사용된 MGL 모수 β 값과 변경 MGL 모수 β 값을 갖고 MOV 중요도를 평가하였다. 먼저, 1,2단계 내부사건 PSA 결과인 노심손상빈도(CDF)와 대량초기누출 빈도(LERF)에 대한 MOV의 FV 중요도와 위험도 달성가치에 따라 MOV를 분류하였다. 이후 민감도분석과 외부사건 PSA, 정지/저출력 운전 PSA, 초기사건 분석 결과를 검토하였다. 부록 C의 표 C.1과 C.2에는 MGL 모수 β 값 변경전의 노심손상빈도와 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과가 기술되었고, 부록 C.3과 C.4에는 변경후의 노심손상빈도와 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과가 기술되었다.

표 7에는 1,2단계 내부사건 PSA와 민감도분석 결과만을 이용하여 MGL 모수 변화를 반영한 MOV 중요도 분류결과가 나타나 있다. 변경 MGL 모수를 사용해 MOV 중요도 분류시 HSSCs는 50% 정도 줄어든 것으로 나타났다. LSSCs의 댓수는 MGL 모수 변경에 따라 변화가 없는 것으로 나타났다. 1,2단계 PSA와 민감도 분석을 포함한 중요도 분석 결과 중 가장 높은 중요도 값을 각 분석결과에서 선택했을 경우의 HSSCs 대수는, 그림 1에 따른 분석결과보다 2배 증가된 것으로 나타났다. 가장 높은 중요도 값을 선택했을 경우에 HSSCs 댓수에 가장 크게 기여한 것은 회복행위를 고려하지 않을 경우에 대한 민감도분석 결과이다. CCF를 고려하지 않을 경우에 새로이 HSSCs나 ISSCs로 확인된 기기는 없는 것으로 나타나 MOV의 단일고장 사건(single failure event)은 중요도 분석 결과에 영향을 거의 안 미치는 것으로 나타났다.

표 7. PSA를 이용한 MGL 모수 변화 반영 중요도 분석

| 분석 결과 종류 | HSSCs | ISSCs | LSSCs |
|---|-------|-------|-------|
| 현재 MGL 모수 값을 이용한 분석 | 20 | 20 | 28 |
| 변경 MGL 모수 값을 이용한 분석 | 10 | 30 | 28 |
| 현재 MGL 모수 값을 이용한 분석결과 중 가장 높은 중요도 값을 선택한 경우 | 38 | 2 | 28 |
| 변경 MGL 모수 값을 이용한 분석결과 중 가장 높은 중요도 값을 선택한 경우 | 24 | 16 | 28 |

표 8과 9에는 MGL 모수 β 의 변경전 값과 변경후의 값을 사용한 경우에, 주기적 안전성 확인 대상 MOV 모두에 대한 최종 분석 결과가 PSA별로 나타나 있다. 이에 대한 상세 분석 결과는 부록 D의 표 D.1과 D.2에 상세히 나타나 있다. 표 7에 나타난 결과와 마찬가지로 변경된 MGL 모수를 사용해 MOV 중요도 분류시 HSSCs는 50% 정도가 줄어들고, LSSCs 대수는 변경이 없는 것으로 나타났다. 1단계 PSA외에 2단계 PSA, 정지/저출력 운전 PSA, 외부사건 PSA, PSA에 모델링되지 않은 기기에 대한 분석 결과 HSSCs로 추가 확인된 기기는 없었다. 1단계 PSA외에 새로이 확인된 ISSCs는 정지/저출력 운전 PSA, 외부사건 PSA, PSA에 모델링되지 않은 MOV에서 2개로 확인되었다.

표 8. 현재 MGL 모수 β 값을 이용한 최종분석 결과

| | 1단계 PSA (CDF) | 2단계 PSA (LERF) | 정지/저출 력 PSA (CDF) | 외부사건 PSA (CDF) | PSA에 모델링 되지 않은 MOV (종합적) |
|------------|---------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|
| HSSCs - 22 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ISSCs - 22 | 16 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| LSSCs -77 | 26 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 합계 - 121 | 64 | 0 | 2 | 2 | 53 |

표 9. 변경 MGL 모수 β 값을 이용한 최종분석 결과

| | 1단계 PSA (CDF) | 2단계 PSA (LERF) | 정지/저출력 PSA (CDF) | 외부사건 PSA (CDF) | PSA에 모델링 되지 않은 MOV (종합적) |
|------------|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|
| HSSCs - 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ISSCs - 34 | 30 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| LSSCs -77 | 26 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 합계 - 121 | 66 | 0 | 2 | 0 | 53 |

본 연구에서 수행한 분석 결과와 기존에 수행되었던 South Texas 발전소⁸의 분석결과가 표 10에 요약되어 나타나 있다. HSSCs 댓 수를 보면 두 발전소 모두 10대이지만 전체 시험대상 MOV에 대한 비율은 울진 3호기가 크게 나타났다. ISSCs 비율 또한 울진 3호기가 더 큰 것으로 나타났다. 이렇게 차이나는 것은 표 8과 9에 나타나 있듯이 중요도 분석방식 차이에 기인하기보다 두 발전소의 설계 특성 차이와 PSA 수행 방식의 차이 때문인 것으로 판단된다.

표 10. 울진 3 호기와 South Texas 발전소 MOV 중요도 분류 비교

| | 울진 3 호기 | | South Texas | |
|------------------------|---|-------------------------|-----------------------|-------------|
| 모델링/시험대 상 기기 수 | 68/121(56.2%) | | 66/151(43.7%) | |
| PSA 정량화 위한 논리 수목 구성 방식 | Small ET/Large FT 방식 | | Large ET /Small FT 방식 | |
| 평가지 이용한 PSA | 1단계 내.외부사건, 정지/저출력, 2단계 내부사건 PSA | | 1.2단계 내부 사건 PSA | |
| PSA에 모델링 안된 MOV | 단순 FMEA와 기기고장 정량화 결과와 안전성분석 보고서 등 검토 중요도 평가 | | 잠재적인 LSSCs로 평가 | |
| 민감도분석 | 회복행위 고려하지 않음, 공통원인고장 고려하지 않음, HSSCs가 아닌 기기 이용불능도 증가 | | 회복행위 고려하지 않음 | |
| PSA 측면서 분석 결과 | HSSCs | 10(22)*- 8.26%(18.18%)* | HSSCs | 10 – 6.62% |
| | ISSCs | 34(22)*- 28.1%(18.18%)* | ISSCs | 27 – 17.88% |
| | LSSCs | 77(77)*- 63.6%(63.6%)* | LSSCs | 114– 75.49% |

()*: 현재의 MGL 모수 β 값을 사용하여 평가 경우

제 4 장 결론

본 연구에서는 참조발전소인 울진 3호기의 안전성 관련 MOV를 대상으로 공통원인고장 확률 평가에 사용되는 MGL 모수를 재 추정하고, 원전의 안전성 관점에서 MOV의 중요도를 분류하였다.

국내에서 시행중인 MOV의 안전성 평가 시행은 MOV의 공통원인고장 평가시 사용했던 경험 데이터에 영향을 주게 된다. 이에 본 연구에서는 울진 3,4 PSA에서 MOV의 공통원인고장 사건 평가에 사용되었던 MGL 모수 β 를 재 추정하였다. MGL 모수 β 의 점 추정 결과, 울진 3,4 PSA의 공통원인고장분석에 사용된 MGL 모수 β 값은 현재의 β 값보다 약 30%가 감소되는 것으로 나타났다. 변경된 MGL 모수 β 값을 사용하여 MOV의 공통원인고장 확률을 재 평가하고, 중요도 분석을 수행한 결과, HSSCs로 분류된 MOV 댓수는 현재의 MGL 모수 β 값을 사용하여 분석한 경우보다 54.5% 감소한 것으로 나타났다. 국내 원전의 MOV에 대한 공통원인고장 데이터를 수집하여 MGL 모수를 평가하고 중요도 분석을 수행하면 MOV HSSCs 댓수는 좀 더 줄어들 것으로 예상된다.

본 연구 결과는 향후 국내의 MOV 주기적 안전성 확인(periodic safety verification) 업무 시행시 수행해야만 하는 중요도 분석 업무에 사업자와 규제자에게 도움을 주리라 판단된다. 특히 본 연구의 연구결과처럼 MOV 공통원인고장 확률에 주요하게 영향을 끼치는 MGL 모수를 재 평가하여 MOV를 분류하면 사업자의 경제적 부담은 경감될 것으로 기대된다.

추후에는 MOV 안전성 평가 시행으로 연계되는 성능평가 데이터와 본 연구 결과를 이용한 최종적인 MOV 중요도 분류 연구가 수행될 필요가 있다. 국내에서는 아직 국내 원전에 대한 공통원인고장 데이터의 수집과 평가가 제대로 이루어져 있지 않아 이에 대한 연구가 조속히 시행될 필요성이 있을 것으로 판단된다. 또한 공통원인고장 평가를 용이하게 하고 관련 적용분야(application fields)를 활성화하기 위해 기기의 공통원인고장 평가에 대한 전산화 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 김월태, “안전관련 모터구동밸브 규제 기술연구”, KINS/AR-454, 한국안전기술연구원, 1995
- [2]. “모터구동밸브 및 동력구동 게이트 밸브 안전성 확인방안 검토 용역”, 한국전력공사, 1997
- [3] GL 89-10, “Safety-Related Motor Operated Testing and Surveillance”, NRC, 1989
- [4] GL 95-07, “Pressure Locking and Thermal Binding of Safety-Related Power Operated Gate Valve”, 1995
- [5] GL 96-05, “Periodic Verification of Design-Basis Capability of Safety-Related Motor Operated Valves”, NRC, 1996
- [6] 성계용, “MOV Safety Evaluation”, 세미나 자료, 2001
- [7] “모터구동밸브 및 동력구동 게이트 밸브의 안전성 확인을 위한 권고사항”, 과학기술부, 1997
- [8] Craig Sellers, Kar; Fleming, et al., “Optimized Periodic Verification Testing, Blended Risk and Performance-Based MOV IST Program, An Application of ASME Code Case OMN-1”, NUREG/CP-0152, Proceedings of the 4th NRC/ASME Symposium on Valve and Pump Testing, 1996
- [9] “Risk Ranking Approach for MOVs in response to generic letter 96-05”, WOG, 1998
- [10] ASME OMN-1 Code Case, “Alternative Rules for Preservice and Inservice Testing of Certain Electric Motor Operated Valve Assemblies in LWR Power Plants”, 1995
- [11] "Classification and Analysis of Reactor Operating Experience Involving Dependent Events," EPRI/NP-3967, PL&G Inc., 1985.
- [12] “Ulchin Units 3&4 Final Probabilistic Safety Assessment”, 한국전력공사, 1995
- [13] A. Mosley et al., “Procedures for Treating Common Cause Failures in Safety and Reliability Studies”, NUREG/CR-4780, NRC, 1987
- [14] 임태진 외, “PSA 수행용 기기 독립고장 자료 및 공통원인고장 자료 분석”, KAERI/CM-164/96, 1997, 한국원자력연구소
- [15] 강대일 외. “울진 3호기 가동중시험 대상기기의 위험도 정보를 이용한 중요도 분석”, KAERI/TR-1927/2001, 한국원자력연구소

- [16] 강대일 외 “Risk-Informed Importance Analysis of In-Service Testing Components for Ulchin Units 3 & 4 “, 2001 원자력학회 추계학술발표회
- [17] 김태운, 한상훈 외, “KIRAP을 이용한 사고경위 정량화 방법”, KAERI/TR-848/97, 한국원자력연구소, 1997
- [18] 강대일외, “Importance Analysis of Safety Related Motor Operated Valves for Ulchin Unit 3 Using PSA”, 제2차 PSA 및 DB 워크샵, 한국, 2001
- [19] 강대일 외, “Preliminary Importance Analysis of Safety Related Motor Operated Valves for Ulchin Units 3 & 4”, 2001 원자력학회 추계학술발표회

부록 A.

모터구동밸브 시험관련 일반사항

이 부록에서는 모터구동밸브의 시험에 관한 일반적인 사항을 기술하였다.

A.1 ASME 코드에 따른 모터구동밸브 시험

ASME 코드에 따른 국내 모터구동밸브에 대해 시행되고 있는 시험은 전 행정시험, 누설시험, 특수시험, 위치지시기 확인 시험이 있다. 이들 시험에 대한 사항이 아래의 표에 나타나 있다.

| 시험 항목 | 시험 내용 | 주기 |
|-------------|--|----|
| 전 행정시험 | 정상출력운전시 시행 정상출력운전불가시 - 부분행정시험 - 상온정지시 전행정시험 | 3월 |
| 부분 행정시험 | 정상출력운전에서 전행정시험 불가시 수행 | 3월 |
| 누설시험 | 밸브에 누설이 있는가를 확인하는 시험 | 2년 |
| 특수시험 | 밸브 구동원 상실 시험 비상노심 냉각계통 유량조절 밸브 정지위치 확인 시험 | 3월 |
| 위치 지시기 확인시험 | 밸브동작이 제대로 이루어지는 가를 확인하기 위한 시험 | 2년 |

A.2 정적/동적 시험

모터구동밸브 안전성평가지 밸브를 진단하기 위한 시험으로 여기에는 정적시험과 동적시험이 있다.

정적시험: 정적 배관 압력과 유체 유동이 없는 계통 조건하에서 수행되는 시험

동적시험: 배관압력과 유동이 있는 계통 조건하에서 수행되는 시험, 설계기준 동적시험, 저 설계기준 동적시험이 있음

A.3 압력잠김/ 열적고착

압력잠김(**pressure locking**): 닫힌 밸브에서 주로 일어나는 현상. 연결된 배관의 압력보다 더 큰 압력이 밸브의 **Body-bonnet cavity**에 걸리는 것. 밸브 디스크의

한쪽이 힘을 받아 밸브 시트에 접촉력을 부과됨. 결과적으로 밸브를 열기 위해서는 모터구동기에 추가적인 **thrust**를 요구.

