

기능체계를 활용한 원자력발전소 설비 중요도 등급 분류

현진우[†] · 염동운

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원
(2011년 2월 7일 접수, 2011년 8월 4일 수정, 2011년 8월 5일 채택)

Equipment Importance Classification of Nuclear Power Plants Using Functional Based System

Jin Woo Hyun[†] and Dong Un Yeom

Nuclear Engineering & Technology Institute, Korea Hydro & Nuclear Power Co.
(Received 7 February 2011, Revised 4 August 2011, Accepted 5 August 2011)

요 약

한국수력원자력(주)은 원자력발전소 설비를 체계적으로 정의하여 관리하고 있으며 효과적인 유지보수 및 예방정비최적화를 위하여 설비마다 기능적중요도등급을 부여하여 운영하고 있다. 하지만 기존의 설비 중요도등급 결정은 설비가 갖고 있는 역할(기능) 측면보다는 기기 수준에서 수행하다 보니 발전소간, 계통간 및 엔지니어간 분류기준에 대한 해석차이로 많은 편차가 발생하여 반복된 작업이 수행되었다. 이를 보완하고자 정비규정을 활용한 기능중심체계에서 설비중요도분류 방법론을 개발하고 신규원전에 대하여 기능적 관점으로 설비 중요도결정 작업을 수행하였다. 또한 각 기기에 대한 중요도결정 근거를 체계적으로 문서화함으로써 발전소 적용 시 운영자로 하여금 결정내역에 대한 이해와 활용을 용이하도록 하였다.

주요어 : 기능적중요도결정, 정비규정

Abstract — KHNP (Korea Hydro & Nuclear Power Co.) defines and manages equipment of Nuclear Power Plants systematically with functional importance determination of each equipment for efficient maintenance and optimal preventive maintenance. But the existing functional importance determinations have some different results between the plants, systems and engineers due to gap of understanding of classification criteria because they have been done in terms of equipment level rather than function level. so that caused the repeated work. To make up for this problem improve methodology of functional importance determination using MR (Maintenance Rule) and do classification of equipment for new nuclear power plants based on function level. In addition, methodical documentation for basis of importance determination is done to help that system engineers can easily understand and use.

Key words : Functional importance determination, Maintenance Rule

1. 서 론

한국수력원자력(주) (이하 한수원)은 발전소 설비관리에 대한 우선순위 결정 및 효율적인 예방정비 시행을

위해서 발전소 각 설비의 중요도를 결정하여 운영하고 있다.

이러한 발전소 설비 및 기기의 중요도 분류작업은 기기의 기능이 안전 또는 운전에 미치는 영향을 분석하여 설비유형 분류 및 중요도, 운전빈도, 운전환경 등을 분류 하는 작업으로 모든 설비관리 프로세스에서 의사결정의 필수요소로 사용된다.

[†]To whom corresponding should be addressed.
Khnp-Central Research Institute 25-1 Jang dong Yuseong-gu,
Daejeon, 305-343, KOREA
Tel : 042-870-5566; E-mail : hjwvip@khnp.co.kr

하지만 지금까지 기존의 설비에 대한 기능적중요도 결정(FID, Functional Importance Determination)은 전적으로 엔지니어의 경험과 지식에 근거하여 작업을 추진하다 보니 수행자별로 차이가 많고, 객관성 및 결정 근거의 문서화가 미흡한 점이 있었다. 이에 따라 발전소의 정비효율성 향상을 위해 이행되고 있는 정비규정(MR, Maintenance Rule)프로그램이 정의한 기능 및 중요도 결정 결과를 활용하여 설비의 기능적 역할 관점에서 체계적인 중요도 결정방법론을 개발, 이를 신규원전에 적용하였다. 또한 모든 기기에 대한 분류 근거를 상세히 기록하고 문서화함으로써 객관성을 확보하여 설비중요도결정 결과물의 품질을 향상시키고자 하였다. 이에 대한 결과는 한수원의 설비중요도결정 표준 작업 기준에 적용하고 향후 추가 건설되는 신규원전의 설비중요도결정에 활용하고자 한다.

2. 기능적중요도결정(FID) 분류기준 개선

2-1. 추진개요

기기의 기능적중요도결정(FID: Functional Importance Determination)은 발전소 설비관리에 대한 작업 우선 순위 결정 및 효율적인 예방정비 시행을 위해 기기의 중요도, 운전빈도 및 운전환경을 결정하는 것이다.

안전, 신뢰도, 출력운전, 정비비용 측면으로 기기 중요도를 파악하는 FID는 발전소 운영 및 정비 역량을 중요기능의 기기에 집중할 수 있게 함으로써 예방정비 효율성을 증대시킬 수 있고, 설비신뢰도프로세스(ER : Equipment Reliability)의 중요 인자로서 ER 프로세스에 전반적인 영향을 미친다. 그러나 기존의 기기 고장을 평가하는 방식은 기기가 속한 기능의 역할을 평가하지 않아, 안전, 출력운전 및 신뢰도에 미치는 영향을 적절히 평가하기 어려웠다 [1].

