

개선운영기술지침서 개발 성과

Improved Technical Specifications for Korean NPP

류정동, 이동혁, 성창경

전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

많은 가압경수로형 원전에서는 안전성 확보를 위해 기술지침서를 사용하고 있다. 최근에 표준운영기술지침서가 개발되어 이를 개별발전소에 적용하려는 작업이 진행 중에 있다. 본 논문에서는 표준운영기술지침서를 활용하여 국내 원전에 적용되는 개선운영기술지침서의 개발 과정 및 그 결과를 서술하였다. 개발된 결과물은 국내 원전의 안전운전 향상에 많은 도움이 되리라고 기대된다.

Abstract

PWRs use Technical Specifications(Tech. Spec.) to ensure safe operation of the plant. Recently, many efforts were made to improve Tech. Spec. and as a result, Improved Standard Technical Specifications(ISTS) have been developed. Korean NPP technical specifications were converted to ISTS format. KEPRI also provided supporting documents for technical specification conversion including mark-up's and description of changes. This paper describes and summarizes the results of implementation of ISTS for Korean NPP. The new Tech. Spec. will improve safety of Korean NPP

1. 서 론

기술지침서(Technical Specifications)는 원자력발전소 운전시 안전성 확보를 위해 사업자가 지켜야 할 안전제한치, 운전제한조건, 점검요구사항, 설계특성 등등 이 기술되어 있는 문서이다. 국내에서는 기술지침서 내에 원전의 운영에 필요한 사항을 추가로 기술한 운영기술지침서를 사용하고 있으며, 사업자는 이를 준수함으로써 원전의 안전성을 확보한다.

미국에서는 기존기술지침서(Current Technical Specifications)를 재평가하여 개선하는 작업을 수행하였다. 다양한 기준에 따라 선정되었던 운전제한조건을 재검토하여 명확한 4개의 운전제한조건 선정기준을 제시하였다. 이를 근거로 하여 운전제한조건을 선정하여 기존에 사용되던 운전제한조건 중 약 40%를 감소하였으며, 기존의 서술식 형태로 되어있어 명확하지 못한 표현을 표

태로 바뀌어서 운전원이 더 쉽게 볼 수 있도록 형식을 개선하였다. 또한 노형(WH형, CE형, B&W형, GE형1, GE형2)별로 적용 가능한 표준운영기술지침서(Improved Standard Technical Specifications)를 발간하였고, 이 표준안에 맞추어 개별발전소에 적용하는 개선기술지침서(Improved Technical Specifications)로 전환하고 있다.

국내에서도 정부(과기부), 한국원자력안전기술원(KINS), 한수원(주)(구 한전)의 협의하에 운영기술지침서 개선 사업이 추진되었다. 원전 형태별로 적용할 수 있는 WH형 및 CE형 표준운영기술지침서를 특정기술주제보고서로 각각 발간하였다. 이 문서를 근거로 하여 개별 발전소에 적용 가능한 개선운영기술지침서를 작성할 수 있다.

본 논문에서는 WH형 표준운영기술지침서를 이용한 고리 2호기에 적용 가능한 개선운영기술지침서의 개발 과정 및 그 결과를 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 배 경

2.1.1 미국의 기술지침서 개선 배경

미국의 경우 1954년 발표된 Atomic Energy Act Section 182a에서 운영허가 요건의 하나로 기술지침서를 요구하고 있다. 1968년에는 기술지침서에 대한 요건이 10 CFR 50.36으로 제정되었다. 그러나 기술지침서에 포함되어야 할 내용에 대한 명확한 기준이 제시되어 있지 않았다. 기술지침서는 규제기관의 허가를 받아야 되는 대상이므로 규제기관은 발전소를 규제하는 수단으로 기술지침서를 사용하였으며, 안전과 직접적인 관련이 없는 내용도 기술지침서에 포함시켜 발전소를 규제하는 현상이 발생하였다. 따라서 기술지침서 내용이 점점 방대해졌으며, 발전소마다 그 내용이 달랐다. 기술지침서 분량이 늘어남에 따라 발전소의 기술지침서 개정 신청이 늘어났으며, 발전소와 규제기관 모두에게 인허가 업무량이 과도하게 늘어났다. 다음 표 1은 미국내 기술지침서 변천사를 간략하게 나타낸 것이다.