열적고착(thermal binding): 정상적으로 작동하던 밸브가 밸브 구성품간의 수축율 차이로 인해 **disk**가 **seat**에 고착되는 현상. 비교적 높은 온도에서 열린상태로 있던 밸브가 닫히고 연속적으로 냉각될 경우에 발생. 열린상태의 디스크는 유량에 직면해 있는 밸브 **body**보다 더 냉각되어 있어. **disk**가 닫힐 때 밸브 **body**, **seat** 및 **disk**의 상대적인 수축으로 밸브 **seat**에 의해 핀칭 혹은 **binding force**가 **disk**에 부과됨. 결과적으로 밸브를 열기 위해서는 모터구동기에 추가적인 **thrust**를 요구.

A.4 과학기술부 권고사항

[모터 구동밸브 및 동력구동 게이트밸브의 안전성 확인을 위한 권고사항]

모터 구동밸브의 설계기준 조건에서의 안전기능 확인 및 동력구동 게이트밸브의 압력잠김, 열적고착 현상에 대한 안전기능 확인을 위하여 다음의 권고사항을 발행한다.

- 가. 모든 안전관련 모터 구동밸브에 대해 각 밸브의 설계기준을 검토(밸브가 설치된 계통의 설계기준 사고시의 조건확인 및 밸브가 그 조건에서 적절히 동작할 수 있도록 설계 되었는지)하고, 검토 결과에 따라 적절한 시정 조치를 취할 것. 또한, 설계기준 조건(차압, 유량, 온도 등)에서의 시험을 통하여 각 밸브가 요구되는 성능을 발휘할 수 있는지를 입증할 것. 단, 시험이 불가능한 경우 시험 이외의 대체방법으로 설계기준 성능을 입증하고, 시험이 불가능한 사유를 문서로 정당화 할 것.
- 나. 모든 안전관련 동력구동 게이트 밸브에 대해 압력잠김 및 열적고착 가능성에 대해 검토하고, 검토결과에 따라 해석 및 시험을 수행하고, 설비개선, 운전절차서 개정 중 한가지 방법으로 시정조치를 취할 것.
- 다. 본 요건 발행일 현재 운영 및 건설중인 원전(영광 5,6호기 포함)에 대해서는 2년 이내에 모터 구동밸브의 설계기준 검토계획서 및 시험계획서를 제출하고, 이 기간을 포함한 8년 이내에 설계기준 시험결과 보고서를

제출하되, 설계기준 검토계획서 및 시험계획서 제출이후 매년 이행현황을 다해 연도 말까지 제출할 것. 시험 대상밸브는 각 밸브에 대한 설계기준 검토보고서를 시험수행 2개월 전까지 제출할 것.

단, 각 계획서에는 수행조직, 교육훈련 프로그램, 수행 우선순위 및 근거, 품질보증 방안이 포함되도록 할 것.

※ 상기 시험결과는 5년 이내에 제출하는 것을 목표로 추진할 것.

라. 본 요건 발행일 현재 운영 및 건설중인 원전(영광 5,6호기 포함)에 대해서는 2년 이내에 동력구동 게이트밸브의 압력잠김 및 열적고착 검토계획서를 제출하고, 이 기간을 포함한 5년 이내에 시정조치 보고서를 제출하되, 검토계획서 제출이후 매년 이행현황을 당해 연도 말까지 제출할 것. 시정조치 대상밸브는 각 밸브에 대한 시정조치 2개월 전까지 압력잠김 및 열적고착 검토보고서 및 시정조치 계획서를 제출할 것.

마. 영광 5,6호기 이후에 건설되는 발전소에 대해서는 밸브 제작단계에서 모터 구동밸브의 설계기준 성능 및 동력구동 게이트밸브의 압력잠김 및 열적고착 문제를 반영 하도록 하고, 운영허가 이전까지 상기 가, 나 항을 만족하는 자료를 문서로 제출할 것.

상기 규제일정은 준수할 수 없을 경우, 사전에 그 사유를 문서로 제출하고 변경일정에 대하여 승인을 받을 것.

부록 B.

MGL 모수 추정 관련 경험 데이터와 공동원인고장 확률 평가 결과

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(1/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | Impact Vectors | | | | | | | | | | Shock | ρ | Remarks | |
|-------------|-------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-------|--------|---------|------|
| | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | N/A | | | | Type |
| Cook 2 | 1/79 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 | |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | - | - | - | - | | | 0.50 | |
| Tk. Point 3 | 4/79 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| Ak. One 1 | 4/80 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | - | |
| Palisades | 6/71 | H1 | 0.90 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 | |
| | | H2 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | | | 0.90 | |
| Ginna | 1/72 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Oconee 2 | 10/75 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 | |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | | | 0.90 | |
| Trojan | 10/76 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 | |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | | | 0.90 | |
| Zion 2 | 12/76 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| N. Anna | 8/78 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| M. Yankee | 1/82 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Kewanee | 9/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| Zion 2 | 10/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | | |
| M. Yankee | 2/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 2 |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building
 3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(2/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | | Impact Vectors | | | | | | | | | Shock | ρ | Rem arks | |
|--------------|-------|-------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|--------|-------------|-----|
| | | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | | | | N/A |
| Salem 1 | 1/77 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | - | |
| Ak. One 2 | 9/78 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Ak. One 1 | 8/81 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | - | |
| Oconee 1 | 11/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | - | |
| Oconee 2 | 12/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | - | |
| Ranc. Secol | 11/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| Pr. Island 1 | /71 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Zion 1 | 9/72 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Pr. Island 1 | /74 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Pr. Island 2 | /74 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Oconee 1 | 10/73 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| M. Yankee | 6/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 4 |
| Ginna | 6/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 4 |
| Cook 1 | 11/77 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 4 |
| Dav. Besse | 12/77 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Trojan | 1/76 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| In. Point 2 | 5/78 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building

3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(3/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | | Impact Vectors | | | | | | | | | Shock | ρ | Remarks | |
|-------------|-------|-------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|----|---------|------|
| | | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | | | | N/A |
| M. Yankee | 8/87 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Ak. One 1 | 5/79 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Farley 1 | 9/79 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Oconee 2 | 6/79 | - | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | 0.00 | L | L | |
| Oconee 2 | 12/79 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | L | |
| Salem 2 | 7/80 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Surry 2 | 12/80 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Cook 1 | 3/81 | - | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | - | - | - | 0.99 | L | | |
| Monticello | 7/72 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | NL | | 0.10 |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | | | 0.90 |
| Br. Ferry 2 | 12/79 | H1 | 0.10 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | | 0.10 |
| | | H2 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | | | | 0.90 |
| Millstone 1 | 1/71 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Br. Ferry 2 | 5/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Robinson 2 | 1/81 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | 0.00 | NL | | 0.10 |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | | | | 0.90 |
| Surry 2 | 7/81 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | | |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building
 3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(4/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | | Impact Vectors | | | | | | | | | Shock | ρ | Rem arks |
|-------------|-------|-------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|--------|-------------|
| | | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | | | |
| Monticello | 3/71 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 3 |
| Millstone 1 | 2/80 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 1 |
| Br. ferry 1 | 1/73 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 3 |
| Dresden 2 | 8/73 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | |
| Arnold | 2/74 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 3 |
| Ver Yanke | 2/76 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 4 |
| Br. Ferry 2 | 12/74 | H1 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 |
| | | H2 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | | | 0.90 |
| Pilgrim | 9/74 | - | - | 0.00 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.90 | L | |
| Brunswick 2 | 1/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 3 |
| Cooper | 5/74 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 3 |
| P. Bottom 2 | 5/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 1 |
| P. Bottom 2 | 6/82 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | 1 |
| V. Yankee | 5/76 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 |
| Dresden 3 | 9/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | |
| Br. Ferry 1 | 9/74 | H1 | 0.90 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.10 |
| | | H2 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | | | 0.90 |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building

3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(5/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | | Impact Vectors | | | | | | | | | Shock Type | ρ | Remarks | |
|---------------|-------|-------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|----|---------|------|
| | | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | | | | N/A |
| Millstone 1 | 3/78 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Hatch 2 | 9/78 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Milstone 1 | 6/79 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Pilgrim | 7/79 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | L | |
| Hatch 2 | 5/80 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | NL | 0.90 |
| Hatch 2 | 5/82 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.90 | L | L | |
| Dresden 2 | 10/73 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | NL | 0.90 |
| Br.Ferry 2 | 8/74 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Fitzpatrick 1 | 1/75 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Arnold | 3/76 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | 0.00 | L | L | |
| P. Bottom 2 | 6/73 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Dresden 2 | 5/75 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | L | |
| Cooper | 10/80 | H1 | 0.10 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | NL | 0.10 |
| | | H2 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | | | 0.90 |
| V.Yankee | 9/76 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | NL | 0.90 |
| Dresden2 | 8/73 | - | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | L | L | |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building
 3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.1 울진 3,4 MOV 공통원인고장 모수 추정시 사용한 경험 데이터(6/6)

| PLANT | DATE | HYPO. PROB. | | Impact Vectors | | | | | | | | | Shock | ρ | Remarks | |
|-------------|-------|-------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|--------|---------|-----|
| | | | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | | | | N/A |
| Dresden 1 | 10/78 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| P. Bottom 3 | 3/83 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| P. Bottom 3 | 3/83 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| G.Gulf 1,2 | 7/81 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Pilgrim | 10/81 | - | - | 0.90 | 0.00 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.90 | |
| Susquehan | 7/81 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 3 |
| Monticello | 11/78 | | | | | | | | | | | | 1.00 | | | 1 |
| Brunswick | 11/76 | | | | | | | | | | | | 0.00 | | | 3 |
| Milestone 1 | 5/71 | - | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | - | - | - | - | - | 0.00 | NL | 0.50 | |
| Pilgrim | 4/73 | - | - | 0.50 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | NL | 0.90 | |

Remarks: 1 – slightly violate Tech. Spec. : no failure, 2- not applicable to the valves inside building
 3-occurred prior to commercial operation, 4- explicitly modeled