이에 해외 원전 FID 분류방법을 검토하고 현 지침서를 보완하여 체계적인 기능중심의 FID 작업 프로세스 방법을 제시하고자 방법론 개선을 검토하게 되었다.

2-1-1. 주요검토내역

- 1) 해외 원전 기능적중요도결정 검토
- 2) 국내 원전 기능적중요도결정 검토
- 3) 기능중심 기능적중요도결정 프로세스 제시
- 4) 기능중심 기능적중요도결정을 적용한 시범계통 분류 작업 및 결과 분석

2-2. 개선내용

설비 중요도결정은 총 4가지 등급(Critical A, Critical B, Minor, No Impact)으로 설비를 분류하는데 그 기준은 다음과 같다.

- 1) Critical A, Critical B : 기기의 고장이 원자로 안전 및 발전소 운전과 밀접한 관련이 있는 기기
- 2) Minor : 기기가 Critical에 포함되지 않고, 중대한 계통기능의 손실로 이어지지는 않으나, 발전소 안전성, 신뢰도 및 산업안전 등에 간접적인 영향을 주거나 비용 효과적인 예방정비를 수행하는 측면에서 관리할 가치가 있는 기기
- 3) No Impact : Critical 또는 Minor로 분류되지 않은 모든 기기로 예방정비를 수행하지 않고 고장시 고장정비 작업만을 수행

현재 한수원에서는 설비등급 분류 세부기준으로 Critical 12개(Table 1. 참조) Minor 10개 항목을 지정하여 운영하고 있는데 이는 정비규정이 도입되기 전에 수립된 것으로 기능적 관점에서의 중요도결정방법이 기술되어 있지 않다고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 기능중심의 FID 분류작업을 수행하기 위해서 정비규정 기능분석 내역과 안전중요도결정 결과를 활용하고, AP-913* 및 해외 원전의 FID 분류기준 사례 중 일부를 추가하여 기능 중심의 기기 중요도결정 체계를 구축하였다. 주요개선 내용으로는 Critical 기준 세부분류 항목에 대하여 의미를 명확히 하였으며 일부 기준에 대해서는 항목을 분리하여 세분화 하였다(Table 2. 참조).

2-2-1. 주요변경 내역

- 1) C-3b : 기존의 원자로 부분정지 뿐만 아니라 터빈 부분정지에 대하여도 명기
 - (1) 원자로 부분정지(Partial Trip) 신호 → 원자로 또는 터빈 부분정지(Partial Trip) 신호
- 2) C-5 : 필수안전기능의 제어 부분 상실을 추가하여 세분화
 - (1) 필수안전기능 제어 불능(원자로냉각재계통 압력 및 체적 제어, 증기발생기 압력 및 체적 제어, 사용 후 연료 저장조 온도 및 수위 등) → C-5a 필수안전기능 제어 불능, C-5b 필수안전기능 제어 부분 상실 (주제어실 지시, 경보, 제어 또는 연동)
- 3) C-6 : 원자로를 정지시키는 능력뿐 아니라 정지 상태로 유지시키는 능력까지 포함하였으며 다중

Table 1. Critical 분류기준(현행)

코 드	항 목	중요도 분류
C-1a	출력감발 50% 이상(발전정지 포함)	Critical A
C-1b	출력감발 50% 미만	Critical B
C-2a	기술지침서 허용정지시간(AOT) 72시간 이하	Critical A
C-2b	기술지침서 허용정지시간(AOT) 72시간 초과 14일 이하	Critical B
C-3a	원자로 정지	Critical A
C-3b	원자로 부분정지(Partial Trip) 신호	Critical B
C-4	공학적인안전설비(ESF) 작동	Critical A
C-5	필수안전기능 제어 불능(원자로냉각수계통 압력 및 체적 제어, 증기발생기 압력 및 체적 제어, 사용후 연료 저장조 온도 및 수위 등)	Critical A
C-6	원자로를 정지시키는 능력의 상실	Critical A
C-7	비상운전절차서 수행능력 상실	Critical A
C-8	소의 방사선량률이 법적 제한치를 초과할 수 있는 사고의 영향을 방지하거나 완화시키는 능력의 상실	Critical A
C-9	정비규정(MR) 고안전중요도(HSS) 기능의 상실	Critical A

Table 2. Critical 분류기준(개선안)