표 1 미국내 기술지침서 변천사

연 도	기술지침서	특 징
~ 1974	Custom Tech. Spec. (CTS)	표준 양식 없음 LCO 선정기준 없음 일관성 없는 내용
1974 ~ 1992	Standard Tech. Spec. (STS) Nureg-0452	표준 양식 있음 LCO 선정기준 없음 과도한 규제 요건 일관성 없는 내용
1992 ~	Improved STS(ISTS) Nureg 1430~1434	인간공학적 양식 LCO 선정기준 있음 LCO 감소 일관성 있는 내용

TMI 사고 이후, 규제기관과 사업자가 기술지침서의 문제점을 공감하게 되었고 1984년에 기술지침서 개선 사업을 착수하였다. 먼저 NRC와 원자력산업계단체인 AIF(Atomic Industrial Forum)가 기술지침서 개선 방향을 연구하여 권고안을 제시하였다(1986). 주요 개선 방향은 ① 운전제한조건 선정기준 설정 및 표준화, ② 안전성과 무관한 항목을 별도 문서로 재배치, ③ 인간 공학적인 기술지침서 양식, ④ 기술배경서 강화이다.

이 권고안을 근거로 NRC는 1987~1992에 걸쳐 개선된 표준운영기술지침서(ISTS: Improved Standard Technical Specifications)를 개발하였다. 먼저 NRC는 1987년 임시 정책성명(52 FR 3788)을 발표하여 운전제한조건 선정기준(안)을 제시하였고, 이 선정기준을 적용하여 운전제한조건을 재분류한 “Split Report”를 작성하였다(1988). 이를 근거로 표준운영기술지침서(ISTS: Improved Standard Technical Specifications)를 개발하여 1992년 9월에 발간하였다. 또한 1995년 4월에 노형별로 다른 형식을 갖는 5개의 ISTS (Nureg-1430~1431) Rev. 1을 발간하였으며, 1995년 7월에 10 CFR 50.36 (Technical Specifications)을 개정하여 4개의 운전제한조건 선정기준을 법규에 명문화하였다. 최근에는 ISTS (Nureg-1430~1431) Rev. 2를 개발한 상태에 있다.

미국내 원전중 Crystal River 3호기가 제일 먼저 ISTS를 적용하였다. Crystal River 3호기는 1993년 6월에 NRC에 기술지침서 개정을 신청하여 1993년 12월에 인허가를 받았으며, 1994년 3월에 실제로 개정된 기술지침서를 적용하였다. 현재, 미국내 대부분의 원전이 기술지침서 개정을 완료하였거나 추진중이다.

2.1.2 국내 운영기술지침서 개선 배경

국내 원전의 법적 요구 문서는 운전제한조건 등이 기술되어 있는 기술지침서에 추가적으로 원전 운전에는 필요한 행정적인 내용을 서술한 운영기술지침서이다. 호기별로 상황이 다르나, 일반적으로 국내 WH형 원전의 경우, 운영기술지침서에서는 행정적인 내용을 주로 다루며, 운전제한조건에 관한 사항은 FSAR 16장을 참조하도록 되어있어 FSAR 16장이 운영기술지침서의 핵심적인 사항으로 간주된다. 그리고, WH형 원전의 경우에는 FSAR 16장을 포함한 FSAR 전체가 영문으로 기술되어 있어, 영문으로 된 운전제한조건에 따라 발전소를 운전하고 있다. 반면에 CE형 원전은 FSAR 및 운전제한조건이 한글로 작성되어 있다.

국내 운영기술지침서 개선 사업은 1998년 5월에 과학기술부/원자력안전기술원/한전이 표준 운영기술지침서 개발을 위한 기본방향에 합의함으로써 착수되었다. 운영기술지침서 개선 사업은 크게 2단계로 나뉘는데, 1단계는 표준운영기술지침서(Improved Standard Technical Specifications)의 개발이고 2단계는 각 개별 발전소에 직접 적용되는 개선운영기술지침서(Improved Technical Specifications) 개발이다. 표준운영기술지침서 개발은 CE형은 영광 2발전소, WH형은 고리 2발전소가 주축이 되어 수행하였으며, 특정주제기술보고서 형태로 규제기관에 제출하였다. CE형 표준운영기술지침서는 1999년 11월 과기부의 인허가를 획득하였고, WH형 표준운영기술지침서는 2000년 7월에 인허가를 획득하였다.

현재는 WH형 및 CE형 표준운영기술지침서를 기반으로 하여 개별발전소에 적용되는 개선운영기술지침서로 전환을 완료하였으며, 규제기관에서 심사를 하고 있는 중에 있다.

2.2 운영기술지침서 전환

2.2.1 전환 방법

운영기술지침서를 변경하기 위해서는 기존운영기술지침서의 내용이 어떻게 바뀌었으며, 그에 대한 합리적인 사유를 설명해야 한다. 미국의 경우 NEI 96-06 Improved Technical Specification Conversion Guidance에 따라 기술지침서를 전환하였다. 국내에서는 1999년 “표준 운영기술지침서 전환 지침”을 작성하여, 이 지침에 따라 운영기술지침서를 전환하였다. 운영기술지침서 전환과 관련하여 전환지침에는 아래와 같이 용어를 정의하고 있다.

