

KEPIC 가이드

원전 가동중시험(MO)

김 안 섭

대한전기협회 전력기준처 전력기준개발실 부장

1. 제정방향

국가 원자력연구개발 중·장기 계획의 일환으로 전력 산업기술기준의 개발을 추진, 우리 나라 전력산업 기술 기준을 확보함으로써 개방화에 대비 국내 산업의 기술능력을 배양하고, 국제경쟁력을 확보케 하여 국내 산업을 보호 육성하고자 하였다. 전력기준 개발 1단계사업에서는 “원전산업 기술기준 제정 기초조사”에서 가압경수로형 원자로 건설 및 운영에 필요한 기술기준을 선별하여 개발계획을 수립하였고, 2단계사업('92.1~'95.11)에서는 활용도가 높아 우선 개발이 필요한 기준은 개발하였다.

그런데 활용도가 높은 기술기준 항목중 추후개발로 분류되었던 기술기준 개발을 위해 전력기준위원회에서는 3단계 전력기준 개발 사업으로 확정('95.9)하였다. 따라서 3단계사업의 일환으로 원자로시설의 주요 펌프 및 밸브, 압력방출장치, 방진기, 냉각계통, 배관 진동, PORV, 디젤구동장치의 안전기능 수행능력을 확인하기 위한 가동중시험에 관한 기술기준을 제정하게 되었다.

2. 제정방향

원전가동중시험은 원자력법 시행령 제107조의2(원자로 시설의 가동중 점검 및 시험) 규정에서 요구하는 주요 펌프, 밸브(및 구조물)의 시간경과에 따른 취약화 정도를 감시, 평가하기 위하여 과학기술부 고시 제98-15호에 따라 ASME OM Code를 적용하여 시험하도록 되어 있다.

따라서, 원전가동중시험 기술기준(KEPIC-MO)은 ASME OM Code ('95년도판 및 '96, '97년도 추록)를 도입하여 현재까지 산업계 적용의 일관성을 기하고, 사용자의 혼선을 최소화하기 위하여 ASME OM Code의 구성체계를 따라 2000년판을 작성하였다. 또 지속적 유지관리를 위하여 2001년부터 ASME OM Code의 개정사항을 반영하여 매년 추록을 발행하고 있다.

3. 구성체계

원전 가동중시험 기술기준은 ASME OM Code, Standards & Guides를 참조하여 작성하였는바, 일반

〈표 1〉 구성체계

구 분	KEPIC - MO	ASME OM
일반요건	MOA 일반요건	ISTA
	MOB 펌프 가동중시험	ISTB
시험요건	MOC 밸브 가동중시험	ISTC
	MOD 압력방출장치 가동중시험	Appendix I
	MOE 방진기 가동중시험	ISTD
	MOF 냉각계통 성능시험	OM-2
	MOG 배관 진동시험	OM-3
	MOH 동력구동 압력방출밸브 성능시험	OM-13
	MOI 디젤 구동장치 가동중시험	OM-16
	MON 적용사례	OMN

요건인 MOA는 ISTA를 우리 실정에 맞도록 수정 작성하였고, MOB, ……., MON은 다음 표 1의 체계를 그대로 수용하여 번안을 하였다.

4. 기술기준 주요내용

가. 원전 가동중시험 기술기준의 주요내용

(1) 일반요건(MOA)

일반요건 기술기준(MOA)에는 원자력발전소 기기들의 가동전 시험(PST) 및 점검(Examinations), 가동중 시험(IST) 및 점검 요건을 기술하였다. 이 기술기준은 안전기능 즉 원자로 안전정지 및 안전정지 상태유지, 사고결과 완화에 필요한 기능을 수행하는 펌프 및 밸브, 안전기능을 수행하는 계통을 보호하는 압력방출장치 및 방진기 등의 가동중시험에 적용한다.

(2) 펌프 가동중시험(MOB)

펌프 가동중시험 기술기준(MOB)은 원자력발전소에 사용된 원심펌프 및 왕복펌프의 안전기능 수행능력을 평가하기 위한 가동전시험(PST) 및 가동중시험(IST) 요건을 기술하였다. 이 기술기준을 적용하는 펌프는 안전기능 즉 원자로 안전정지 및 안전정지 상태유지, 사고결과

완화 기능을 수행하며, 비상전원공급계통에서 전력을 공급받는 펌프가 해당된다.