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(1/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|-----------------------------------|--------------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Cook 2 (January 1979) | 2% Power | One MOV failed to close due to broken wire in torque switch. (Similar broken wires were found in two other valves in Units 1 and 2.) | C | I, D | yes | fail to open/close | no | yes | no | |
| Turkey Point 3 (April 1979) | Refueling | Two MOVs failed to close due to lack of lubrication and collection of dirt in the operators. | C | I, H | yes | fail to close | yes | yes | no | maintenance problem |
| Arkansas One 1 (April 1980) | 100% Power | Two MOVs failed to open due to loose bolts securing actuator to valve body. | C | P | yes | fail to open | no | yes | no | improper reassembly after maintenance |
| Palisades (June 1971) | After Fuel Loading | Broken yoke and bent stem were found on an MOV. Three similar MOVs had cracks in yoke. | C | D | yes | fail to open/close | yes | no | yes | design /or overthrusting |
| Ginna (1972) | Power | Four MOVs developed packing leak . | 4 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Oconee 2 (October 1975) | Cold Shutdown | One MOV failed to close due to loose bolts securing motor to valve body. Similar bolts were found to be loose in three other MOVs . | C | D | yes | fail to close | yes | yes | no | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(2/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|--------------------------------|-----------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Trojan (October 1976) | 56% Power | One MOV failed to open due to improperly adjusted torque limit bypass switch. Torque limit switch on several other valves were also found to be improperly adjusted. | C | P | yes | fail to open/ close | yes | no | yes | typical problem addressed by GL 89-10 |
| Zion 2 (December 1976) | 75% Power | Two BIT outlet MOVs developed seal leakage. | 4 | U | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| North Anna (August 1978) | 95% Power | Two MOVs failed to open due to stem-to-packing resistance. | C | P | yes | fail to open/ close | yes | yes | no | |
| Maine Yankee (January 1982) | 97% Power | Two MOVs failed to open in required time of 13 seconds due to grease in valve motors being less viscous because of cold weather. | 4 | E | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Kewaunee (September 1975) | 61% Power | Two MOVs failed to open due to grease preventing proper limit torque spring compression . | C | U | <u>yes</u> | <u>fail to open/ close</u> | <u>yes</u> | <u>no</u> | <u>yes</u> | hydraulic locking, 50% screening out rule |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(3/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|------------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Zion 2 (October 1975) | 85% Power | Two MOVs failed to open due to low torque switch settings. | C | D | yes | fail to open | yes | no | yes | typical problem addressed by GL 89-10 |
| Maine Yankee (February 1975) | 60% Power | Two MOVs failed to open due to ice storm causing icing on valve stem threads and guides. | C | E | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Salem 1 (January* 1977) | Shutdown | Two MOVs failed due to maladjusted torque switches . | 2 | U | yes | fail to open | yes | no | yes | typical problem addressed by GL 89-10, 50% screening out rule |
| Arkansas One 2 (September 1978) | Prior to Initial Criticality | Two MOVs failed due to control circuitry design problems. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions
4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(4/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|------------------------------------|------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Arkansas One 1 (August 1981) | 100% Power | Two MOVs failed due to low torque setting. | C | H | yes | fail to close | yes | no | no | |
| Oconee 1 (November 1975) | 100% Power | Two MOVs failed due to low torque setting. | C | H | yes | fail to close | yes | no | no | |
| Oconee 2 (December 1975) | 100% Power | Two MOVs failed due to low torque setting. | C | H | yes | fail to close | yes | no | no | |
| Rancho Seco (November 1976) | Shutdown | Two MOVs failed due to torque switch bypass switch being set improperly. | C | U | yes | failed to open /close | yes | no | yes | typical problem addressed by GL 89-10, 50% screening out rule |
| Prairie Island 1 (1971) | Construction | Frequent failure of nine MOVs due to torque switch failures; design problem. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Zion 1 (September 1972) | Preoper. Testing | Several MOVs failed due to failure of torque switch failure design problems . | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(5/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89-10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|-------------------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|----|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Prairie Island 1 (1974) | Power Testing | Eight MOVs failed due to improper torque springs being installed. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Prairie Island 2 (1974) | Prior to ommercialOperation | Ten MOVs failed due to trapped grease in housing. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Prairie Island 2 (1974) | Prior to ommercialOperation | Ten MOVs failed due to trapped grease in housing. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Oconee 1 (October 1973) | Startup | Breakers in two MOVs were found locked in closed position. | 2 | P | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Maine Yankee (June 1975) | Heatup | Three SI tank isolation MOVs were left closed. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Ginna (June 1975) | 90% Power | Two SI pump discharge MOVs were found closed. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| COOK 1 (November 1977) | 100% Power | Two containment spray MOVs were found closed; operator error. | C | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(6/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Davis Besse (December 1977) | Power Escalation Test | Two AFW system MOVs were found closed. It was also discovered that breakers for three other MOVs were open; operator error. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Trojan (January 1976) | Hot shutdown | Two MOVs failed to open due to logic wiring error. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Indian Point 2 (May 1978) | Refueling | Two MOVs were found inoperable due to disconnected wiring. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Maine Yankee (August 1978) | Startup | RCS loop isolation valve motor breakers were not deenergized in violation of technical specification. Procedural change was initiated to prevent recurrence . | 2 | P | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Arkansas One 1 (May 1979) | Refueling | Control wires for two feedwater control valves were found lifted. This prevented the automatic opening of integrated control system emergency feedwater control valves. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(7/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|---------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Farley 1 (September 1979) | Shutdown | Fuses pulled to modify feedwater regulator bypass MOVs de-energized two RHR valves. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Oconee 2 (June 1979) | Shutdown | Five emergency condenser cooling water MOVs that were required to be locked open were discovered to be locked closed. | C | H | yes | fail to open/ close | no | no | n/a | |
| Oconee 2 (December 1979) | 99% Power | Operator mistakenly removed limit switches of the HPI suction MOVs on Unit 2 instead of Unit 1. | C | H | yes | fail to open/ close | no | no | n/a | |
| Salem 2 (July 1980) | Prior to Initial Criticality | Two spray header isolation valves were found closed when plant conditions required them to be open . | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Surry 2 (December 1980) | Refueling | Two BIT MOVs stroked in reverse direction due to wiring error. | 2 | P | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| COOK 1 (March 1981) | 100% Power | Five SI MOVs were mistakenly deenergized on Unit 1 instead of Unit 2. | C | H | yes | fail to open / close | no | no | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(8/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|--------------------------------------|-------------------------|---|---|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screenin g Category _A | | | | | | | |
| Monticello (July 1972) | Cold Shutdown | One isolation MOV failed to close due to loose MCC contactor mounting screw. Similar problem was also discovered in 12 other MOVs . | C | D | yes | failed to open /close | no | yes | n/a | |
| Browns Ferry 2 (December 1979) | Cold Shutdown | One recirculation flow control MOV failed to operate due to motor pinion gear being installed backward. Similar problem was discovered in another RFC MOV. | C | D | <u>yes</u> | <u>fail to open / close</u> | <u>yes</u> | <u>no</u> | <u>yes</u> | reassembly problem |
| Millstone 1 (January 1971) | Power Testing | Two LPCI MOVs and two core spray injection MOVs failed to operate due to improper torque switch setting . | 2 | P | no | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Browns Ferry 3 (May 1975) | Preoperation Testing | One core spray MOV failed to operate due to improperly connected brake wires. Similar problem found in the other three core spray MOVs . | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Robinson 2 (January 1981) | 6% Power | One of four fire protection MOVs failed to close due to valve breaker setpoint set incorrectly during initial installation. The breakers for the other three valves also required adjustment for correct trip setpoint. | C | P | <u>yes</u> | <u>failed to open /close</u> | <u>yes</u> | <u>no</u> | <u>yes</u> | installation problem |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(9/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|--------------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Surry 2 (July 1981) | 100% Power | Workmen accidentally opened breakers on two BIT MOVs. | C | H | yes | failed to open /close | no | no | n/a | |
| Monticello (March 1971) | Power Escalation Testing | Recirculation system suction MOVs failed to close and the main steam drain valves failed to open due to improperly set torque limit switches. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Millstone 1 (February 1980) | 100% Power | Valve motor-to-valve operator bolts were found to be loose in two containment spray MOVs due to damaged pipe support. | 4 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Browns Ferry 1 (1973) | Construction | Limit torque mounting bolts were found to be too small on two suppression pool spray valves. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Dresden 2 (August 1973) | Power | Two LPCI spray MOVs failed to open due to undersized motors. | C | D | yes | failed to open /close | yes | no | yes | desing problem. Identified by GL 89-10 |
| Arnold (February 1974) | Preoperation Testing | The spring-loaded clutch mechanisms failed in two LPCI MOVs. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(10/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|---|-------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Vermont . Yankee (February 1976) | 97% Power | Two RHR MOVs failed to open due to failure of operators to follow procedure. | 1 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Browns Ferry 2 (December 1974) | Shutdown | One RHR MOV failed to open due to stem disc separation. Three similar MOVs in Units 1 and 2 were inspected and found to have a similar problem. | C | I | yes | fail to open | no | n/a | n/a | |
| Pilgrim (September 1974) | 95% Power | Two RHR MOVs failed to open due to dP across valves exceeding the limit torque capabilities. | C | D | yes | fail to open | yes | no | yes | will be identified and resolved by desugn review of GL 89-10 |
| Brunswick 2 (1975) | Prior to Commercial Operation | Limit switches on the operators of two RHR MOVs drifted from original setting during valve operation due to the antirotation device on the valve stem not being tightened on both valves. | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Cooper (May 1974) | Power Escalation Testing | Two RHR MOVs failed to open due to valve operator being Without overload protection. | 2 | I,H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Peach Bottom 2 (May 1975) | Power | Three loop A RHR MOVs developed leak due to seating surface imperfections. | 4 | U | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(11/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|---------------------------------------|------------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Peach Bottom 2 (June 1982) | Power | Three loop B RHR MOVs developed leak because of loose seat rings. | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Vermont Yankee (May 1976) | 98% Power | Two RHR MOVs did not fully open due to tight packing, which resulted in increased valve stem friction. | C | H | yes | fail to open | no | no | n/a | |
| Dresden 3 (September 1975) | Power | Two MOVs failed to operate due to undersized overload heaters . | C | D | <u>yes</u> | <u>failed to open /close</u> | <u>yes</u> | <u>no</u> | <u>yes</u> | desing problem. Identified by GL 89-10 |
| Browns Ferry 1 (September 1974) | Cold Shutdown | One torus spray MOV failed because of operator-stem separation due to weld failure. Investigation revealed cracks in the yoke arm of a similar MOV. | C | D | yes | fail to open / close | no | yes | n/a | |
| Millstone 1 (March 1978) | Refueling | Three RHR MOVs developed excessive leakage due to worn seal rings. | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Hatch 2 (September 1978) | Shutdown | Two RHR MOVs failed to close due to inadequate design. (Valve installed horizontally, causing the gate to rest on valve body guides resulting in valve binding.) | C | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(12/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89-10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Millstone 1 (June 1979) | Refueling | Three RHR MOVs developed excessive leakage due to worn seating. | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Pilgrim (July 1979) | 100% Power | One RHR MOV failed to open because the valve stem guide key had sheared. Similar failure occurred in a similar MOV. | C | D | yes | fail to open /close | yes | no | yes | will be identified by GL 89-10 |
| Hatch 2 (May 1980) | Startup | Two RHR pump suction valve became inoperable due to broken limit switech rotors . | C | I | yes | failed to open /close | no | yes | n/a | |
| Hatch 2 (May 1982) | 99% Power | Two torus suction MOVs failed to open due to steam leak from a check valve. | C | I | yes | failed to open /close | no | no | n/a | |
| Dresden 2 (October 1973) | Power | Test revealed that two HPCI valves had lost their seal-in capability; connecting wires for the seal-in contacts were disconnected during breaker modification . | C | D | yes | transfer open/ closed | no | no | n/a | human error |
| Browns Ferry 2 (August 1974) | Power Escalation Testing | Two HPCI MOVs jammed closed. | 2 | U | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(13/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89-10시험에 의한 예측여부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|----------------------------|--------------------|--|---------------------------------|--------------------|---------------|------------------------------|------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Fitzpatrick (January 1975) | Power Testing | Two HPCI MOVs failed to open due to improperly adjusted torquen due switch . | 2 | H | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Arnold (March 1976) | Refueling Shutdown | Several MOVs were found to have excessive amounts of oil in motor housing. It was suspected that the excess grease was present when valves received from vendor. | C | D | yes | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Peach Bottom 2 (June 1973) | Construction | An RHR heat exchanger discharge MOV experienced weld failure between valve yoke and motor plate. Similar problem was discovered in 12 other valves in Units 2 and 3. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Dresden 2 (May 1975) | Refueling | Two containment cooling service water MOVs failed to control flow in a test due to bent stems. undersized stem and faulty motor brakes. | C | D,I | yes | <u>failed to open /close</u> | yes | no | yes | design problem identified by GL 89-10 |
| Cooper (October 1980) | 98% Power | One loop B RHR MOV failed to operate due to disc-stem separation. A similar valve in loop A was found to be in the same condition. The loop A valve was operable at the time of disassembly. | C | D | yes | transfer open/ closed | no | yes | n/a | ageing |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(14/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|--|-----------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Vermont Yankee (September 1976) | Shutdown | Design document review revealed that redundant auto-open contacts for two MOVs were not installed. | C | D | yes | failed to open /close | no | no | n/a | design problem |
| Dresden 2 (August 1973) | Power | Two HPCI MOVs failed to close due to bent breaker interlock bars. | C | U | yes | failed to open /close | no | yes | n/a | design problem |
| Dresden 1 (October 1978) | Shutdown | Two emergency condenser MOVs failed to fuller close automaticaly . | C | U | yes | fail to close | no | no | n/a | |
| Peach Bottom 3 (March 1983) | Refueling | Two reactor building closed cooling water MOVs leaked excessively due to debris buildup on seats. | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Peach Bottom 3 (March 1983) | Refueling | Two drywell chilled water MOVs leaked excessively due to debris buildup on seats. | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Grand Gulf 1 and 2 (June 1981) | Construction | Improper torque switch operation was identified on 20 MOVs due to design or manufacturing error. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions
4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.2 울진 3,4 PSA에서 CCF 모수 재 평가시 목록에서 빠지는(screening out) 공통원인 고장 사건 들(15/15)

| EPRI/NP-3967 자료 | | | | 고장 원인 ^B | 울진 3&4, 고려 여부 | Failure mode | 89- 10시험 에 의한 예측여 부 | 시간에 따른 고장 기제 | MOV시험 평가후의 screening out 적용 | 비고 |
|-----------------------------------|-----------------|--|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Plant (date) | Plant Status | Event Description | Screening Category ^A | | | | | | | |
| Pilgrim (October 1981)* | Refueling | Loose and sheared valve operator mounting bolts were found on two MOVs. Vibration was suspected as the cause. | C | I | yes | failed to open /close | no | no | n/a | not clear |
| Susquehanna 1 (July 1981) | Construction | Melamine material in limit and torque switches of several MOV operators cracked. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Monticello (October 1978) | Refueling | Two MOVs developed excessive packing gland leak and had improper torque/limit switch settings . | 4 | I | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Brunswick 1 (November 1976) | 5% Power | One RHR LPCI MOV breaker tripped on thermal overload due to undersized motor breaker. Same problem was discovered in a similar LPCI MOV. | 2 | D | no | n/a | n/a | n/a | n/a | |
| Millstone 1 (May 1971) * | Power | Motors on three MOVs in three systems burned out due to moisture or water. | C | E | yes | failed to open /close | no | no | n/a | environmental problem |
| Pilgrim (April 1973) | Power | Motor housings of two containment spray MOVs were found to be broken because they were stepped on. | C | H | yes | failed to open /close | no | no | n/a | human error |

A: 1. explicitly modeled, 2. events occurring prior to commercial operation, 3. events occurring during shutdown conditions

4. potential failures, c. common cause events

B: D- design, I - internal, E- environment, H - human, U- unknown, P- procedure

표 B.3 공통원인고장확률(1/3)

| Name | Description | Old Mean | New Mean | New Mean after test | EF |
|-------------------|--|----------|----------|---------------------|----|
| AFMVW004344 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0043 & 44 (2/2) | 1.58E-4 | 1.62E-4 | 1.1E-4 | 10 |
| AFMVW004346 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0043 & 46 (2/2) | 1.58E-4 | 1.62E-4 | 1.1E-4 | 10 |
| AFMVW004445 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 45 (2/2) | 1.58E-4 | 1.62E-4 | 1.1E-4 | 10 |
| AFMVW004446 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 46 (2/2) | 1.58E-4 | 1.62E-4 | 1.1E-4 | 10 |
| AFMVW004546 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0045 & 46 (2/2) | 1.58E-4 | 1.62E-4 | 1.1E-4 | 10 |
| AFMVWD004346 | CCF OF DRIVERS FOR AFW ISOL. MOV 0043 & 46 (2/2) | 1.35E-4 | 1.32E-4 | 9.02E-5 | 10 |
| AFMVWD004445 | CCF OF DRIVERS FOR AFW ISOL. MOV 0044 & 45 (2/2) | 1.35E-4 | 1.32E-4 | 9.02E-5 | 10 |
| AFMVW0043456 Q | QUADRUPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 44, 45 & 46 (4/4) | 1.47E-4 | 1.52E-4 | 1.04E-4 | 10 |
| AFMVW004345T | TRIPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 44 & 45 (3/4) | 2.73E-6 | 2.83E-6 | 1.94E-6 | 10 |
| AFMVW004346T | TRIPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 44 & 46 (3/4) | 2.73E-6 | 2.83E-6 | 1.94E-6 | 10 |
| AFMVW004356T | TRIPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 45 & 46 (3/4) | 2.73E-6 | 2.83E-6 | 1.94E-6 | 10 |
| AFMVW004456T | TRIPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0044, 45 & 46 (3/4) | 2.73E-6 | 2.83E-6 | 1.94E-6 | 10 |
| AFMVW00434D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043 & 44 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW00435D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043 & 45 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW00436D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043 & 46 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW00445D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 45 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW00446D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 46 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW00456D | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0045 & 46 (2/4) | 1.03E-7 | 1.08E-7 | 7.3E-8 | 10 |
| AFMVW004456T3 | CCF OF AFW ISOL. MOV 0044, 0045 & 0046 (3/3) | 1.53E-4 | 1.61E-4 | 1.09E-4 | 10 |