- 기존 운영기술지침서(CTS : Current Technical Specifications)
현재 발전소에 적용하는 것으로 변경신청의 대상이며 현 인허가의 근거가 되는 인증된 운영기술지침서
- 표준 운영기술지침서(ISTS : Improved Standard Technical Specifications)
미국의 개선된 표준 기술지침서(NUREG-1431, 1432)를 참조하여 국내에서 개발한 것으로 특정 발전소가 운영기술지침서를 개선하는 데 기준이 되는 유형별로 표준화된 운영기술지침서
- 개선 운영기술지침서(ITS : Improved Technical Specifications)
표준 운영기술지침서를 근간으로 해당 발전소 특정사항을 반영한 운영기술지침서

전환문서는 크게 기존운영기술지침서 mark-up, 기존운영기술지침서 변경사항설명서(DOC: Discussion Of Change), 변경범주별 요약서, 표준 운영기술지침서 mark-up, 표준 운영기술지침서와 상이한 사항 설명서(JD: Justification for Difference), 개선 운영기술지침서, 운영기술지침서 기술배경서 등 7개의 문서로 구성된다. 각 문서의 성격은 다음과 같다.

기존 운영기술지침서 mark-up은 현행 고리 2호기 운영기술지침서에 변경사항을 펜으로 표시한 문서이다. 고리 2호기의 기존 운영기술지침서는 운전제한조건 부분을 FSAR 16장 내용으로 대체하도록 기술되어 있는데, 고리 2호기 FSAR이 영문으로 작성된 관계로 운전제한조건이 영문으로 작성되어 있었다. 따라서 기존 운영기술지침서 mark-up 문서 중 운전제한조건 부분은 영문으로 mark-up하였다. Mark-up 방법은 기존 운영기술지침서 내용중 개선 운영기술지침서에 그대로 반영되는 내용은 개선 운영기술지침서에서 새로 배치될 위치를 표시한다. 기존 운영기술지침서 내용중 개선 운영기술지침서에서 삭제되는 내용은 삭제됨을 표시하고, 변경사유 번호를 표시한다. 변경사유 번호에 대한 설명은 기존 운영기술지침서 변경사항 설명서(DOC)에 기술한다. 기존 운영기술지침서에 없으나 개선 운영기술지침서에 추가되는 사항 중 짧은 내용은 해당 CTS 페이지에, 긴 내용은 별도의 페이지에 기술하고 변경사유 번호를 표시한다. 이에 대한 설명은 DOC에 기술한다. 변경범주별 요약서는 DOC에 기술된 내용을 4가지 범주(행정적 변경사항, 강화된 기술적 변경사항, 완화된 기술적 변경사항, 재배치 사항)로 나누어 요약한 문서이다. 호기별 특성을 반영하여 개선 운영기술지침서를 작성하다 보면 표준 운영기술지침서와 차이가 나는 부분이 생기게 된다. 이를 표시한 것이 표준 운영기술지침서 mark-up 문서이다. 표준 운영기술지침서와 달라지는 부분을 펜으로 표시하며 변경사유 번호를 달고, 변경사유를 표준 운영기술지침서와 상이한 사항 설명서(JD)에 기술한다.

기존 운영기술지침서의 변경 사항은 4가지 범주로 구분한다. 각 범주에 해당되는 내용은 다음과 같다.

- 행정적인 변경사항(표기 A : Administrative)

행정적인 변경사항은 기술적인 내용의 변화가 없는 모든 사항을 말하는 것으로 문장표현 변경, 요건의 순서 변경, 용어 표준화를 위한 계통 명칭 변경 등이 포함된다.
- 강화된 기술적 변경사항(표기 M : More Restrictive)

이 범주에 속하는 사항들은 기존 운영기술지침서 보다 강화된 요건이 새로 도입되거나 없던 요건이 표준 운영기술지침서에 추가된 것이다.
- 완화된 기술적 변경사항(표기 L : Less Restrictive)

기존 운영기술지침서보다는 완화되는 기술적 요건으로서 안전성 측면에서 별다른 문제가 발생하기 않으면, 개선 운영기술지침서에서는 이들 요건을 변경 또는 삭제할 수 있다. 점검 주기 및 제한시간 등의 변경시 선정근거 및 타당성에 대한 분석자료가 제시되어야 한다.
- 재배치 사항(표기 R : Relocated)

기존 운영기술지침서 내용중 개선 운영기술지침서에서 삭제되어 내용이 다른 문서로 재배치되는 경우가 이에 해당된다.