코 드	항 목	중요도 분류	비 고
C-1a	출력감발 50% 이상(발전정지 포함)	Critical A	
C-1b	출력감발 50% 미만	Critical B	
C-2a	기술지침서 허용정지시간(AOT) 72시간 이하	Critical A	
C-2b	기술지침서 허용정지시간(AOT) 72시간 초과 14일 이하	Critical B	
C-3a	원자로 정지	Critical A	
C-3b	원자로 또는 터빈 부분정지(Partial Trip) 신호	Critical B	내용 변경
C-4	공학적인안전설비(ESF) 작동	Critical A	
C-5a	필수안전기능 제어 불능	Critical A	
C-5b	필수안전기능 제어 부분 상실(주제어실 지시, 경보, 제어 또는 연동)	Critical B	추가
C-6a	원자로 정지 또는 유지시키는 능력의 저하 또는 상실	Critical A	
C-6b	다중 안전기능 설비 중 일부 계열의 상실을 유발	Critical B	추가
C-7	비상운전절차서 수행능력 상실	Critical A	
C-8	소의 방사선량률이 법적 제한치를 초과할 수 있는 사고의 영향을 방지하거나 완화시키는 능력의 상실	Critical A	
C-9	정비규정(MR) 고-안전중요도(HSS) 기능의 상실	Critical A	

안전 기능에 대한 일부계열 상실 내역을 추가
 (1) 원자로를 정지시키는 능력의 상실 → C-6a)
 원자로 정지 또는 유지시키는 능력의 저하 또는 상실, C-6b 다중 안전기능 설비 중 일부 계열의 상실을 유발

3. 정비규정을 활용한 설비중요도결정 프로세스 구축

3-1. 작업개요

기존의 설비중요도 분류작업은 기기 고장 발생 시 발

1)*AP-913 : INPO의 설비신뢰도프로세스

전소 계통의 기능에 미치는 영향을 체계적으로 분석 및 평가하여 결정하기 보다는 단일 기기의 고장만을 고려하여 수행하다 보니 작업자의 계통에 대한 이해 수준에 따라 중요도 결정 결과가 서로 상이하게 나타나는 원인이 되었다. 따라서 주관적인 판단을 최소화하고, 중요도분류 결과물의 신뢰성을 향상시키기 위해 기능중심의 체계적인 프로세스를 구축하게 되었다 [2]. 이러한 체계적인 프로세스의 핵심으로, 기능중심의 설비중요도 분류작업을 수행할 수 있도록 하기 위하여 정비규정의 기능분석 내역(발전소를 약 500여개의 기능으로 나눔)과 각 기능에 대한 안전중요도결정 내역을 활용하여 작성하였다.

정비규정이란 발전소 기기/계통/구조물을 기능에 따라 분류하고 안전에 관련한 기능을 관리대상으로 선정하여 중요도에 따라 성능기준을 수립한 후 해당 설비의 성능감시를 수행하는 프로그램으로 발전소를 기능적인 측면에서 관리 운영 하고 있다.

이러한 정비규정의 결과를 활용함으로써 보다 객관적이고 일관된 작업결과를 얻을 수 있었는데 세부적인 작업 프로세스는 다음과 같다.

3-2. 설비 중요도결정 프로세스

- 1) 우선 해당 설비의 계통이 정비규정 관리대상 기능여부 확인 후 관리대상인 경우 안전중요도결정 결과를 참조하여 고안전중요도, 저안전중요도 기능인지를 구분하고 고안전중요도 기능은 중요 기능으로 결정하고 저안전중요도 중에서도 안전

관련, 발전관련 측면에서 중요기능을 수행하는 것은 중요기능으로 결정한다.

- 2) 정비규정 기능(Table 3. 참조)과 설비 중요도분류 항목별 분류기준을 연계한다. 연계단계에서 유의할 점은 설비 중요도분류기준을 기기 고장 측면이 아닌 기능 고장측면에서 고려해야 한다는 것이다. (Table 4. 참조).
- 3) 해당 계통의 기능이 고안전중요도이고 관련 정비규정기능고장을 유발할 경우 설비 중요도분류 기준의 “C-9 항목”을 적용, Critical A 기능으로 분류한다.
- 4) 고안전중요도 기능을 제외한 나머지 저안전중요도 기능 중 Critical 분류기준에 해당되는 기능으로 연계된 기능들에 대해 Table 3의 중요도 분류기준(C-1a~C-8)을 참조하여 Critical A 또는 B