Old Mean: 울진 3&4호기 PSA 모델에서 사용된 평균,

New Mean: MGL 모수 베타를 수 계산으로 재현시 새로운 평균, 보조급수계통 MOV 베타 값도 다른 MOV와 동일 베타값 사용

New Mean after test: 변경 MGL 모수 베타 사용시의 평균

표 B.3 공통원인고장확률 (2/3)

| Name | Description | Old Mean | New Mean | New Mean after test | EF |
|--------------|--|----------|----------|---------------------|----|
| AFMVW00445D3 | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 45 (2/3) | 1.80E-6 | 1.87E-6 | 1.29E-6 | 10 |
| AFMVW00446D3 | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0044 & 46 (2/3) | 1.80E-6 | 1.87E-6 | 1.29E-6 | 10 |
| AFMVW00456D3 | DOUBLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0045 & 46 (2/3) | 1.80E-6 | 1.87E-6 | 1.29E-6 | 10 |
| CCMVWCSHX | CCF OF CONTAINMENT SPRAY HX MOV MV141/142 FAIL TO OPEN | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| CCMVWDGHX | CCF - CCW TO DG HX ISOLATION MOV MV105/106 FAIL TO OPEN | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| CCMVWECWC2 | CCF - S/B ECW CONDENSER ISOL. MOV MV095/096 FAIL TO OPEN | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| CCMVWSDCHX | CCF - CCW TO SDC HX ISOL. MOV MV073/074 FAIL TO OPEN | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| CSMVW003334 | CCF OF CSS-SDC HX 1 INLET LINE MOV 0033 & 0034 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| CSMVW3536 | CCF(DEMAND,FTO) OF CS HEAD. ISO. VALVES MV 0035 & 0036 | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| HSMVW32131 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOV SI-321 & 331 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| HSMVW60304 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOV SI-603 & 604 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| HSMVW67576 | CCF OF CTMT. SUMP ISO. MOV SI675 AND 676 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| HSMVW69899 | CCF OF HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 & 699 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| HSMVWDHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOV (1/3 SUCCESS, CLBRK) | 2.62E-4 | 2.63E-4 | 1.78E-4 | 10 |
| HSMVWEHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOV (2/3 SUCCESS, CLBLK) | 2.91E-4 | 2.92E-4 | 1.98E-4 | 10 |
| HSMVWGHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOV (1/4 SUCCESS) | 2.40E-4 | 2.51E-4 | 1.71E-4 | 10 |
| HSMVWHHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOV (2/4 SUCCESS) | 2.73E-4 | 2.86E-4 | 1.94E-4 | 10 |
| LSMVWB6125 | CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 625 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| LSMVWD61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV 612, 614 & 615 (3/3) | 2.85E-4 | 2.87E-4 | 1.97E-4 | 10 |
| LSMVWD6125D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 625 (2/3) | 4.23E-6 | 4.26E-6 | 2.92E-6 | 10 |

Old Mean: 울진 3&4호기 PSA 모델에서 사용된 평균,

New Mean: MGL 모수 베타를 수 계산으로 재현시 새로운 평균, 보조급수계통 MOV 베타 값도 다른 MOV와 동일 베타값 사용

New Mean after test: 변경 MGL 모수 베타 사용시의 평균

표 B.3 공통원인고장확률 (3/3)

| Name | Description | Old Mean | New Mean | New Mean after test | EF |
|---------------|---|----------|----------|---------------------|----|
| LSMVWD6145D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 645 (2/3) | 4.23E-6 | 4.26E-6 | 2.92E-6 | 10 |
| LSMVWD6245D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI625 & 645 (2/3) | 4.23E-6 | 4.26E-6 | 2.92E-6 | 10 |
| LSMVWG612345Q | QUADRUPLE CCF OF LPSI HDR ISO. MOV SI615, 25, 35 & 45 (4/4) | 2.77E-4 | 2.78E-4 | 1.89E-4 | 10 |
| LSMVWG61235T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615, 625 & 635 (3/4) | 5.09E-6 | 5.1E-6 | 3.48E-6 | 10 |
| LSMVWG61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615, 625 & 645 (3/4) | 5.09E-6 | 5.1E-6 | 3.48E-6 | 10 |
| LSMVWG61345T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615, 635 & 645 (3/4) | 5.09E-6 | 5.1E-6 | 3.48E-6 | 10 |
| LSMVWG62345T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI625, 635 & 645 (3/4) | 5.09E-6 | 5.1E-6 | 3.48E-6 | 10 |
| LSMVWG6125D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 625 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| LSMVWG6135D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 635 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| LSMVWG6145D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI615 & 645 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| LSMVWG6235D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI625 & 635 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| LSMVWG6245D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI625 & 645 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| LSMVWG6345D | DOUBLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV SI635 & 645 (2/4) | 1.95E-7 | 1.96E-7 | 1.33E-7 | 10 |
| SCMVW65152 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 & 652 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW65354 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI653 & 654 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW65556 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI655 & 656 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW65758 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI657 & 658 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW68990 | CCF OF SDC WARM-UP LINE ISO. MOV SI689 & 690 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW69394 | CCF OF SDC HX INLET LINE MOV SI693 & 694 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |
| SCMVW69596 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI695 & 696 (2/2) | 2.94E-4 | 2.94E-4 | 2.0E-4 | 10 |

Old Mean: 울진 3&4호기 PSA 모델에서 사용된 평균,

New Mean: MGL 모수 베타를 수 계산으로 재현시 새로운 평균, 보조급수계통 MOV 베타 값도 다른 MOV와 동일 베타값 사용

New Mean after test: 변경 MGL 모수 베타 사용시의 평균

부록 C.
MGL 모수 β 변경 전.후의 중요도 분석 결과

표 C.1 MGL 모수 β 값 변경전 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(1/4)

| Event | Description | Mean | FV Imp. | RAW |
|---------------|--|----------|---------|------|
| AFMVO0046BB | AFW ISOL. MOV 0046 FAILS TO OPEN DURING CYCLING OP. | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| AFMVW0043456Q | QUADRUPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 44, 45 & 46 (4/4) | 1.47E-04 | 0 | 1.09 |
| CCMVO0073A | SDC HX01A ISOL. MOV MV073 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.09 |
| CCMVO0074B | SDC HX01B ISOL. MOV MV074 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.12 |
| CCMVO0105A | DG01KA HX ISOLATION MOV MV105 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.01 |
| CCMVO0106B | DG01KB HX ISOLATION MOV MV106 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.01 |
| CCMVO0141A | CS HX01A ISOL. MOV MV141 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.17 |
| CCMVO0142B | CS HX01B ISOL. MOV MV142 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.17 |
| CCMVO096B | ECW CONDENSER 02CB DISCH. MOV MV096 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1.01 |
| CCMVWCSHX | CCF OF CONTAINMENT SPRAY HX MOV MV141/142 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 0.0022 | 8.52 |
| CCMVWDGHX | CCF - CCW TO DG HX ISOLATION MOV MV105/106 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 0 | 1.11 |
| CCMVWECWC2 | CCF - S/B ECW CONDENSER ISOL. MOV MV095/096 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 0 | 1.05 |
| CCMVWSDCHX | CCF - CCW TO SDC HX ISOL. MOV MV073/074 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 0.0011 | 4.61 |
| CSMVO0035A | CS HEAD. TRAIN A MV 0035 FAILS TO OPEN ON DEMAND | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.17 |
| CSMVO0036B | CS HEAD. TRAIN B MV 0036 FAILS TO OPEN ON DEMAND | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.17 |
| CSMVW3536 | CCF(DEMAND,FTO) OF CS HEAD. ISO. VALVES MV 0035 & 0036 | 2.94E-04 | 0.0022 | 8.52 |
| CVMVT0530B | CVCS RWT ISO. MOV CH530 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0006 | 4.62 |
| CVMVT0531A | RWT ISO. MOV CH-531 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0005 | 4.43 |
| HSMVC0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |
| HSMVC0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |

표 C.1 MGL 모수 β 값 변경전 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(2/4)

| Event | Description | Mean | FV Imp. | RAW |
|------------|--|----------|---------|--------|
| HSMVO0321A | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-321 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |
| HSMVO0331B | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-331 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |
| HSMVO0603A | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-603 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |
| HSMVO0604B | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-604 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.16 |
| HSMVO0675A | CTMT SUMP ISO. MOV SI-675 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0088 | 3.2 |
| HSMVO0676B | CTMT SUMP ISO. MOV SI-676 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0097 | 3.42 |
| HSMVT0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0005 | 4.37 |
| HSMVT0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0005 | 4.26 |
| HSMVW32131 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVSI SI-321 & 331 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0022 | 8.49 |
| HSMVW60304 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVSI SI-603 & 604 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0022 | 8.49 |
| HSMVW67576 | CCF OF CTMT. SUMP ISO. MOV SI675 AND 676 (2/2) | 2.94E-04 | 0.1142 | 389.19 |
| HSMVW69899 | CCF OF HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOVSI SI-698 & 699 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0022 | 8.49 |
| HSMVWDHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (1/3 SUCCESS, CLBRK) | 2.62E-04 | 0.0103 | 40.41 |
| HSMVWGHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (1/4 SUCCESS) | 2.40E-04 | 0.0741 | 309.61 |
| HSMVWHHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (2/4 SUCCESS) | 2.73E-04 | 0.0054 | 20.74 |
| IISL | INTERFACING SYSTEM LOCA FREQUENCY | 1.20E-09 | 0.0001 | 115952 |
| ILOCCW | LOSS OF ONE CCW TRAIN FREQUENCY | 9.95E-02 | 0.0099 | 1.09 |
| ILOFW | LOSS OF MAIN FEEDWATER FREQUENCY | 5.40E-01 | 0.1323 | 1.11 |
| IML | MEDIUM LOCA (COLD LEG BREAK) FREQUENCY | 1.70E-04 | 0.0733 | 431.91 |
| ISL | SMALL LOCA FREQUENCY | 3.00E-03 | 0.2153 | 72.56 |
| ITRSN | GENERAL TRANSIENTS FREQUENCY | 3.00E+00 | 0.0421 | 0.97 |
| LSMVO6152A | LPSI HEADER ISO. MOV SI-615 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| LSMVO6252B | LPSI HEADER ISO. MOV SI-625 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1 |

표 C.1 MGL 모수 β 값 변경전 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(3/4)

| Event | Description | Mean | FV Imp. | RAW |
|---------------|---|----------|---------|-------|
| LSMVO6451B | LPSI HEADER ISO. MOV SI-645 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.17 |
| LSMVT0691A | LPSI PUMP SUCTION LINE MOV SI-691 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0 | 1.15 |
| LSMVT0692B | LPSI PUMP SUCTION LINE MOV SI-692 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0 | 1.23 |
| LSMVWD61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV 612, 614 & 615 (3/3) | 2.85E-04 | 0.0056 | 20.71 |
| LSMVWG612345Q | QUADRUPLE CCF OF LPSI HDR ISO. MOV SI615, 25, 35 & 45 (4/4) | 2.77E-04 | 0.0011 | 5.03 |
| MFMVO093 | MFWS S/U FWP DISCH. LINE MOV V093 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0006 | 1.15 |
| NR-AFMV | FAILURE TO RECOVER AFWS MOV | 1.90E-01 | 0 | 1 |
| NR-CSMV | FAILURE TO RECOVER CSS MOV | 1.90E-01 | 0.0067 | 1.03 |
| NR-HSMV-HL | FAILURE TO RECOVER HPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0095 | 1.04 |
| NR-HSMV-SP | FAILURE TO RECOVER HPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0014 | 1.01 |
| NR-LSMV | FAILURE TO RECOVER LPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.001 | 1 |
| NR-MFMV | FAILURE TO RECOVER MFWS MOV | 1.90E-01 | 0.0006 | 1 |
| NR-SCMV | FAILURE TO RECOVER SCS MOV | 1.90E-01 | 0.0081 | 1.03 |
| SCMVC0689A | SDC WARM UP LINE ISO. MOV SI-689 FAILS TO RECLOSE | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.09 |
| SCMVC0690B | SDC WARM UP LINE ISO. MOV SI-690 FAILS TO RECLOSE | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.12 |
| SCMVO0651A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.001 | 1.26 |
| SCMVO0652B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI652 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0016 | 1.4 |
| SCMVO0653A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.001 | 1.26 |
| SCMVO0654B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0016 | 1.4 |
| SCMVO0655A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-655 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.09 |
| SCMVO0656B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-656 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.12 |