기존 운영기술지침서 mark-up 및 표준 운영기술지침서 mark-up 문서에 따라 개선 운영기술지침서를 작성하였다. 운영기술지침서 기술배경서는 완성된 운영기술지침서에 따라 작성하였다. 기술배경서는 운영기술지침서 중 운전제한조건 부분에 대한 기술적인 배경을 설명하고 있다. 기술배경서에 대해서는 mark-up 문서나 변경사유 문서를 작성하지 않았다. 규제기관의 인허가 대상 문서는 운영기술지침서이며, 기술배경서는 운영기술지침서의 보조 문서로 직접적인 인허가 대상이 아니기 때문이다.

이 밖에 전환내용 전체를 요약한 전환요약서 1권을 만들었다. 전환요약서의 내용은 아래와 같다.

- 제출문서 요약
- 전환에 추가할 운영허가 변경사항
- 표준운영기술지침서와 상이한 사항 반영사항
- 기존운영기술지침서 기술적 변경사항
- 발전소 특정사항
- 재배치 사항의 주요 내용 및 재배치 위치

2.3 운전제한조건 선정

ISTTS의 가장 큰 특징은 명확하고 객관적인 운전제한조건 선정기준을 제시하였다는 점이다. 운전제한조건 선정기준은 과학기술부 고시 제 2001-46호 “운영기술지침서의 작성에 관한 기준”에 명시된 것으로 다음과 같다.

- 선정기준 1

원자로냉각재 압력경계의 심각한 비정상적인 성능저하를 주제어실에서 감시 또는지시하는데 사용하기 위해 설치된 계측기
- 선정기준 2

핵분열생성물 방벽의 결함이나 건전성 위협을 가정하는 설계기준사고와 과도현상 해석의 초기조건으로 사용되는 공정변수, 설비 또는 운전제한사항

◦ 선정기준 3

핵분열생성물 방벽의 결함이나 건전성 위협을 가정하는 설계기준사고와 과도현상을 완화하기 위해 기능을 수행하거나 작동하면서 주 성공경로의 일부에 해당되는 구조물, 계통 또는 기기

◦ 선정기준 4

운전경험이나 확률론적 안전성평가 결과 공공의 건강과 안전에 중요한 것으로 평가된 구조물, 계통 또는 기기

선정기준 1은 주제어실에서 원자로 냉각재 압력경계의 현저한 비정상적인 성능저하를 감지, 지시하기 위해 설치된 계기가 해당된다. 이 기준의 목적은 과도한 원자로 냉각재 누설을 감지하기 위해 설치된 계기들을 관리하는 것이며 실제 누설원을 확인하는 계기나 원자로 압력경계 누설정후를 감지하기 위한 설비(금속파편탐지계통, 지진계기 등)는 포함되지 않는다.

선정기준 2는 핵분열생성물의 방벽을 위협하거나 실패를 가정하는 설계기준사고 또는 과도상태의 분석 범위 내에서 발전소 운전이 유지되도록 하기 위한 것으로 이 기준에 포함되는 공정변수에는 주제어실에서 직접 관찰되지 않는 변수(감속재 온도계수, 열수로인자 등)도 포함된다. 이러한 변수들이 분석된 사고의 범위내에서 운전되면 사고 위험성이 낮게 유지될 수 있을 것으로 추정된다. 이 기준은 압력계통밸브와 인터록과 같은 능동설계설비와 미분석사고 또는 과도상태를 방지하기 위한 압력온도 제한치와 같은 운전 제한치도 적용된다.

선정기준 3은 핵분열생성물의 방벽을 위협하거나 실패를 가정하는 설계기준사고 또는 과도상태를 완화하기 위해 그 기능이 발휘되거나 작동되며 안전성 순서 분석(Safety Sequence Analysis)에서 주성공경로(Primary Success Path)에 포함되는 구조물, 계통 및 부품이 해당된다. 안전성 순서 분석은 발전소 안전성분석보고서에서 제시된 설계기준사고와 과도상태 분석에서 고려되며 사고 결과의 영향을 완화시키는데 필요한 조치에 대해 체계적으로 점검하는 것이다. 이때 주성공로는 단일고장기준을 적용한 상태에서 작동이 요구되는 기기의 조합 또는 순서로 이루어지며 관련 사고에 의한 발전소 반응이 적절하게 이루어져 허용기준 이내에서 사고결과를 제한한다. 이 기준에 적용하여 주성공로를 고려할 때 분석된 사고나 과도상태를 방지하거나 사고완화 설비의 신뢰성을 높이기 위한 2차설비(Back up and Diverse)는 포함하지 않는다. 또한 사고후 감시계측기로써 설계기준 또는 과도상태 하에서 안전계통의 안전기능을 유지하는데 요구되며 자동제어가 아닌 수동운전조치를 취하는데 필수적인 운전정보를 제공하는 것에 대해서는 기준3의 적용을 받는다.