Table 3. 정비규정 기능 분류

○ 안전관련기능(SR: Safety-Related) : DBA 동안/이후에 다음 기능을 유지하는데 필요한 안전관련 SSCs	
- SR-1	: 원자로 냉각재 압력경계 건전성
- SR-2	: 원자로 정지 및 안전정지 조건 유지 능력
- SR-3	: 10 CFR100의 지침과 비교해서 잠재적 소외 방사능 누출을 유발할 수 있는 사고결과의 예방 혹은 완화능력
○ 비안전관련기능(NSR: Nonsafety-Related)	
- NSR-1	: 사고 또는 과도상태의 완화
- NSR-2	: 비상운전절차서(EOP)에 사용되는 설비
- NSR-3	: 자신의 고장시 안전관련 설비의 안전관련 기능 수행을 방해할 수 있는 설비
- NSR-4	: 자신의 고장시 원자로정지 혹은 안전관련 계통이 작동할 수 있는 설비

Table 4. 정비규정 기능 & 설비 중요도분류기준 연계

정비규정 대상범위 선정 기준		FID 분류기준
안전관련 기능	비안전관련 기능	Critical 기능 해당 항목
-	NSR4	출력감발 50%이상(C-1a)
-	-	출력감발 50%미만(C-1b)
SR 2	-	허용정지시간72시간이하(C-2a)
SR 2	-	허용정지시간 72시간 초과, 14일 이하(C-2b)
-	NSR 4	원자로정지(C-3a)
-	-	원자로 또는 터빈 부분정지 신호(C-3b)
SR 2	NSR 4	공학적안전설비(ESF) 작동(C-4)
SR 2	-	필수안전기능 제어 불능(C-5a)
SR 2	-	필수안전기능 제어 부분 상실(C-5b) (주제어실 지시, 경보, 제어 또는 연동)
SR 2	-	원자로 정지 또는 유지시키는 능력의 저하 또는 상실(C-6a)
SR 2	-	다중 안전기능 설비 중 일부 계열의 상실을 유발(C-6b)
SR 2/3	NSR 2	비상운전절차서 수행능력상실(C-7)
SR 3	NSR1	소외방사능 누출 사고 영향 방지/완화 능력 상실(C-8)
SR 1/2/3	-	정비규정 고안전중요도 기능의 상실(C-9)

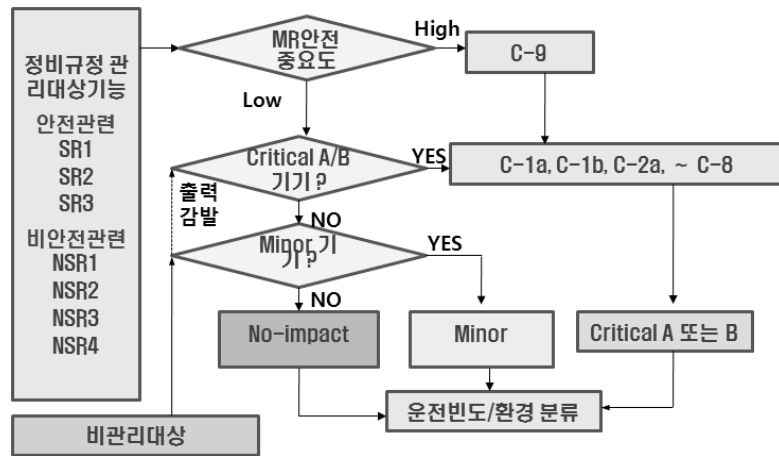


Fig. 1. 설비 중요도결정 프로세스

- 기능으로 분류한다.
- 5) 위의 4)항에 해당되지 않을 경우, Minor 분류기준에 해당되는지 검토하고, 해당될 경우 Minor 기능으로 분류한다.
- 6) 정비규정에서 Out-scope된 기능이 Minor 분류기준에 해당되는지 검토하고, 해당되지 않으면 No Impact 기능으로 분류한다.

4. 중요도 결정 작업내역

4-1. 작업개요

전체 작업은 총 5개 분야로 나누어 추진하였으며 기계분야는 1차(원자로), 2차(터빈) 분야로 분류하였고 전기, 계측분야와 HVAC 분야로 나누어 수행하였다. 총 131개 계통 126,640개 기기에 대하여 분류 작업을 수행하였으며 정비규정을 기반으로 하는 기능적방법론을 준용하여 모든 기능위치에 대해 평가근거를 작성, 문서화 하였다. 단 No-Impact로 분류한 기능위치에 대해서는 근거를 작성할 필요가 있을 경우에만 작성토록 하였다. 총 5개 분야로 나누어 여러 명이 작업을 하다 보니 작성방법 및 분류근거의 일관성을 확보하기 위하여 초기 3개월은 수시로 모여 작업결과에 대해 토의를 하였으며 상호간에 평가의 적절성 및 유효성을 확인하였다.

평가근거에 대한 문서화방법은 Fig. 2과 같이 기능위치별로 알파벳 코드로 명기하여 별도의 시트에 작성된 결정근거와 연결하여 볼 수 있도록 하였다. 이는 향후 유지보수 및 변경관리가 용이하도록 한 것으로 다수의 유사설비에 대하여 결정근거 및 중요도

변경이 요구될 때 일일이 변경할 필요 없이 결정근거 시트 내용만 수정하면 될 수 있도록 한 것이다.