표 C.1 MGL 모수 β 값 변경전 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(4/4)

| Event | Description | Mean | FV Imp. | RAW |
|------------|--|----------|---------|------|
| SCMVO0657A | SDC HX 1 DISCH. LINE MOV SI-657 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.09 |
| SCMVO0658B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-658 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.12 |
| SCMVO0694B | SDC HX 2 INLET LINE MOV SI-694 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1.01 |
| SCMVO0695A | SDC HX 1 DISCH. LINE MOV SI-695 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.09 |
| SCMVO0696B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-696 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0016 | 1.4 |
| SCMVW65152 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 & 652 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0056 | 20.1 |
| SCMVW65354 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI653 & 654 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0056 | 20.1 |
| SCMVW65556 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI655 & 656 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0011 | 4.61 |
| SCMVW65758 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI657 & 658 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0011 | 4.61 |
| SCMVW68990 | CCF OF SDC WARM-UP LINE ISO. MOV SI689 & 690 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0011 | 4.61 |
| SCMVW69394 | CCF OF SDC HX INLET LINE MOV SI693 & 694 (2/2) | 2.94E-04 | 0 | 1.04 |
| SCMVW69596 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI695 & 696 (2/2) | 2.94E-04 | 0.0011 | 4.61 |
| SDMVO101A | SD ISOL. MV RC-101 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO102B | SD ISOL. MV RC-102 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO103A | SD BLEED MV RC-103 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO104B | SD BLEED MV RC-104 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVW10102 | CCF OF SD ISOL. MV RC-101 & 102 | 2.94E-04 | 0.0003 | 2.14 |
| SDMVW10304 | CCF OF SD BLEED MV RC-103 & 104 | 2.94E-04 | 0.0003 | 2.14 |
| STMVT6142A | SIT DISCHG. LINE 2A ISO. MV-SI614 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0 | 1.05 |
| STMVT6242B | SIT DISCHG. LINE 2B ISO. MV-SI624 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0 | 1.05 |
| STMVT6441B | SIT DISCHG. LINE 1B ISO. MV-SI644 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0 | 1.05 |

표 C.2 MGL 모수 β 값 변경전 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과(1/2)

| 사건이름 | 설명 | Mean | f-v | raw |
|------------|--|----------|-------|---------|
| CCMVWCSHX | CCF OF CONTAINMENT SPRAY HX MOV MV141/142 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 0 | 1.07 |
| CCMVWECWC2 | CCF - S/B ECW CONDENSER ISOL. MOV MV095/096 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.19 |
| CCMVWSDCHX | CCF - CCW TO SDC HX ISOL. MOVS MV073/074 FAIL TO OPEN | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.42 |
| CIS | containment isolation failure | 1.40E-03 | 0.007 | 5.94 |
| CSMVW3536 | CCF(DEMAND,FTO) OF CS HEAD. ISO. VALVES MV 0035 & 0036 | 2.94E-04 | 0 | 1.07 |
| CVMVT0530B | CVCS RWT ISO. MOV CH530 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 14.03 |
| CVMVT0531A | RWT ISO. MOV CH-531 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 14.03 |
| HSMVO0675A | CTMT SUMP ISO. MOV SI-675 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 8E-04 | 1.21 |
| HSMVO0676B | CTMT SUMP ISO. MOV SI-676 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 8E-04 | 1.21 |
| HSMVT0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 12.42 |
| HSMVT0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 12.42 |
| HSMVW32131 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVS SI-321 & 331 (2/2) | 2.94E-04 | 0 | 1.07 |
| HSMVW60304 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVS SI-603 & 604 (2/2) | 2.94E-04 | 0 | 1.07 |
| HSMVW67576 | CCF OF CTMT. SUMP ISO. MOV SI675 AND 676 (2/2) | 2.94E-04 | 0.015 | 50.53 |
| HSMVW69899 | CCF OF HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOVS SI-698 & 699 (2/2) | 2.94E-04 | 0 | 1.07 |
| HSMVWDHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (1/3 SUCCESS, CLBRK) | 2.62E-04 | 2E-04 | 1.66 |
| HSMVWGHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (1/4 SUCCESS) | 2.40E-04 | 0.309 | 1288.62 |
| HSMVWHHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (2/4 SUCCESS) | 2.73E-04 | 1E-04 | 1.33 |
| IISL | INTERFACING SYSTEM LOCA FREQUENCY | 1.20E-09 | 0.001 | 798042 |
| ILOCCW | LOSS OF ONE CCW TRAIN FREQUENCY | 9.95E-02 | 6E-04 | 1.01 |
| ILOFW | LOSS OF MAIN FEEDWATER FREQUENCY | 5.40E-01 | 0.017 | 1.01 |
| ILOOP | LOSS OF OFFSITE POWER FREQUENCY | 6.15E-02 | 0.013 | 1.2 |

표 C.2 MGL 모수 β 값 변경전 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과(2/2)

| 사건이름 | 설명 | Mean | f-v | raw |
|---------------|---|----------|-------|-------|
| IML | MEDIUM LOCA (COLD LEG BREAK) FREQUENCY | 1.70E-04 | 9E-04 | 6.49 |
| ISL | SMALL LOCA FREQUENCY | 3.00E-03 | 0.029 | 10.69 |
| ITRSN | GENERAL TRANSIENTS FREQUENCY | 3.00E+00 | 0.005 | 1 |
| LSMVWD61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV 612, 614 & 615 (3/3) | 2.85E-04 | 1E-04 | 1.33 |
| LSMVWG612345Q | QUADRUPLE CCF OF LPSI HDR ISO. MOV SI615, 25, 35 & 45 (4/4) | 2.77E-04 | 6E-04 | 3.18 |
| MFMVO093 | MFWS S/U FWP DISCH. LINE MOV V093 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 2E-04 | 1.05 |
| NR-CSMV | FAILURE TO RECOVER CSS MOV | 1.90E-01 | 0 | 1 |
| NR-HSMV-HL | FAILURE TO RECOVER HPSIS MOV | 1.90E-01 | 1E-04 | 1 |
| NR-LSMV | FAILURE TO RECOVER LPSIS MOV | 1.90E-01 | 1E-04 | 1 |
| NR-MFMV | FAILURE TO RECOVER MFWS MOV | 1.90E-01 | 3E-04 | 1 |
| NR-SCMV | FAILURE TO RECOVER SCS MOV | 1.90E-01 | 6E-04 | 1 |
| SCMVO0651A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 1E-04 | 1.02 |
| SCMVO0652B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI652 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 1E-04 | 1.04 |
| SCMVO0653A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 1E-04 | 1.02 |
| SCMVO0654B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 1E-04 | 1.04 |
| SCMVO0696B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-696 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 1E-04 | 1.04 |
| SCMVW65152 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 & 652 (2/2) | 2.94E-04 | 7E-04 | 3.52 |
| SCMVW65354 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI653 & 654 (2/2) | 2.94E-04 | 7E-04 | 3.52 |
| SCMVW65556 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI655 & 656 (2/2) | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.42 |
| SCMVW65758 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI657 & 658 (2/2) | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.42 |
| SCMVW68990 | CCF OF SDC WARM-UP LINE ISO. MOV SI689 & 690 (2/2) | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.42 |
| SCMVW69596 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI695 & 696 (2/2) | 2.94E-04 | 1E-04 | 1.42 |

표 C.3 MGL 모수 β 값 변경이후 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(1/4)

| 기본사건 | 설명 | mean | f-v | raw |
|---------------|--|----------|--------|------|
| AFMVW0043456Q | QUADRUPLE CCF OF AFW ISOL. MOV 0043, 44, 45 & 46 (4/4) | 1.04E-04 | 0 | 1.09 |
| CCMVO0073A | SDC HX01A ISOL. MOV MV073 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.1 |
| CCMVO0074B | SDC HX01B ISOL. MOV MV074 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.13 |
| CCMVO0105A | DG01KA HX ISOLATION MOV MV105 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.01 |
| CCMVO0106B | DG01KB HX ISOLATION MOV MV106 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.01 |
| CCMVO0141A | CS HX01A ISOL. MOV MV141 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| CCMVO0142B | CS HX01B ISOL. MOV MV142 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| CCMVO096B | ECW CONDENSER 02CB DISCH. MOV MV096 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1.01 |
| CCMVWCSHX | CCF OF CONTAINMENT SPRAY HX MOV MV141/142 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0.0016 | 9.11 |
| CCMVWDGHX | CCF - CCW TO DG HX ISOLATION MOV MV105/106 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0 | 1.12 |
| CCMVWECWC2 | CCF - S/B ECW CONDENSER ISOL. MOV MV095/096 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0 | 1.05 |
| CCMVWSDCHX | CCF - CCW TO SDC HX ISOL. MOV MV073/074 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0.0008 | 4.84 |
| CSMVO0035A | CS HEAD. TRAIN A MV 0035 FAILS TO OPEN ON DEMAND | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| CSMVO0036B | CS HEAD. TRAIN B MV 0036 FAILS TO OPEN ON DEMAND | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| CSMVW3536 | CCF(DEMAND,FTO) OF CS HEAD. ISO. VALVES MV 0035 & 0036 | 2.00E-04 | 0.0016 | 9.11 |
| CVMVT0530B | CVCS RWT ISO. MOV CH530 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0006 | 4.91 |
| CVMVT0531A | RWT ISO. MOV CH-531 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0006 | 4.7 |
| HSMVC0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| HSMVC0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| HSMVO0321A | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-321 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| HSMVO0331B | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-331 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| HSMVO0603A | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-603 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |

표 C.3 MGL 모수 β 값 변경이후 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(2/4)

| 기본사건 | 설명 | mean | f-v | raw |
|---------------|---|----------|--------|--------|
| HSMVO0604B | HOT LEG INJ. LINE ISOL. MOV SI-604 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| HSMVO0675A | CTMT SUMP ISO. MOV SI-675 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0095 | 3.37 |
| HSMVO0676B | CTMT SUMP ISO. MOV SI-676 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0105 | 3.61 |
| HSMVT0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0006 | 4.64 |
| HSMVT0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0005 | 4.52 |
| HSMVW32131 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVSI SI-321 & 331 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0016 | 9.09 |
| HSMVW60304 | CCF OF HOT LEG INJECTION ISOL. MOVSI SI-603 & 604 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0016 | 9.09 |
| HSMVW67576 | CCF OF CTMT. SUMP ISO. MOV SI675 AND 676 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0838 | 420.06 |
| HSMVW69899 | CCF OF HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOVSI SI-698 & 699 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0016 | 9.09 |
| HSMVWDHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (1/3 SUCCESS, CLBRK) | 1.78E-04 | 0.0076 | 43.56 |
| HSMVWGHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (1/4 SUCCESS) | 1.71E-04 | 0.057 | 334 |
| HSMVWHHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVSI (2/4 SUCCESS) | 1.94E-04 | 0.0041 | 22.31 |
| IISL | INTERFACING SYSTEM LOCA FREQUENCY | 1.20E-09 | 0.0002 | 125187 |
| ILOCCW | LOSS OF ONE CCW TRAIN FREQUENCY | 9.95E-02 | 0.0107 | 1.1 |
| ILOFW | LOSS OF MAIN FEEDWATER FREQUENCY | 5.40E-01 | 0.138 | 1.12 |
| IML | MEDIUM LOCA (COLD LEG BREAK) FREQUENCY | 1.70E-04 | 0.0717 | 422.91 |
| ISL | SMALL LOCA FREQUENCY | 3.00E-03 | 0.188 | 63.49 |
| ITRSN | GENERAL TRANSIENTS FREQUENCY | 3.00E+00 | 0.0446 | 0.97 |
| LSMVO6451B | LPSI HEADER ISO. MOV SI-645 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0007 | 1.18 |
| LSMVT0691A | LPSI PUMP SUCTION LINE MOV SI-691 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0 | 1.16 |
| LSMVT0692B | LPSI PUMP SUCTION LINE MOV SI-692 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0 | 1.25 |
| LSMVWD61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV 612, 614 & 615 (3/3) | 1.97E-04 | 0.0042 | 22.28 |
| LSMVWG612345Q | QUADRUPLE CCF OF LPSI HDR ISO. MOV SI615, 25, 35 & 45 (4/4) | 1.89E-04 | 0.0008 | 5.21 |

표 C.3 MGL 모수 β 값 변경이후 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(3/4)

| 기본사건 | 설명 | mean | f-v | raw |
|------------|---|----------|--------|-------|
| MFMVO093 | MFWS S/U FWP DISCH. LINE MOV V093 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0006 | 1.16 |
| NR-AFMV | FAILURE TO RECOVER AFWS MOV | 1.90E-01 | 0 | 1 |
| NR-CSMV | FAILURE TO RECOVER CSS MOV | 1.90E-01 | 0.0057 | 1.02 |
| NR-HSMV-HL | FAILURE TO RECOVER HPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0079 | 1.03 |
| NR-HSMV-SP | FAILURE TO RECOVER HPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0015 | 1.01 |
| NR-LSMV | FAILURE TO RECOVER LPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0007 | 1 |
| NR-MFMV | FAILURE TO RECOVER MFWS MOV | 1.90E-01 | 0.0006 | 1 |
| NR-SCMV | FAILURE TO RECOVER SCS MOV | 1.90E-01 | 0.0068 | 1.03 |
| SCMVC0689A | SDC WARM UP LINE ISO. MOV SI-689 FAILS TO RECLOSE | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.1 |
| SCMVC0690B | SDC WARM UP LINE ISO. MOV SI-690 FAILS TO RECLOSE | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.13 |
| SCMVO0651A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0011 | 1.28 |
| SCMVO0652B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI652 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0017 | 1.43 |
| SCMVO0653A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0011 | 1.28 |
| SCMVO0654B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0017 | 1.43 |
| SCMVO0655A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-655 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.1 |
| SCMVO0656B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-656 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.13 |
| SCMVO0657A | SDC HX 1 DISCH. LINE MOV SI-657 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.1 |
| SCMVO0658B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-658 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0005 | 1.13 |
| SCMVO0694B | SDC HX 2 INLET LINE MOV SI-694 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0 | 1.01 |
| SCMVO0695A | SDC HX 1 DISCH. LINE MOV SI-695 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0004 | 1.1 |
| SCMVO0696B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-696 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0017 | 1.43 |
| SCMVW65152 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 & 652 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0041 | 21.39 |
| SCMVW65354 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI653 & 654 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0041 | 21.39 |