선정기준 4는 발전소 운전경험이나 확률론적 안전성 분석(PSA) 결과 공중의 건강과 안전에 중요한 것으로 나타난 계통이 해당되며 가압경수로의 경우 잔열제거계통(RHR)이 해당된다. 발전소 특정 PSA결과 안전성 분석보고서에서 인지하지 못한 발전소 취약 부분이 기술지침서 항목으로 반영되어야 한다.

위의 4가지 운전제한조건 선정기준을 적용하여 고리 2호기 운전제한조건을 결정하였다. 고리 2호기 현행 운영기술지침서의 운전제한조건 131개중 60개를 재배치하여 삭제하였고, 14개를 신규로 추가하여 총 85개의 운전제한조건을 선정하였다. 운전제한조건 재선성을 통해 기존 운영기술지침서에 비해 운전제한조건이 약 35% 감소하였다. 절별 운전제한조건 선정 개수는 표 2와 같다.

표 2 고리 2호기 ITS 운전제한조건 선정 결과 요약표

C T S 항 목 명	CTS LCO	전 환				ITS LCO
		삭제/통 합	이동		신규	
			감소	증가		
3/4.1 Reactivity Control System	16	-8	-1 (3.4절)	+3 (3/4.11절)	1	11
3/4.2 Power Distribution Limits	5	0	-1 (3.4절)	0	0	4
3/4.3 Instrumentation	13	-9	0	0	3	7
3/4.4 RCS	19	-5	0	+3 (3/4.1,2,10)	1	18
3/4.5 ECCS	6	-1	0	0	0	5
3/4.6 Containment Systems	18	-8	0	0	0	10
3/4.7 Plant Systems	18	-10	0	+2 (3/4.9절)	3	13
3/4.8 Electrical Systems	7	-1	0	0	4	10
3/4.9 Refueling Operations	12	-5	-2 (3.7절)	0	2	7
3/4.10 Special Test Exception	5	-1	-3 (3.1절) -1 (3.4절)	0	0	0
3/4.11 Radioactive Effluents	11	-11	0	0	0	0
3/4.12 Environmental Monitoring	1	-1	0	0	0	0
합계	131	-60 (45% 감소)	-8	+8	14	85 (기존 대비 35% 감소)

신규로 작성된 운전제한조건 14개의 제목은 아래와 같다.

- 3.1.3 : 노심반응도(내용분리)
- 3.3.5 : 전원상실 디젤발전기 기동계측설비 (신설)
- 3.3.6 : 격납건물 환기 및 배기차단 계측설비(내용분리)
- 3.3.7 : 주 제어실 비상공기정화계통 작동 계측설비(신설)
- 3.4.14 : 원자로냉각재계통압력경계차단밸브 누설(신설)
- 3.7.3 : 주급수차단밸브 및 주급수제어밸브 및 관련 우회밸브(신설)
- 3.7.4 : 대기덤프밸브주(신설)

- 3.7.10 : 주제어실 공기조절계통(신설)
- 3.8.3 : 디젤연료유(내용분리)
- 3.8.6 : 축전지셀 매개변수(내용분리)
- 3.8.7 : 역변환기 - 운전중(신설)
- 3.8.8 : 역변환기 - 정지중(신설))
- 3.9.2 : 희석수원 차단밸브(신설)
- 3.9.6 : 잔열제거 및 원자로냉각재 재순환-저수위(신설)

2.4 개선운영기술지침서

개선운영기술지침서는 WH형 표준운영기술지침서 및 NUREG-1431 Rev.1을 참고하여 작성하였다. 개선 운영기술지침서는 전력연구원에서 초안을 작성하고, 고리 1발전소 현장의 검토를 받아 작성하였다. 또한 ISTS 형식의 운영기술지침서를 최초로 적용하는 영광 5/6호기의 인허가시 보완사항, 고리 3/4호기 및 영광 1/2호기 KNRB 심사시 제시되었던 의견을 반영하였다.

개선 운영기술지침서는 표준 운영기술지침서의 형식에 따라 3편(제1편 원자로시설의 운전, 제2편 원자력시설의 방사선 및 환경, 제3편 원자로시설의 운영관리)으로 구성되어 있다. 제1편이 운전제한조건이 기술된 가장 핵심적인 부분이다. 제2편은 방사선 관련 내용이 기술되어 있다. 제3편은 주로 행정적인 내용이 기술되어 있다. 표준 운영기술지침서로 전환하면서 새로 도입된 계획서 및 지침서에 대한 요건이 제3편 4절에 기술되어 있다. 개선 운영기술지침서의 목차는 표 3과 같다.