실제 작업소요기간은 약 7개월 정도가 소요되었는데 여기에는 신규원전의 설비마스터 보완작업 2개월이 포함되었다. 작업순서상 발전소 설비마스터가 확정된 후에 기능적중요도결정을 진행하여야 하나 신규원전의 경우 설비 중요도 분류작업 초기에는 설비마스터가 완성되지 않은 상태였다. 하지만 발전소 적기운전을 위하여 반드시 설비 중요도 분류결과가 요구되었으므로 불가피하게 설비마스터 작업과 FID 작업을 병행 수행하게 되었다. 이 때문에 설비마스터 작업일정에 맞추어 주기적으로 설비에 대한 기능위치 확인 및 수정이 필요하였고 최종적으로 설비마스터 완성에 대한 추가 보완작업을 하게 되었다.

4-2. 분야별 주요 분류내역

4-2-1. 기계분야

- 1) 중요기능(안전, 신뢰도, 발전과 직접 연관된 기능)을 위해 설계된 다중기능은 Critical B(C-6b)로 분류를 고려
- 2) 수동 Valve : 배관과 동일하게 Passive 기기로 볼 수도 있으나 추가적인 고장모드(누설, 고착, 밸브 핸들이 헛도는 경우)가 존재 함. 이러한 고장은 계통의 기능에 심각한 영향(기능 저하, 기능 이용불능 등)을 야기할 수 있음. 따라서 프로세스 중요도를 고려하여 결정
- 3) Vent 또는 Drain Valve : 고장의 범위가 극히 제한적이므로 No Impact로 분류[단, 원자로냉각재계통 압력경계(정비규정 고안전중요도 기

기능번호	기능명칭	안전 중요도	MR-FID Mapping	결정 근거
FW-01	정상운전시 증기발생기에 급수 공급	저안전 중요도	C-1a, 3b	a: Critical A (Economizer 주급수제어밸브, 격리밸브, Hand Switch) - 고장으로 밸브 Close될 경우, 발전정지 (C-1a) - Hand Switch의 경우 밸브와 동일하게 분류 b: Critical B (주급수펌프, 주급수승압펌프) - 주급수펌프 3대 운전 중 2대 또는 2대 운전 중 1대 정지시 RPCS 동작 (C-3b) - 급수승압펌프 정지시 주급수펌프 정지 연동 - ESF-MSIS 발생시 펌프 정지
FW-05	발전소 보호 작동신호 제공	고안전 중요도	C-3b, 4, 9	a: Critical A (증기발생기 수위 보호채널 계측기) - 원자로 정지신호 동작 기기 (C-3b) : 2/4 논리 - 공학적인안전설비(ESF) 동작 기기 (C-4) - 정비규정 고안전중요도 대상 기기 (C-9)

FW-01	a	2511-541-V-1112	SG 1 Economizer Control Valve	Critical A
FW-01	b	2511-541-M-PP01	Turbine-driven Feedwater Pump A	Critical B
FW-05	a	2511-541-J-LT-1113A	SG 1 Level Protective (Wide Range)	Critical A

Fig. 2. FID 근거 문서화

능)와 직접 연관되는 밸브는 프로세스 중요도와 동일하게 Critical A, 후단 밸브는 Critical B로 분류]

- 4) Root Valve : 고장의 범위가 극히 제한적이므로 No Impact로 분류[단, 원자로냉각재계통 압력경계인 경우 SSCs(System, Structure, Components) 중요도를 고려하여 결정]
- 5) Relief Valve : SSCs 중요도를 고려하여 결정
- 6) Hand Switch : SSCs 중요도를 고려하여 결정
- 7) Limit Switch : SSCs 중요도를 고려하여 결정
- 8) Flow/Pressure/Temp. Element, Indicator, Transmitter, Switch 등
 - (1) MCR 정보제공용, 제어용 안전관련 계측기는 Critical B(C-5b), 비안전 관련 계측기는 Minor로 분류를 고려
 - (2) 보호용 계측기는 Minor 분류기준 M-9로 분류를 고려
 - (3) TE/TY는 SSCs 중요도를 고려하여 분류
 - (4) 단, 현장 지시계는 No Impact로 분류

4-2-2. 전기 계측 분야

- 1) 차단기 : 모선인입용과 부하용 차단기를 구분
 - (1) 모선인입용 차단기 : ER(Equipment Reliability) 등급기준 적용
 - (2) 부하용 차단기 : ER 등급기준을 적용하되 반드시