표 C.3 MGL 모수 β 값 변경이후 노심손상빈도에 대한 중요도 분석결과(4/4)

| 기본사건 | 설명 | mean | f-v | raw |
|------------|--|----------|--------|------|
| SCMVW65556 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI655 & 656 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0008 | 4.84 |
| SCMVW65758 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI657 & 658 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0008 | 4.84 |
| SCMVW68990 | CCF OF SDC WARM-UP LINE ISO. MOV SI689 & 690 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0008 | 4.84 |
| SCMVW69596 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI695 & 696 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0008 | 4.84 |
| SDMVO101A | SD ISOL. MV RC-101 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO102B | SD ISOL. MV RC-102 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO103A | SD BLEED MV RC-103 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVO104B | SD BLEED MV RC-104 FAILS TO CLOSE | 4.00E-03 | 0 | 1 |
| SDMVW10102 | CCF OF SD ISOL. MV RC-101 & 102 | 2.94E-04 | 0.0003 | 2.17 |
| SDMVW10304 | CCF OF SD BLEED MV RC-103 & 104 | 2.94E-04 | 0.0003 | 2.17 |
| STMVT6142A | SIT DISCHG. LINE 2A ISO. MV-SI614 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0.0001 | 1.07 |
| STMVT6242B | SIT DISCHG. LINE 2B ISO. MV-SI624 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0.0001 | 1.07 |
| STMVT6441B | SIT DISCHG. LINE 1B ISO. MV-SI644 TRANSFER CLOSED | 9.20E-04 | 0.0001 | 1.07 |

표 C.4 MGL 모수 β 값 변경이후 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과(1/2)

| 사건이름 | 설명 | mean | f-v | raw |
|------------|--|----------|--------|----------|
| CCMVWECWC2 | CCF - S/B ECW CONDENSER ISOL. MOV MV095/096 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0 | 1.21 |
| CCMVWSDCHX | CCF - CCW TO SDC HX ISOL. MOVS MV073/074 FAIL TO OPEN | 2.00E-04 | 0.0001 | 1.4 |
| CIS | containment isolation failure | 1.40E-03 | 0.007 | 5.96 |
| CVMVT0530B | CVCS RWT ISO. MOV CH530 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0022 | 15.39 |
| CVMVT0531A | RWT ISO. MOV CH-531 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.0022 | 15.39 |
| HSMVO0675A | CTMT SUMP ISO. MOV SI-675 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0009 | 1.23 |
| HSMVO0676B | CTMT SUMP ISO. MOV SI-676 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0009 | 1.23 |
| HSMVT0698B | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-698 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 13.61 |
| HSMVT0699A | HPSI PUMP ORIFICE BYPASS MOV SI-699 FAILS CLOSED | 1.55E-04 | 0.002 | 13.61 |
| HSMVW67576 | CCF OF CTMT. SUMP ISO. MOV SI675 AND 676 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0109 | 55.72 |
| HSMVWDHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (1/3 SUCCESS, CLBRK) | 1.78E-04 | 0.0001 | 1.73 |
| HSMVWGHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (1/4 SUCCESS) | 1.71E-04 | 0.2432 | 1422.89 |
| HSMVWHHDR | CCF OF HPSI HEADER ISOLATION MOVS (2/4 SUCCESS) | 1.94E-04 | 0.0001 | 1.36 |
| IISL | INTERFACING SYSTEM LOCA FREQUENCY | 1.20E-09 | 0.0011 | 881523.2 |
| ILOCCW | LOSS OF ONE CCW TRAIN FREQUENCY | 9.95E-02 | 0.0006 | 1.01 |
| ILOFW | LOSS OF MAIN FEEDWATER FREQUENCY | 5.40E-01 | 0.0177 | 1.02 |
| IML | MEDIUM LOCA (COLD LEG BREAK) FREQUENCY | 1.70E-04 | 0.0009 | 6.18 |
| IRVR | REACTOR VESSEL RUPTURE FREQUENCY | 2.66E-07 | 0.0006 | 2134.28 |
| ISL | SMALL LOCA FREQUENCY | 3.00E-03 | 0.0258 | 9.59 |
| ITRSN | GENERAL TRANSIENTS FREQUENCY | 3.00E+00 | 0.0051 | 1 |

표 C.4 MGL 모수 β 값 변경이후 대량초기누출빈도에 대한 중요도 분석결과(2/2)

| 사건이름 | 설명 | Mean | f-v | raw |
|---------------|---|----------|--------|------|
| LSMVWD61245T | TRIPLE CCF OF LPSI HEADER ISO. MOV 612, 614 & 615 (3/3) | 1.97E-04 | 0.0001 | 1.36 |
| LSMVWG612345Q | QUADRUPLE CCF OF LPSI HDR ISO. MOV SI615, 25, 35 & 45 (4/4) | 1.89E-04 | 0.0004 | 3.1 |
| MFMVO093 | MFWS S/U FWP DISCH. LINE MOV V093 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0002 | 1.06 |
| NR-LSMV | FAILURE TO RECOVER LPSIS MOV | 1.90E-01 | 0.0001 | 1 |
| NR-MFMV | FAILURE TO RECOVER MFWS MOV | 1.90E-01 | 0.0003 | 1 |
| NR-SCMV | FAILURE TO RECOVER SCS MOV | 1.90E-01 | 0.0004 | 1 |
| SCMVO0651A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.02 |
| SCMVO0652B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI652 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0002 | 1.04 |
| SCMVO0653A | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0001 | 1.02 |
| SCMVO0654B | SDC SUC. LINE ISO. MOV SI-653 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0002 | 1.04 |
| SCMVO0696B | SDC HX 2 DISCH. LINE MOV SI-696 FAILS TO OPEN | 4.00E-03 | 0.0002 | 1.04 |
| SCMVW65152 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI651 & 652 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0006 | 3.78 |
| SCMVW65354 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI653 & 654 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0006 | 3.78 |
| SCMVW65556 | CCF OF SDC SUC. LINE ISO. MOV SI655 & 656 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0001 | 1.4 |
| SCMVW65758 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI657 & 658 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0001 | 1.4 |
| SCMVW68990 | CCF OF SDC WARM-UP LINE ISO. MOV SI689 & 690 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0001 | 1.4 |
| SCMVW69596 | CCF OF SDC HX DISCH. LINE MOV SI695 & 696 (2/2) | 2.00E-04 | 0.0001 | 1.4 |

부록 D.
MOV 최종 중요도 분석 상세 결과

KAERI

이 부록에는 최종 중요도분석 상세결과가 기술되어있다. 표 D.1과 D.2에서 항목 판정 1과 2는 PSA를 이용한 중요도 분석 결과를 나타내고 있다. 판정 1은 본문 그림 1에 따른 분석 결과를, 판정 2는 1,2 단계 PSA와 민감도 분석 결과중 가장 높은 중요도 값을 선택하였을 경우의 결과이다. 판정 1과 판정 2에 사용된 기호 XX의 의미는 다음과 같다:

1: H, I, L로써 기기 중요 여부를 표시

H: high safety significant components

- I: intermediate safety significant components
- L: low safety significant components
- 2. PSA의 기본분석 또는 민감도분석으로 얻어진 결과를 표시
 - B: 1단계 내부사건 PSA 이용
 - L: 2단계 내부사건 PSA 이용
 - C: 공통원인고장 고려 안한 경우
 - R: 회복행위 고려 안한 경우
 - I: LSSCs로 판명된 기기에 대해 기기 이용불능도를 95% 값 사용경우

표 D.1과 D.2에서 항목 최종판정은 그림 1에 따라 평가된 최종 결과를 나타낸다. 사용된 기호 XX의 의미는 다음과 같다:

- 1: H, I, L로써 기기 중요 여부를 표시
 - H: high safety significant components
 - I: intermediate safety significant components
 - L: low safety significant components
- 2. 판정 근거 표시
 - I: 1단계 내부사건 PSA (민감도분석 포함)
 - L: 2단계 내부사건 PSA
 - D: 단순 FMEA와 기기 고장영향 정량화를 통한 종합적인 평가
 - S: 정지/저출력 운전 PSA
 - E: 외부 사건 PSA

표 D.1 MGL β 값 변경이전 MOV 중요도 분석 상세 결과(1/3)

| 계통 | 밸브 번호 | 밸브 명칭 | 판정 1* | 판정 2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종 판정 |
|----|----------|-----------------------------|----------|----------|-----------------|----|----|----------|
| AF | 43 | S/G 1 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 G4 | 6 | G | LI |
| AF | 44 | S/G 1 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 H4 | 6 | G | LI |
| AF | 45 | S/G 2 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 D4 | 6 | G | LI |
| AF | 46 | S/G 2 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 E4 | 6 | G | LI |
| CA | 13 | Booster Fan Out Vv | | | 9-535-002 G3 | 6 | G | LD |
| CC | 73 | SCS Hx A Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 G8 | 20 | B | II |
| CC | 74 | SCS Hx B Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 D8 | 20 | B | II |
| CC | 81 | CCW To SAB SPLY Vv | | | 9-461-002 G7 | 20 | B | LD |
| CC | 82 | CCW To SAB SPLY Vv | | | 9-461-002 E7 | 20 | B | LD |
| CC | 83 | CCW To SAB RTN Vv | | | 9-461-002 C7 | 20 | B | LD |
| CC | 84 | CCW To SAB RTN Vv | | | 9-461-002 A7 | 20 | B | LD |
| CC | 85 | Essential Chiller-1A Out Vv | | | 9-461-002 E6 | 8 | B | LD |
| CC | 86 | Essential Chiller-1B Out Vv | | | 9-461-002 B6 | 8 | B | LD |
| CC | 95 | Essential Chiller-2A Out Vv | LB | LB | 9-461-002 E5 | 8 | B | LI |
| CC | 96 | Essential Chiller-2B Out Vv | LB | LB | 9-461-002 B5 | 8 | B | LI |
| CC | 105 | D/G CCW Inlet Vv | LB | LI | 9-461-002 H4 | 8 | B | IE |
| CC | 106 | D/G CCW Inlet Vv | LB | LI | 9-461-002 D4 | 8 | B | IE |
| CC | 133 | SFP CLG Hx-2A Inlet Vv | | | 9-461-002 G3 | 12 | B | LD |
| CC | 134 | SFP CLG Hx-2B Inlet Vv | | | 9-461-002 D3 | 12 | B | LD |
| CC | 141 | CV Spray Hx-A Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 G8 | 20 | B | II |
| CC | 142 | CV Spray Hx-B Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 D8 | 20 | B | II |
| CC | 161 | RCP CCW Inlet Vv | | | 9-461-003 F5 | 8 | B | LD |
| CC | 162 | RCP CCW RTN Vv | | | 9-461-003 D3 | 8 | B | LD |
| CC | 163 | RCP CCW RTN Vv | | | 9-461-003 D2 | 8 | B | LD |
| CS | 25 | CV Spray Pp-1A Recir LN Vv | | | 9-442-001 F5 | 4 | L | LD |
| CS | 26 | CV Spray Pp-1B Recir LN Vv | | | 9-442-001 C5 | 4 | L | LD |
| CS | 33 | CV Spray Pp-1A SIS Vv | LB | LB | 9-442-001 H5 | 10 | G | LI |
| CS | 34 | CV Spray Pp-1B SIS Vv | LB | LB | 9-442-001 D5 | 10 | G | LI |
| CS | 35 | CNMT Spray Hx-1A Out Vv | IB | HR | 9-442-001 G3 | 10 | G | II |
| CS | 36 | CNMT Spray Hx-1B Out Vv | IB | HR | 9-442-001 C3 | 10 | G | II |
| CV | 255 | RCP Seal Inj Iso Vv | | | 9-451-002 F5 | 2 | L | LD |
| CV | 501 | VCT Out Vv | LB | LB | 9-451-003 C6 | 4 | G | LI |
| CV | 504 | VCT Out Vv | LB | LB | 9-451-003 B6 | 4 | G | LI |
| CV | 514 | BAMP To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 B3 | 3 | L | LI |
| CV | 524 | Regen Hx Inlet Vv | | | 9-451-001 G8 | 2 | L | LD |
| CV | 530 | RWT To SI Pp Iso Vv | IB | IL | 9-451-004 C8 | 20 | G | LI |
| CV | 531 | RWT To SI Pp Iso Vv | IB | IL | 9-451-004 D7 | 20 | G | LI |
| CV | 534 | RWT To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 A8 | 3 | G | LI |
| CV | 536 | RWT To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 B7 | 3 | G | LI |
| DE | 1 | CV Normal Sump Pp Disch Vv | | | 9-481-001 G5 | 4 | L | LD |