개선 운영기술지침서 중 3.3절 계측설비 및 3.8절 전력계통의 일부 내용은 표준 운영기술지침서 양식이 아닌 기존 운영기술지침서의 양식을 따라 작성되었다. 이는 규제기관의 표준 운영기술지침서 심사시 제시되었던 의견을 따른 것으로 계측설비의 경우 원자로보호계통(RPS) 및 공학적안전설비작동계통(ESFAS)의 설정치에 대한 연구가 완료된 발전소에 대해서만 표준 운영기술지침서 양식을 적용하고 설정치에 대한 연구가 안된 발전소에 대해서는 기존 운영기술지침서의 양식을 따르도록 하고 있다. 고리 2호기에 대해서는 설정치 연구가 완료되지 않았으므로 기존 운영기술지침서의 양식을 따라 전환하였다. 그리고 3.8절의 디젤발전기 관련 항목의 경우, 디젤 발전기 신뢰도 프로그램을 수행중인 발전소에 대해 표준 운영기술지침서의 양식을 적용하도록 하였다. 고리 2호기의 경우 디젤 신뢰도 프로그램 관련 항목 이외의 항목은 가능한한 표준운영기술지침서 양식에 따라 전환하였다.

기존 운영기술지침서의 경우, 기술배경이 운영기술지침서 중간 중간에 섞여 있었으나, 개선 운영기술지침서에서는 기술배경서가 별도의 문서로 분리되었다. 또한 기술배경서 내용이 대폭 보강되었다. 과거의 기술배경이 LCO에 세부 항목 구분이 없이 기술되어 있었으나, 개선 운영기술지침서 기술배경서는 각 LCO 별로 “배경, 안전해석 적용, 운전제한조건, 적용, 불만족시 조치, 점검요구사항, 참고자료”의 세부 항목으로 나누어 기술되어 있다. 기술배경서는 안전제한치와 운전제한조건이 기술된 제1편 2.0절 및 3.0절 부분에 대해서만 작성하였다.

표 3 운영기술지침서 목차 비교

기존운영기술지침서(CTS)	개선운영기술지침서(ITS)
<p>16.1.0 Definition</p> <p>16.2.0 Safety Limits & LSSS 2.1 Safety Limits <u>2.2 LSSS</u></p> <p>16.3/4 LCO & SR 3/4.1 Reactivity Control Systems 3/4.2 Power Distribution Limits 3/4.3 Instrumentations 3/4.4 Reactor Coolant Systems 3/4.5 Emergency Core Cooling Systems 3/4.6 Containment Systems 3/4.7 Plant Systems 3/4.8 Electrical Systems 3/4.9 Refueling Operations <u>3/4.10 Special Test Exceptions</u> <u>3/4.11 Radioactive Effluents</u> <u>3/4.12 Environmental Monitoring</u></p> <p>16.5.0 Design Features 5.1 Site 5.3 Reactor Core 5.6 Fuel Storage</p> <p>16.6.0 Administrative Controls</p> <p>제2장 원자로 시설의 운전 제1절 운전 및 관리에 관한 조직 및 기능 제6절 비상시 운전원 조치사항 제7절 보고</p> <p>제3장 원자로시설의 보전 제2절 관리구역등의 설정과 출입제한 제3절 원자로시설의 순시점검 및 조치</p> <p>제4장 사업소내에서 방사성물질의 취급, 운반, 저장 및 폐기</p> <p>제5장 원자로시설로부터의 환경보전</p> <p>B.3/4 Bases</p>	<p>- 제1편 원자로시설의 운전-</p> <p>1.0 사용 및 적용 1.1 용어의 정의 1.2 논리연결자 1.3 제한시간 1.4 점검주기</p> <p>2.0 안전제한치 2.1 안전제한치 2.2 안전제한치 위반</p> <p>3.0 운전제한조건 및 점검요구사항 3.1 반응도제어계통 3.2 출력분포제한 3.3 계측설비 3.4 원자로냉각재계통 3.5 비상노심냉각계통 3.6 격납건물계통 3.7 발전소계통 3.8 전력계통 3.9 연료재장전 운전</p> <p>4.0 설계특성 4.1 부지 4.2 원자로 노심 4.3 핵연료 저장</p> <p>- 제2편 원자로시설의 방사선 및 환경관리-</p> <p>1.0 방사선 방호 2.0 방사성물질등의 관리 3.0 원자로시설로부터의 환경보전</p> <p>- 제3편 원자로시설의 운영관리 -</p> <p>1.0 조직 및 기능 2.0 원자로시설의 순시점검 3.0 비상시 운전원 조치사항 <u>4.0 계획서 및 지침서</u> 5.0 보고요구사항</p> <p>기술배경</p>

2.5 주요 개선 사항

표준 운영기술지침서 도입시 주요 개선 사항은 크게 사용자 편리성 측면과 기술적인 측면 두가지로 나눌 수 있다.