시 부하등급 기준과 일치

- 2) 보호계전기 : 모선보호용과 부하보호용 계전기를 구분
 - ※ 가동중 원전의 경우 기능위치를 별도로 분리하지 않았으나 신규원전에서는 별도 추가
 - (1) 모선보호용 또는 모선에 연결된 계전기 : ER 등급기준 적용
 - (2) 차단기에 설치된 보호계전기 : ER 등급기준을 적용하되 차단기 등급기준에 준함
 - 3) Hand Switch : 주제어실에서 제어하는 차단기의 경우 핸드스위치는 차단기등급과 일치시킴
 - ※ 가동원전의 경우 주제어실 핸드스위치는 No Impact로 분류되어 있으나 고장 시 해당 부하의 기능을 상실하므로 부하의 중요도 등급과 일치시키는 것이 타당함. 또한 차단기 핸드스위치 고장은 정비규정 기능고장으로 평가되고 있음
 - 4) 주제어실 위치지시등 : 주제어실 위치지시등은 No Impact로 분류
 - 5) Fuse : 신뢰도를 향상시킬 예측/예방정비가 존재하지 않을 경우 No Impact로 분류
 - 6) 설비 중요도분류를 위한 계측화 방법
 - (1) 계측화는 BUS-차단기-핸드스위치/지시계/보호계전기 체계로 함
 - (2) 가동중 원전에서 미 분류된 보호계전기는 별도 기능위치로 추가

- 7) Panels : Passive Structural Component이므로 No Impact로 분류
- 8) 프로그램 : 고장 가능성이 없으므로 No Impact로 분류
- 9) 발전소 제어시스템의 안전, 비안전 캐비닛의 전자카드에 대해서는 제어 및 작동신호를 제공하는 프로세스 계통의 해당 기기의 기능적중요도를 반영하여 일관성을 유지하도록 함
- 10) 계측의 다중안전성보호설비의 경우 중요계통의 다중성 확보를 위해 요구되며 하나의 기기 상실에 의한 기능고장은 발생하지 않으나(두계열 운영으로) 다중안전성보호설비의 본래 목적 및 예방 정비 차원에서 Minor로 분류
- 11) 선형호기와 다르게 계측 캐비닛의 빈 slot에 대하여도 기능위치를 사전 부여(description에 spare

명시)하여 No Impact로 분류

5. 작업결과

설비중요도결정 결과 Critical 설비 12.3%, Minor 설비 29.8%, No-Impact 설비가 57.9%로 분류 되었으며 (Table 5. 참조) 선형호기(울진3발) 대비 Critical 이 약 5% 가량 증가한 것으로 나타났다.

이는 Critical 분류 기준 세분화에 따라 기존에 Minor 또는 No-Impact로 분류되었던 주제어실 지시기, 핸드 스위치 등이 Critical B로 분류됨으로서 Critical 비율이 다소 증가한 것으로 분석되었으며 Minor, No-Impact로 분류된 설비는 선형발전소(Fig. 3. 참조)와 유사한 분포를 나타내고 있다.

Fig. 4은 전체 표준형원전(OPR1000)의 중요도 분

Table 5. 설비중요도 결정 결과

구 분	설비 수	설 비 중 요 도			
		Critical A	Critical B	Minor	No-Impact
1차계통	22,008	1,480 (6.7%)	2,234 (10.2%)	7,176 (32.6%)	11,118 (50.5%)
2차계통	45,267	729 (1.6%)	1,128 (2.5%)	8,177 (18.1%)	35,233 (77.8%)
계측	21,013	2,760 (13.1%)	1,553 (7.4%)	10,696 (50.9%)	6,004 (28.6%)
전기	21,896	2,086 (9.5%)	3,500 (16.0%)	8,876 (40.5%)	7,434 (34.0%)
HVAC	16,456	90 (0.5%)	63 (0.4%)	2,762 (16.8%)	13,541 (82.3%)
계	126,640	7,145 (5.6%)	8,478 (6.7%)	37,687 (29.8%)	73,330 (57.9%)