판정1: 본 분석경우, 판정 2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

표 D.1 MGL β 값 변경이전 MOV 중요도 분석 상세 결과(2/3)

| 계통 | 밸브 번호 | 밸브 명칭 | 판정 1* | 판정 2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종 판정 |
|----|-------|----------------------------|-------|-------|--------------|-----|----|-------|
| GW | 1 | RDT To GRS Drn TK Vv | | | 0-471-001 E8 | 1 | L | LD |
| HG | 1 | H2 RecomBner A Outlet Vv | | | 9-443-001 D8 | 4 | G | LD |
| HG | 2 | H2 Recombiner B Outlet Vv | | | 9-443-001 E8 | 4 | G | LD |
| HG | 3 | H2 Recombiner A Outlet Vv | | | 9-443-001 D6 | 4 | G | LD |
| HG | 4 | H2 Recombiner B Outlet Vv | | | 9-443-001 E6 | 4 | G | LD |
| HG | 5 | H2 Recombiner A Inlet Vv | | | 9-443-001 B8 | 4 | G | LD |
| HG | 6 | H2 Recombiner B Inlet Vv | | | 9-443-001 G8 | 4 | G | LD |
| HG | 7 | H2 Recombiner A Inlet Vv | | | 9-443-001 B6 | 4 | G | LD |
| HG | 8 | H2 Recombiner B Inlet Vv | | | 9-443-001 G6 | 4 | G | LD |
| MS | 19 | MSIBV Out Vv | | | 9-521-001 A4 | 4 | L | LD |
| MS | 20 | MSIBV Out Vv | | | 9-521-001 G4 | 4 | L | LD |
| MS | 105 | S/G 1 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 E7 | 12 | G | LI |
| MS | 106 | S/G 1 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 G7 | 12 | G | LI |
| MS | 107 | S/G 2 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 A7 | 12 | G | LI |
| MS | 108 | S/G 2 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 C7 | 12 | G | LI |
| PR | 431 | CV Air RM Inlet Vv | | | 9-761-003 F4 | 0.8 | G | LD |
| PR | 432 | CV Air RM Inlet Vv | | | 9-761-003 E4 | 0.8 | G | LD |
| PR | 434 | CV Air RM Outlet Vv | | | 9-761-003 E4 | 0.8 | G | LD |
| PX | 35 | CV Air SMPL LN Vv | | | 9-491-002 H8 | 0.5 | G | LD |
| PX | 36 | CV Air SMPL LN Vv | | | 9-491-002 H7 | 0.5 | G | LD |
| PX | 38 | CV Air SMPL RTN LN Vv | | | 9-491-002 G7 | 0.5 | G | LD |
| SD | 7 | S/G 1 B/D Iso Vv | LB | LB | 9-455-001 E6 | 6 | G | LI |
| SD | 8 | S/G 2 B/D Iso Vv | | | 9-455-001 B6 | 6 | G | LD |
| SI | 306 | LPSI Pp-1B Disch Vv | | | 9-441-002 G5 | 10 | L | LD |
| SI | 307 | LPSI Pp-1A Disch Vv | | | 9-441-001 G5 | 10 | L | LD |
| SI | 321 | HPSI Pp-2A To HL Loop 1 Vv | HB | HR | 9-441-004 G3 | 3 | L | HI |
| SI | 331 | HPSI Pp-2B To HL Loop 2 Vv | HB | HR | 9-441-003 G3 | 3 | L | HI |
| SI | 603 | HPSI Pp-2A To HL Loop 1 Vv | IB | HR | 9-441-001 A5 | 3 | G | HI |
| SI | 604 | HPSI Pp-2B To HL Loop 2 Vv | IB | HR | 9-441-002 B5 | 3 | G | HI |
| SI | 614 | SIT 01A Out Vv | LB | LB | 9-441-003 B7 | 14 | G | LI |
| SI | 615 | LPSI Pp-1B To Loop 2A Vv | HB | HB | 9-441-003 G7 | 10 | L | HI |
| SI | 616 | HPSI Pp-2B To Loop 2A Vv | HB | HB | 9-441-003 G8 | 2 | L | HI |
| SI | 617 | HPSI Pp-2A To Loop 2A Vv | HB | HB | 9-441-003 G8 | 2 | L | HI |
| SI | 624 | SIT 01B Out Vv | LB | LB | 9-441-003 B5 | 14 | G | LI |
| SI | 625 | LPSI Pp-1B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-003 G5 | 10 | L | HI |
| SI | 626 | HPSI Pp-2B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-003 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 627 | HPSI Pp-2A To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-003 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 634 | SIT 01C Out Vv | LB | LB | 9-441-004 B7 | 14 | G | LI |
| SI | 635 | LPSI Pp-1B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-004 G7 | 10 | L | HI |
| SI | 636 | HPSI Pp-2B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-004 G8 | 2 | L | HI |
| SI | 637 | HPSI Pp-2A To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-004 G8 | 2 | L | HI |

판정1: 본 분석경우, 판정 2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

표 D.1 MGL β 값 변경이전 MOV 중요도 분석 상세 결과(3/3)

| 계통 | 밸브 번호 | 밸브 명칭 | 판정 1* | 판정 2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종 판정 |
|----|-------|-------------------------------|-------|-------|--------------|----|----|-------|
| SI | 644 | SIT 01D Out Vv | LB | LB | 9-441-004 B5 | 14 | G | LI |
| SI | 645 | LPSI Pp-1A To Loop 1B Vv | HB | HB | 9-441-004 G5 | 10 | L | HI |
| SI | 646 | HPSI Pp-2B To Loop 1B Vv | HB | HB | 9-441-004 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 647 | HPSI Pp-2A To Loop 1B Vv | HB | HB | 9-441-004 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 651 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | HB | HB | 9-441-004 C5 | 16 | G | HI |
| SI | 652 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | HB | HB | 9-441-004 C5 | 16 | G | HI |
| SI | 653 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | HB | HB | 9-441-004 F5 | 16 | G | HI |
| SI | 654 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | HB | HB | 9-441-004 F5 | 16 | G | HI |
| SI | 655 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | IB | HR | 9-441-004 G5 | 16 | G | II |
| SI | 656 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | IB | HR | 9-441-003 G5 | 16 | G | II |
| SI | 657 | SCS Hx-1A Out Vv | IB | HR | 9-441-001 E4 | 10 | B | II |
| SI | 658 | SCS Hx-1B Out Vv | IB | HR | 9-441-002 E4 | 10 | B | II |
| SI | 666 | HPSI Pp-2B Recir Iso Vv | | | 9-441-002 C | 2 | L | LD |
| SI | 667 | HPSI Pp-2A Recir Iso Vv | | | 9-441-001 C6 | 2 | L | LD |
| SI | 668 | LPSI Pp-1B Recir Iso Vv | | | 9-441-002 F6 | 4 | L | LD |
| SI | 669 | LPSI Pp-1A Recir Iso Vv | | | 9-441-001 F6 | 4 | L | LD |
| SI | 675 | CV Recir Sump A Out Vv | HB | HB | 9-441-001 D8 | 24 | B | HI |
| SI | 676 | CV Recir Sump B Out Vv | HB | HB | 9-441-002 D8 | 24 | B | HI |
| SI | 689 | LPSI Pp-1A To Loop 1 Iso Vv | IB | HR | 9-441-004 G4 | 10 | L | II |
| SI | 690 | LPSI Pp-1A To Loop 2 Iso Vv | IB | HR | 9-441-003 G4 | 10 | L | II |
| SI | 691 | LPSI Pp-1A Suct Iso Vv | LB | LI | 9-441-001 G8 | 20 | G | IS |
| SI | 692 | LPSI Pp-1B Suct Iso Vv | LB | LI | 9-441-002 G8 | 20 | G | IS |
| SI | 693 | SCS Hx-1A Inlet Vv | LB | LB | 9-441-001 E6 | 10 | G | LI |
| SI | 694 | SCS Hx-1B Inlet Vv | LB | LB | 9-441-002 E6 | 10 | G | LI |
| SI | 695 | SCS Hx-1A Out Vv | IB | HR | 9-441-001 E3 | 10 | G | II |
| SI | 696 | SCS Hx-1B Out Vv | IB | HR | 9-441-002 E3 | 10 | G | II |
| SI | 698 | HPSI Pp-2B Disch Vv | IB | HR | 9-441-002 C5 | 4 | G | II |
| SI | 699 | HPSI Pp-2A Disch Vv | IB | HR | 9-441-001 C5 | 4 | G | II |
| SW | 35 | Traveling Screen -9A Inlet Vv | | | 9-553-002 E6 | 3 | B | LD |
| SW | 36 | Traveling Screen -9B Inlet Vv | | | 9-553-002 E3 | 3 | B | LD |
| SX | 45 | ESW Pp-1A Disch Vv | | | 9-462-001 G7 | 36 | B | LD |
| SX | 46 | ESW Pp-1B Disch Vv | | | 9-462-001 C7 | 36 | B | LD |
| SX | 47 | ESW Pp-2A Disch Vv | | | 9-462-001 F7 | 36 | B | LD |
| SX | 48 | ESW Pp-2B Disch Vv | | | 9-462-001 B7 | 36 | B | LD |
| SX | 67 | ESW Hx Out HDR Iso Vv | | | 9-462-001 E3 | 24 | B | LD |
| SX | 68 | ESW Hx Out HDR Iso Vv | | | 9-462-001 A3 | 24 | B | LD |
| VQ | 12 | Hi Vol Purge AHU Out Vv | | | 9-612-001 B6 | 48 | B | LD |
| VQ | 13 | Hi Vol EXH Fan Inlet Vv | | | 9-612-001 B6 | 48 | B | LD |
| WI | 54 | CV Chilled Wtr Inlet Vv | | | 9-632-003 D9 | 12 | G | ID |
| WI | 56 | CV Chilled Wtr Outlet Vv | | | 9-632-003 D8 | 12 | G | ID |

판정1: 본 분석경우, 판정 2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

표 D.2 MGL β 값 변경이후 MOV 중요도 분석 상세 결과(1/3)

| 계통 | 번호 | 밸브명칭 | 판정1* | 판정2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종판정 |
|----|-----|-----------------------------|------|------|--------------|----|----|------|
| AF | 43 | S/G 1 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 G4 | 6 | G | LI |
| AF | 44 | S/G 1 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 H4 | 6 | G | LI |
| AF | 45 | S/G 2 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 D4 | 6 | G | LI |
| AF | 46 | S/G 2 AFW Iso Vv | LB | LB | 9-542-001 E4 | 6 | G | LI |
| CA | 13 | Booster Fan Out Vv | | | 9-535-002 G3 | 6 | G | LD |
| CC | 73 | SCS Hx A Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 G8 | 20 | B | II |
| CC | 74 | SCS Hx B Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 D8 | 20 | B | II |
| CC | 81 | CCW To SAB SPLY Vv | | | 9-461-002 G7 | 20 | B | LD |
| CC | 82 | CCW To SAB SPLY Vv | | | 9-461-002 E7 | 20 | B | LD |
| CC | 83 | CCW To SAB RTN Vv | | | 9-461-002 C7 | 20 | B | LD |
| CC | 84 | CCW To SAB RTN Vv | | | 9-461-002 A7 | 20 | B | LD |
| CC | 85 | Essential Chiller-1A Out Vv | | | 9-461-002 E6 | 8 | B | LD |
| CC | 86 | Essential Chiller-1B Out Vv | | | 9-461-002 B6 | 8 | B | LD |
| CC | 95 | Essential Chiller-2A Out Vv | LB | LB | 9-461-002 E5 | 8 | B | LI |
| CC | 96 | Essential Chiller-2B Out Vv | LB | LB | 9-461-002 B5 | 8 | B | LI |
| CC | 105 | D/G CCW Inlet Vv | LB | LI | 9-461-002 H4 | 8 | B | LI |
| CC | 106 | D/G CCW Inlet Vv | LB | LI | 9-461-002 D4 | 8 | B | LI |
| CC | 133 | SFP CLG Hx-2A Inlet Vv | | | 9-461-002 G3 | 12 | B | LD |
| CC | 134 | SFP CLG Hx-2B Inlet Vv | | | 9-461-002 D3 | 12 | B | LD |
| CC | 141 | CV Spray Hx-A Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 G8 | 20 | B | II |
| CC | 142 | CV Spray Hx-B Inlet Vv | IB | HR | 9-461-002 D8 | 20 | B | II |
| CC | 161 | RCP CCW Inlet Vv | | | 9-461-003 F5 | 8 | B | LD |
| CC | 162 | RCP CCW RTN Vv | | | 9-461-003 D3 | 8 | B | LD |
| CC | 163 | RCP CCW RTN Vv | | | 9-461-003 D2 | 8 | B | LD |
| CS | 25 | CV Spray Pp-1A Recir LN Vv | | | 9-442-001 F5 | 4 | L | LD |
| CS | 26 | CV Spray Pp-1B Recir LN Vv | | | 9-442-001 C5 | 4 | L | LD |
| CS | 33 | CV Spray Pp-1A SIS Vv | LB | LB | 9-442-001 H5 | 10 | G | LII |
| CS | 34 | CV Spray Pp-1B SIS Vv | LB | LB | 9-442-001 D5 | 10 | G | LII |
| CS | 35 | CNMT Spray Hx-1A Out Vv | IB | HR | 9-442-001 G3 | 10 | G | II |
| CS | 36 | CNMT Spray Hx-1B Out Vv | IB | HR | 9-442-001 C3 | 10 | G | II |
| CV | 255 | RCP Seal Inj Iso Vv | | | 9-451-002 F5 | 2 | L | LD |
| CV | 501 | VCT Out Vv | LB | LB | 9-451-003 C6 | 4 | G | LI |
| CV | 504 | VCT Out Vv | LB | LB | 9-451-003 B6 | 4 | G | LI |
| CV | 514 | BAMP To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 B3 | 3 | L | LI |
| CV | 524 | Regen Hx Inlet Vv | | | 9-451-001 G8 | 2 | L | LD |
| CV | 530 | RWT To SI Pp Iso Vv | IB | IL | 9-451-004 C8 | 20 | G | II |
| CV | 531 | RWT To SI Pp Iso Vv | IB | IL | 9-451-004 D7 | 20 | G | II |
| CV | 534 | RWT To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 A8 | 3 | G | LI |
| CV | 536 | RWT To CHG Pp Vv | LB | LB | 9-451-004 B7 | 3 | G | LI |
| DE | 1 | CV Normal Sump Pp Disch Vv | | | 9-481-001 G5 | 4 | L | LD |