2.5.1 사용자 편리성 측면

기존 운영기술지침서와 비교하여 표준 운영기술지침서는 운전원이 보기 편하고 뜻을 명확히 파악할 수 있도록 여러 가지 사항이 개선되었다. 사용자 편의성 재고 및 인간공학적 요소 반영으로 운전제한조건 해석 단계에서 운전원의 오류를 방지하여 발전소 안전운전에 도움을 준다.

2.5.1.1 번호 체계 개선

절제목, 계통제목 등 다단계로 붙이던 운전제한조건 및 점검요구사항 번호 체계를 단순화시켜 사용자가 쉽게 찾아볼 수 있도록 개선하였다. 모든 운전제한조건은 제1편 3장에 기술되어 있으므로 3.1절부터 3.9절까지 구분되어 있으므로 운전제한조건 번호는 3.X.X형태가 된다. 예는 다음과 표 4와 같다.

표 4 번호체계비교

항목	CTS	ITS
절제목	3/4.4	3.4
중간제목	3/4.4.1	-
운전제한조건	3.4.1.1.2	3.4.5
점검요구사항	4.4.1.1.2.3	점검요구사항 3.4.5.1

2.5.1.2 표 형식 채택

기존 운영기술지침서에 서술형으로 기술되어 있던 불만족시 조치 및 점검요구사항을 도표 형식으로 기술하여 사용자가 보기 편리하게 개선되었다. 불만족시 조치 표는 3열로 구성되어 있으며, 1열에 발전소/계통 상태(불만족 상태), 2열에 조치사항, 3열에 제한시간을 기술한다. 점검요구사항도 점검내용과 점검주기를 보기 편리하게 표 형태로 배치하였다.

<기존 운영기술지침서 불만족시 조치의 예>

With less than the above required Reactor Coolant loops in operation, be in at least HOT STANDBY within 6 hours.

<개선 운영기술지침서 불만족시 조치의 예>

불만족시 조치

불만족상태	조치요구사항	제한시간
1. 운전제한조건의 요구사항을 불만족할 때	1.1 운전모드 3으로 간다.	6시간

2.5.1.3 논리 연결자 사용

불만족시 조치 부분에 논리 연결자(... 그리고 ... , ... 또는 ...)를 사용하였다. 논리 연결자에 대한 설명은 제1편 1.0 “사용 및 적용” 부분에 기술되어 있다. 기존 운영기술지침서 내용중 “and” 또는 “or” 등으로 연결된 긴 문장의 경우 특정 불만족 상태에서 어떤 조치사항을 수행해야 하는지 판단하기 위하여 문장을 여러번 되풀이해서 읽어보아야 하는 경우가 있었으나, 표준 운영기술지침서는 논리 연결자(그리고, 또는 이라는 예약어와 들여쓰기)를 사용하여 필요한 조치사항을 보다 쉽게 파악할 수 있다.

<논리 연결자 사용의 예>

불만족시 조치

불만족상태	조치요구사항	제한시간
1. 운전제한조건이 불만족할 때	<p>1.1 ...을 트립시킨다.</p> <p>또는</p> <p>1.2.1 ...을 확인한다.</p> <p>그리고</p> <p>1.2.2.1 ...을 감소시킨다.</p> <p>또는</p> <p>1.2.2.2 ...을 수행한다.</p> <p>또는</p> <p>1.3 ...을 정렬한다.</p>	

2.5.1.4 핵심 단어의 고딕체 표기

제 1편 1.0 “사용 및 적용” 부분에 정의된 단어 및 설정치 등 핵심 단어를 견고딕체로 표시하여 눈에 잘 들어오도록 개선하였다.

2.5.1.6 단위 표시 개선

각종 단위(길이, 온도, 압력 등)를 발전소 계기 단위와 SI 단위로 병행 표시하였다. 발전소 계기의 실제 사용하는 단위를 사용하는 것을 원칙으로 하였으며, 이 단위가 SI 단위가 아닐 경우 괄호 속에 SI 단위로 환산한 값을 표시하였다. 또한, 저장조 수위 등은 % 단위를 추가로 표시하여 사용자의 편의를 도모하였다.

2.5.1.7 운전제한조건의 한글화

영문으로 작성된 FSAR 16장의 운전제한조건을 개선 운영기술지침서로 전환하면서 한글화하였다. 과거에도 참고용으로 한글판 운전제한조건(기술지침서)이 있었으나, 규제기관에 인허가 받은 운전제한조건은 영문으로 작성된 운전제한조건이다. 운전제한조건을 한글화하여 사용자는 좀 더 편리하게 사용할 수 있게 되었다.