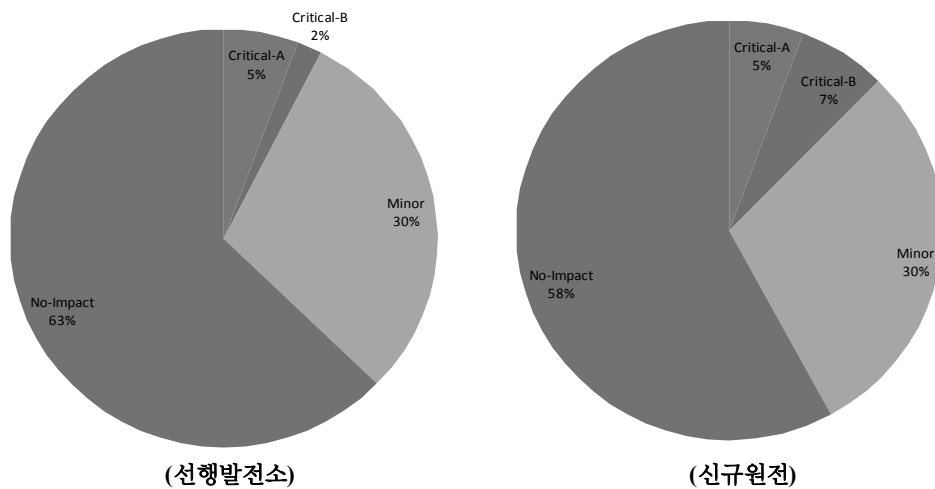


Fig. 3. 선형발전소와 비교

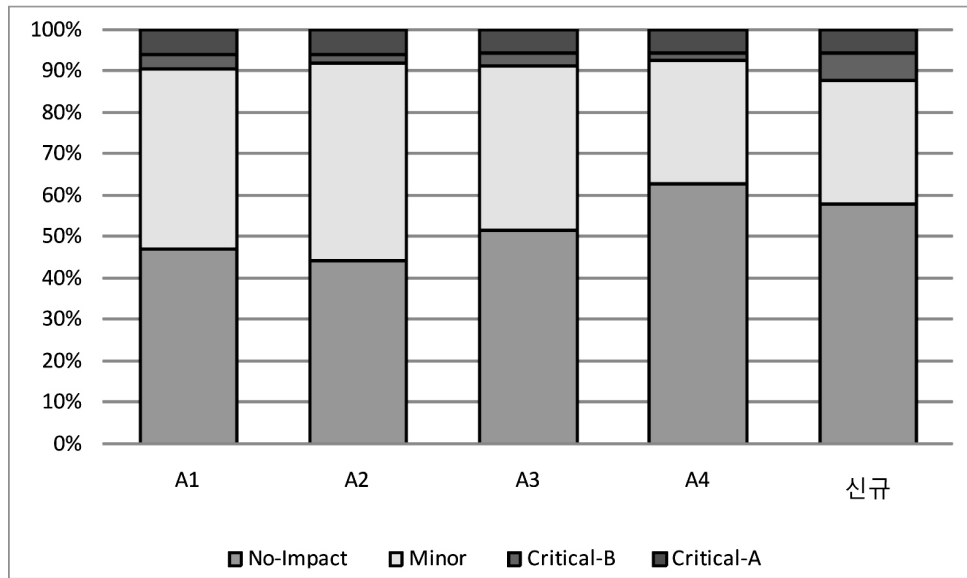


Fig. 4. 표준형원전 중요도 분류 비교

류결과를 막대그래프 형태로 보여준 것인데 신규원전과 비교하여 발전소마다 약간의 차이는 있지만 전체 비율 측면에서는 비슷한 분포를 나타내고 있다.

6. 결 론

기능적중요도결정(FID) 작업은 발전소 기기의 기능이 안전 또는 운전에 미치는 영향을 분석하여 설비유형 분류 및 중요도, 운전빈도, 운전환경 등을 분류하는 작업으로 모든 설비관리 프로세스에서 의사결정의 필수요소로 사용된다. 한수원에서는 2005년부터 발전소 설비의 예방정비 수행을 위해 기능적중요도결정 작업을 수행하여 왔으며 기존의 가동원전에 대하여는 2009년부터 표준화 작업을 수행하였다. 하지만 신규원전에 대해서는 발전정지유발기 선정, 정비규정 개발과 함께 별도로 추진하게 되었다.

따라서 본 작업에서는 그동안 표준형원전에서 추진한 기능적중요도결정 작업내역을 토대로 추진방법, 분류기준, 문서화 방안 등 작업의 효과적인 개선을 도모하고자 하였다. 기존의 작업내역은 발전소별로 계통을 분담하여 수행하였는데 전적으로 작업자의 경험과 지식에 의존한 주관적인 작업을 하다 보니 일관성과 객관성이 다소 미흡한 점이 있었다. 이러한 점을 개선하고자 우선 작업의 일관성을 확보하기 위해 기능중심의 분석을 기초로 한 작업 방법론을 개발하였다.