판정1: 본 분석경우, 판정 2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

표 D.2 MGL β 값 변경이후 MOV 중요도 분석 상세 결과(2/3)

| 계통 번호 | 밸브 명칭 | 판정1* | 판정2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종 판정 |
|--------|----------------------------|------|------|--------------|-----|----|-------|
| GW 1 | RDT To GRS Drn TK Vv | | | 0-471-001 E8 | 1 | L | LD |
| HG 1 | H2 Recombiner A Outlet Vv | | | 9-443-001 D8 | 4 | G | LD |
| HG 2 | H2 Recombiner B Outlet Vv | | | 9-443-001 E8 | 4 | G | LD |
| HG 3 | H2 Recombiner A Outlet Vv | | | 9-443-001 D6 | 4 | G | LD |
| HG 4 | H2 Recombiner B Outlet Vv | | | 9-443-001 E6 | 4 | G | LD |
| HG 5 | H2 Recombiner A Inlet Vv | | | 9-443-001 B8 | 4 | G | LD |
| HG 6 | H2 Recombiner B Inlet Vv | | | 9-443-001 G8 | 4 | G | LD |
| HG 7 | H2 Recombiner A Inlet Vv | | | 9-443-001 B6 | 4 | G | LD |
| HG 8 | H2 Recombiner B Inlet Vv | | | 9-443-001 G6 | 4 | G | LD |
| MS 19 | MSIBV Out Vv | | | 9-521-001 A4 | 4 | L | LD |
| MS 20 | MSIBV Out Vv | | | 9-521-001 G4 | 4 | L | LD |
| MS 105 | S/G 1 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 E7 | 12 | G | LI |
| MS 106 | S/G 1 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 G7 | 12 | G | LI |
| MS 107 | S/G 2 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 A7 | 12 | G | LI |
| MS 108 | S/G 2 Dump Iso Vv | LB | LB | 9-521-001 C7 | 12 | G | LI |
| PR 431 | CV Air RM Inlet Vv | | | 9-761-003 F4 | 0.8 | G | LD |
| PR 432 | CV Air RM Inlet Vv | | | 9-761-003 E4 | 0.8 | G | LD |
| PR 434 | CV Air RM Outlet Vv | | | 9-761-003 E4 | 0.8 | G | LD |
| PX 35 | CV Air SMPL LN Vv | | | 9-491-002 H8 | 0.5 | G | LD |
| PX 36 | CV Air SMPL LN Vv | | | 9-491-002 H7 | 0.5 | G | LD |
| PX 38 | CV Air SMPL RTN LN Vv | | | 9-491-002 G7 | 0.5 | G | LD |
| SD 7 | S/G 1 B/D Iso Vv | LB | LB | 9-455-001 E6 | 6 | G | LI |
| SD 8 | S/G 2 B/D Iso Vv | | | 9-455-001 B6 | 6 | G | LD |
| SI 306 | LPSI Pp-1B Disch Vv | | | 9-441-002 G5 | 10 | L | LD |
| SI 307 | LPSI Pp-1A Disch Vv | | | 9-441-001 G5 | 10 | L | LD |
| SI 321 | HPSI Pp-2A To HL Loop 1 Vv | IB | HR | 9-441-004 G3 | 3 | L | II |
| SI 331 | HPSI Pp-2B To HL Loop 2 Vv | IB | HR | 9-441-003 G3 | 3 | L | II |
| SI 603 | HPSI Pp-2A To HL Loop 1 Vv | IB | HR | 9-441-001 A5 | 3 | G | II |
| SI 604 | HPSI Pp-2B To HL Loop 2 Vv | IB | HR | 9-441-002 B5 | 3 | G | II |
| SI 614 | SIT 01A Out Vv | LB | LB | 9-441-003 B7 | 14 | G | LI |
| SI 615 | LPSI Pp-1B To Loop 2A Vv | IB | HR | 9-441-003 G7 | 10 | L | II |
| SI 616 | HPSI Pp-2B To Loop 2A Vv | HB | HB | 9-441-003 G8 | 2 | L | HI |
| SI 617 | HPSI Pp-2A To Loop 2A Vv | HB | HB | 9-441-003 G8 | 2 | L | HI |
| SI 624 | SIT 01B Out Vv | LB | LB | 9-441-003 B5 | 14 | G | LI |
| SI 625 | LPSI Pp-1B To Loop 2B Vv | IB | HR | 9-441-003 G5 | 10 | L | II |
| SI 626 | HPSI Pp-2B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-003 G6 | 2 | L | HI |
| SI 627 | HPSI Pp-2A To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-003 G6 | 2 | L | HI |
| SI 634 | SIT 01C Out Vv | LB | LB | 9-441-004 B7 | 14 | G | LI |
| SI 635 | LPSI Pp-1B To Loop 2B Vv | IB | HR | 9-441-004 G7 | 10 | L | II |
| SI 636 | HPSI Pp-2B To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-004 G8 | 2 | L | HI |

판정1: 본 분석경우, 판정2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

표 D.2 MGL β 값 변경이후 MOV 중요도 분석 상세 결과(3/3)

| 계통 | 번호 | 밸브명칭 | 판정1* | 판정2* | 참고도면(P & ID) | 크기 | 형식 | 최종판정 |
|----|-----|-------------------------------|------|------|--------------|----|----|------|
| SI | 637 | HPSI Pp-2A To Loop 2B Vv | HB | HB | 9-441-004 G8 | 2 | L | HI |
| SI | 644 | SIT 01D Out Vv | LB | LB | 9-441-004 B5 | 14 | G | LI |
| SI | 645 | LPSI Pp-1A To Loop 1B Vv | IB | HR | 9-441-004 G5 | 10 | L | II |
| SI | 646 | HPSI Pp-2B To Loop 1B Vv | HB | HB | 9-441-004 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 647 | HPSI Pp-2A To Loop 1B Vv | HB | HB | 9-441-004 G6 | 2 | L | HI |
| SI | 651 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | IB | IB | 9-441-004 C5 | 16 | G | II |
| SI | 652 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | IB | IB | 9-441-004 C5 | 16 | G | II |
| SI | 653 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | IB | IB | 9-441-004 F5 | 16 | G | II |
| SI | 654 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | IB | IB | 9-441-004 F5 | 16 | G | II |
| SI | 655 | RCS To LPSI Pp-1A Suct Vv | IB | IR | 9-441-004 G5 | 16 | G | II |
| SI | 656 | RCS To LPSI Pp-1B Suct Vv | IB | IR | 9-441-003 G5 | 16 | G | II |
| SI | 657 | SCS Hx-1A Out Vv | IB | IR | 9-441-001 E4 | 10 | B | II |
| SI | 658 | SCS Hx-1B Out Vv | IB | IR | 9-441-002 E4 | 10 | B | II |
| SI | 666 | HPSI Pp-2B Recir Iso Vv | | | 9-441-002 C | 2 | L | LD |
| SI | 667 | HPSI Pp-2A Recir Iso Vv | | | 9-441-001 C6 | 2 | L | LD |
| SI | 668 | LPSI Pp-1B Recir Iso Vv | | | 9-441-002 F6 | 4 | L | LD |
| SI | 669 | LPSI Pp-1A Recir Iso Vv | | | 9-441-001 F6 | 4 | L | LD |
| SI | 675 | CV Recir Sump A Out Vv | HB | HB | 9-441-001 D8 | 24 | B | HI |
| SI | 676 | CV Recir Sump B Out Vv | HB | HB | 9-441-002 D8 | 24 | B | HI |
| SI | 689 | LPSI Pp-1A To Loop 1 Iso Vv | IB | IR | 9-441-004 G4 | 10 | L | II |
| SI | 690 | LPSI Pp-1A To Loop 2 Iso Vv | IB | IR | 9-441-003 G4 | 10 | L | II |
| SI | 691 | LPSI Pp-1A Suct Iso Vv | LB | LI | 9-441-001 G8 | 20 | G | IS |
| SI | 692 | LPSI Pp-1B Suct Iso Vv | LB | LI | 9-441-002 G8 | 20 | G | IS |
| SI | 693 | SCS Hx-1A Inlet Vv | LB | LB | 9-441-001 E6 | 10 | G | LI |
| SI | 694 | SCS Hx-1B Inlet Vv | LB | LB | 9-441-002 E6 | 10 | G | LI |
| SI | 695 | SCS Hx-1A Out Vv | IB | IR | 9-441-001 E3 | 10 | G | II |
| SI | 696 | SCS Hx-1B Out Vv | IB | IR | 9-441-002 E3 | 10 | G | II |
| SI | 698 | HPSI Pp-2B Disch Vv | IB | IR | 9-441-002 C5 | 4 | G | II |
| SI | 699 | HPSI Pp-2A Disch Vv | IB | IR | 9-441-001 C5 | 4 | G | II |
| SW | 35 | Traveling Screen -9A Inlet Vv | | | 9-553-002 E6 | 3 | B | LD |
| SW | 36 | Traveling Screen -9B Inlet Vv | | | 9-553-002 E3 | 3 | B | LD |
| SX | 45 | ESW Pp-1A Disch Vv | | | 9-462-001 G7 | 36 | B | LD |
| SX | 46 | ESW Pp-1B Disch Vv | | | 9-462-001 C7 | 36 | B | LD |
| SX | 47 | ESW Pp-2A Disch Vv | | | 9-462-001 F7 | 36 | B | LD |
| SX | 48 | ESW Pp-2B Disch Vv | | | 9-462-001 B7 | 36 | B | LD |
| SX | 67 | ESW Hx Out HDR Iso Vv | | | 9-462-001 E3 | 24 | B | LD |
| SX | 68 | ESW Hx Out HDR Iso Vv | | | 9-462-001 A3 | 24 | B | LD |
| VQ | 12 | Hi Vol Purge AHU Out Vv | | | 9-612-001 B6 | 48 | B | LD |
| VQ | 13 | Hi Vol EXH Fan Inlet Vv | | | 9-612-001 B6 | 48 | B | LD |
| WI | 54 | CV Chilled Wtr Inlet Vv | | | 9-632-003 D9 | 12 | G | ID |
| WI | 56 | CV Chilled Wtr Outlet Vv | | | 9-632-003 D8 | 12 | G | ID |

판정1: 본 분석경우, 판정2: 분석결과중 가장 높은 값을 채택한 경우

| 서 지 정 보 양 식 | | | | | |
|--|--|---------|----------------|-----------|----------|
| 수행기관보고서번호 | 위탁기관보고서번호 | 표준보고서번호 | | INIS 주제코드 | |
| KAERI/TR-2073/2002 | | | | | |
| 제목/부제 | 울진 3호기 안전성 관련 모터구동밸브 중요도 분류 | | | | |
| 연구책임자 및 부서명 (TR, AR인 경우 주저자) | 강대일(종합안전평가 팀) | | | | |
| 연구자 및 부서명 | 김길유(종합안전평가 팀) | | | | |
| 출판지 | 대전 | 발행기관 | 한국원자력연구소 | 발행년 | 2002년 3월 |
| 페이지 | 69p. | 도표 | 있음(V), 없음() | 크기 | 26 Cm. |
| 참고사항 | | | | | |
| 비밀여부 | 공개(V), 대외비(), _ 급비밀 | | 보고서종류 | 기술보고서 | |
| 연구위탁기관 | | | 계약 번호 | | |
| 초록 (15-20줄내외) | | | | | |
| <p>울진 3호기 안전성 관련 모터구동밸브 중요도를 분류하였다. 국내에서 수행중인 모터구동밸브의 안전성 평가 시행은 MOV의 공통원인고장 평가시 사용했던 경험 데이터에 영향을 주게 된다. 이에 본 연구에서는 울진 3,4 PSA에서 MOV의 공통원인고장 사건 평가에 사용되었던 MGL 모수를 재 추정하였다. MGL 모수의 점 추정 결과, 울진 3,4 PSA의 공통원인고장분석에 사용된 MGL 모수 값은 현재의 값보다 약 30%가 감소되는 것으로 나타났다. 변경된 MGL 모수 값을 사용하여 중요도 분석을 수행한 결과, HSSCs로 분류된 MOV 댓수는 현재의 MGL 모수 값을 사용하여 분석한 경우보다 54.5% 감소한 것으로 나타났다</p> | | | | | |
| 주제명키워드 (10단어내외) | 원자력발전소, 모터구동밸브, 확률론적안전성 평가, 공통원인고장, MGL 모수, 중요도 분석 | | | | |

| BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET | | | | | |
|--|---|--|------------------|---------------------|----------|
| Performing Org. Report No. | | Sponsoring Org. Report No. | | Standard Report No. | |
| KAERI/TR-2073/2002 | | | | | |
| T i t l e / Subtitle | | Categorization of Safety Related Motor Operated Valve for Ulchin Unit 3 | | | |
| Project Manager and Department | | D.I Kang(Integrated Safety Assessment Team) | | | |
| Researcher and Department | | K.Y Kim(Integrated Safety Assessment Team) | | | |
| Publication Place | Taejeon | Publisher | KAERI | Publication Date | 2002. 2. |
| Page | 69p. | Ill. & Tab. | Yes(V), No () | Size | 26 Cm. |
| Note | | | | | |
| Classified | Open(V), Restricted(), ___ Class Document | | Report Type | Technical Report | |
| Sponsoring Org. | | | Contract No. | | |
| Abstract (15-20 Lines) | | | | | |
| <p>We performed a categorization of safety related motor operated valve (MOV) safety significance for Ulchin Unit 3. The safety evaluation of MOV of domestic nuclear power plants affects the generic data used for the quantification of MOV common cause failure (CCF) events in Ulchin Units 3 PSA. Therefore, in this study, we re-estimated the MGL(multiple greek letter) parameter used for the evaluation of MOV CCF probabilities in Ulchin Units 3 probabilistic safety assessment (PSA) and performed a classification of the MOV safety significance. The re-estimation results of the MGL parameter show that its value is decreased by 30% compared with the current value in Ulchin Unit 3 PSA. The categorization results of MOV safety significance using the changed value of MGL parameter shows that the number of HSSCs(high safety significant components) is decreased by 54.5% compared with those using the current value of it in Ulchin Units 3 PSA.</p> | | | | | |
| Subject Keywords (About 10 words) | | Nuclear Power Plant, Motor Operated Valve, Probabilistic Safety Assessment, Common Cause Failure, Multiple Greek Letter Parameter, Importance Analysis | | | |
| | | | | | |