2.5.2 기술적인 측면

기존 운영기술지침서와 비교하여 표준 운영기술지침서는 운전제한조건 선정기준을 도입하고 기술배경을 대폭 강화하는 등 여러 가지 사항이 개선되었다.

2.5.2.1 운전제한조건 선정기준 확립

과거에는 운전제한조건에 대한 명확한 요건이 없어 기술지침서 내용이 규제기관 담당자와 전력사업자의 협의 내용에 따라 추가/삭제되는 현상이 발생하였다. 규제기관은 더욱 많은 운전제한조건을 추가하여 규제를 강화하려하고, 전력사업자는 가능한한 운전제한조건을 줄여 운전편의를 도모하고자 하여 서로 마찰의 소지가 많았다. 표준 운영기술지침서 도입으로 운전제한조건 선정에 대한 명확한 기준이 도입되었다. 기준 확립을 통해 규제기관과 전력사업자의 마찰을 줄이고 안전에 중요한 항목만을 운전제한조건으로 선정하여 중점 관리함으로써 안전성 확보에 도움을 준다.

2.5.2.2 중복된 규제요건 및 불필요한 운전제한조건 삭제

운전제한조건 선정기준 확립 전에 설정된 2호기의 운전제한조건을 재평가하여 중복된 규제요건 및 불필요한 운전제한조건을 삭제하였다. 기존 운영기술지침서와 대비하여 총 35%의 운전제한조건이 감소하였다.

2.5.2.3 기술배경의 강화

기존 운영기술지침서에는 기술배경이 아주 간단하게 기술되어 있다. 표준 운영기술지침서를 도입하면서 기술배경이 크게 강화되었다. 기술배경서가 운영기술지침서에서 분리되어 별도의 바인더로 처리되었다. 기술배경서는 운영기술지침서의 내용중 운전제한조건 부분에 대하여 작성하였다. 기술배경은 운전제한조건 별로 운전제한조건의 선정사유, 적용방법, 관련된 안전해석 항목 및 기타 기술배경을 상세하게 기술하였다. 상세한 기술배경 설명으로 사용자의 이해를 도와 발전소 안전 운전에 기여한다.

2.5.2.4 제한시간 및 점검주기의 최적화

기술적인 근거 확보과 가능한 범위에서 제한시간 및 점검주기를 완화하였다. 주요 개선 사항은 NRC가 발간한 GL93-05의 운전중 검사요건 완화 항목의 반영이다. 미국 NRC가 발간한 GL93-05 “Line-Item Technical Specification Improvements to Reduce Surveillance Requirements”는 점검주기 개선에 관한 연구보고서인 NUREG-1366 “Improvements to Technical Specifications Surveillance Requirements”의 결과를 정리한 보고서이다. 이는 기기의 잦은 시험이 기기의 마모 및 노후화로 이어져 발전소 안전에 오히려 해가 될 수 있다는 것을 인식하여 수행된 과제이다. NRC가 제시한 완화 방안중 국내에 반영되지 않은 부분을 가능한 범위에 반영하였다.

3. 결 론

1999년 12월 고리 원자력 본부의 요청에 의하여 착수된 본 과제는 고리 원자력 제 2호기의 기존 운영기술지침서를 표준운영기술지침서에 근거하여 개선운영기술지침서로 전환하는 것이다.

개선운영기술지침서로 전환한 결과, 삭제, 통합 또는 재배치의 방법을 사용하여 기존운영기술지침서의 운전제한조건 131개중에서 60개를 감소시켰으며, 신규로 14개의 운전제한조건을 신설하였다. 결과적으로 기존운영기술지침서와 대비하여 약 35%가 감소한 85개의 운전제한조건만을 개선 운영기술지침서에 서술하였다.

고리 2호기의 개선운영기술지침서를 개발하여 과도하고 불필요하게 적용한 규제 사항을 삭제 또는 완화하였다. 그렇게 함으로서 사업자의 인허가 사항의 부담을 경감시킴은 물론, 규제기관의 요구사항도 충족시킴으로서 안전하고 안정적인 전원을 공급하는데 기여할 것이다.

참 고 문 헌

1. 한전기술-0005, 가압경수로(WH형) 표준운영기술지침서, 한국전력공사, 2000
2. 고리 2호기 운영기술지침서, 한국전력공사
3. 고리 2호기 최종안전성분석보고서, 한국전력공사
4. NUREG-1431, Standard Technical Specifications Westinghouse Plants, USNRC
5. GL93-05, "Line-Item Technical Specification Improvements to Reduce Surveillance Requirements", 1993
6. NUREG-1366, Improvement to Technical Specifications Surveillance Requirements, 1992