국·내외 원전 기능적중요도결정 방법에 대해 검

토한 결과를 반영한 정비규정을 활용하여 신규 원전 기능적중요도결정 방법론을 개발 하였으며 샘플 계통을 선정, 적용하여 유효성을 확인하였다. 그리고 기존의 중요도분류기준을 세분화 하였는데 이는 중요도분류기준을 명확화 하여 일관성을 향상시키기 위함이다. 기존의 중요도분류 기준 중 일부 항목에 대한 해석이 작업자마다 조금씩 차이가 있어 같은 설비 임에도 불구하고 분류결과가 다르게 결정되는 사례가 있어 이를 좀 더 세분화 또는 구체적으로 기술하였다. 가령 Critical 분류항목인 C-6의 경우 ‘원자로를 정지시키는 능력의 상실’ 이라고만 되어있어 안전에 중요한 계통이면서 원자로 정지 능력의 저하를 유발할 경우 어느 분류기준에 적용하기가 명확하지 않아 작업자마다 적용하는 항목이 다른 경우가 발생하였다. 이를 해결하고자 C-6a를 ‘원자로 정지 또는 유지시키는 능력의 저하 또는 상실’ 이라고 구체적으로 명기하였으며 안전 기능이면서도 분류기준이 애매모호하여 Minor로 평가되는 사례가 있어 C-6b ‘다중 안전기능 설비 중 일부 계열의 상실을 유발’ 이라는 항목을 생성 C-6 항목을 세분화 하였다.

이외에도 C-3b ‘원자로 또는 터빈 부분정지 신호’, C-5b ‘필수안전기능을 수행하는 기능 중 주제어실 지시, 정보, 연동 및 제어상실’ 등 Critical B에 해당하는 항목을 생성하여 세분화 하였다.

기존의 기능적중요도결정 작업의 경우 또 하나의 문제점은 결정내역에 관한 신뢰성에 대한 근거가 다

소 미흡하다는 점인데 이는 작업자의 판단 근거가 중요도 분류기준표시 이외에는 없다는 것이다. 그러다 보니 일부 해석을 달리 할 수 있는 설비에 대하여 의견차이가 있는 경우 전체 중요도결정내역까지 신뢰성을 검토하는 경우가 발생하였다. 어차피 중요도결정은 아무리 방법론을 잘 개발하여도 주관적인 지식과 경험이 중요한 판단기준이 될 수밖에 없는 작업이다. 따라서 누가 맞고 틀리다기 보다는 그 사람의 판단근거가 무엇인가가 중요한 사항이라 할 수 있는데 기존의 중요도결정 작업에서는 이러한 결정근거 기술이 거의 없었기 때문에 제3자가 이해하고 적용하기가 어려웠다.

이를 개선하고자 본 작업에서는 모든 설비, 기능위치마다 결정근거를 기술하여 문서화 하도록 하였는데 이는 신규원전에서 사용 시 결정근거를 보고 판단과 수정이 용이하도록 하기 위함이다.

기존의 설비중심에서 기능중심의 체계로 방법론을 개선하여 중요도결정 작업을 한 결과 차이점은 표준형원전에 비해 Critical B로 분류된 설비가 다소 증가하였는데 이는 Critical B 분류기준 세분화에 따른 주 제어실 지시계, 핸드스위치 등이 다수 Critical B로 분류되었기 때문이다. 분류 기준별 비율을 보면 Critical A가 5.6% Critical B가 6.7% Minor 29.8%, No-Impact 57.9%로 분류 되었다.

신규원전의 설비 중요도결정 작업을 하면서 다소 어려웠던 점은 설비마스터가 완성되어 있지 않아 설계변경이 이루어진 시스템에 대해서는 일일이 설계문

서를 참조하여 기능위치를 만들거나 선행호기와 다른 부분을 수정보완 해야 하는 점 이었다. 작업 중 약 30,000여건에 대한 설비의 기능위치 생성 및 보완 작업을 수행 하였으며 최종적으로 설비마스터 완성 후 약 8,000여건에 대한 추가 작업을 수행하였다.

신규원전 계통들에 대한 이러한 기능중심의 중요도결정 방법 적용은 안전기능을 수행하는 기기들을 중요기기로 효과적으로 결정할 수 있고, 중요도결정에 대한 결정근거를 체계적으로 문서화시킴으로써 추후 개정작업을 용이하게 할 수 있을 것으로 검토되었다.

또한 기능 중심의 중요도결정 결과물은 추후 설비의 작업 우선순위 결정 근거로 활용되고, 예방정비기준(PMT)을 적용한 예방정비 항목 및 주기 결정을 위한 입력 자료로도 활용되어 발전소 설비운영 최적화에 기여할 것으로 사료된다.

아울러 향후 추가되는 신규원전에도 일관성 있게 적용할 수 있는 기틀을 마련하였으며 발전정지유발기기 선정, 정비규정 개발 적용에도 본 기능중심중요도결정 작업 결과를 활용하여 적용시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이상대, 정비규정을 활용한 신규 원전 기능중요도결정(FID) 방법 개선, TM-보고서, 2010, 1, 1-28 [1].
2. 염동운, 정비규정을 활용한 주급수계통의 기능중요도결정 결과 고찰, 에너지공학회, 2010, 1, 1-3 [2].