이 기술기준은 운전편의상 전력을 비상전원 공급계통에서 공급받는 펌프나, 펌프의 구동기에는 적용하지 않는다.

이 기술기준을 적용하는 펌프는 아래와 같이 군을 분류하여 적용한다.

- A군 펌프 : 정상운전, 저온정지 또는 연료 재장전시 연속적이거나 일상적으로 운전하는 펌프
- B군 펌프 : 시험때 외에는 일상적으로 운전하지 않는 운전대기계통의 펌프

(3) 밸브 가동중시험(MOC)

밸브 가동중시험 기술기준(MOC)은 원자력발전소에 사용된 특정밸브와 압력방출장치의 안전기능 수행능력을 평가하기 위한 가동전시험(PST) 및 가동중시험(IST) 요건을 기술하였다. 이 기술기준을 적용하는 밸브는 안전기능, 즉 원자로 안전정지 및 안전정지 상태유지, 사고결과 완화에 필요한 기능을 수행하는 능동 및 수동밸브가 포함되며, 압력방출장치는 안전계통 과압보호밸브가 해당된다.

이 기술기준은 안전기능 수행에 필요 없는 밸브, 즉 운전편의나 계통제어 만을 위해 사용되는 밸브, 보수 목적으로만 사용되는 밸브에는 적용하지 않는다.

이 기술기준을 적용하는 밸브는 아래와 같은 범주로 구분하여 적용한다.

- 범주 A : 안전기능을 수행하기 위해 닫힘 상태에 있을 때 시트 누설이 제한되는 밸브
- 범주 B : 닫힘 위치에서 시트 누설이 안전기능 수행에 중요한 영향을 미치지 않는 밸브
- 범주 C : 안전기능을 수행하기 위해 압력, 유동 방향 등 계통 특성에 의해 동작하는 밸브
- 범주 D : 파열판과 같이 어떤 에너지원에 의해 구동

되며, 단 한번 운전가능한 밸브

※ ASME OM ISTC 4.6 폭발동작밸브(Explosively Actuated Valve)는 현재 국내 원자력발전소에서는 사용되지 않으며, 앞으로도 사용되지 않을 것으로 판단되어 포함시키지 않았음.

(4) 압력방출장치 가동중시험(MOD)

압력방출장치 가동중시험 기술기준(MOD)은 원자력발전소의 압력방출장치의 가동전 및 가동중시험 요건을 기술한 것이며, 적용대상은 원자력발전소에서 원자로를 안전 정지시키거나 사고의 결과를 완화시키는 기능을 수행하는 계통을 보호하기 위하여 필요한 압력방출 장치이다.

압력방출밸브는 제작자, 형식, 계통 적용 및 사용유체 등이 같은 밸브들을 동일군으로 분류하여 정해진 기간중 일정부분 이상을 시험하여야 한다.

(5) 방진기 가동중시험(MOE)

방진기 가동중시험 기술기준(MOE)은 원자력발전소의 방진기에 관한 가동전 및 가동중점검 및 시험 요건을 기술하였다. 적용대상 방진기는 원자로 안전정지 및 안전 정지 상태유지, 사고결과 완화기능을 수행하는 계통에 사용되는 것들이다.

이 기술기준은 가동전·중 점검과 가동전·중 시험으로 구분하였다.

가동전·중 점검은 비파괴검사인 육안검사를 시행하는 것으로 원전 가동중검사(MI)와의 혼동방지 및 명확한 구분을 위해(육안) 검사하는 행위이지만 “점검”이란 용어를 사용하였다.

(6) 냉각계통 성능시험(MOF)

냉각계통 성능시험 기술기준(MOF)은 원자력발전소 냉각수계통의 계통 성능 및 기능 시험에 관한 요건을 기술하였다. 적용대상은 원자력발전소에서 원자로를 안전

정지시키거나 사고의 결과를 완화시키는 기능을 수행하는데 필요한 냉각수계통으로 분류된 계통이다.

이 기술기준은 발전사업자의 재량으로 다른 냉각계통에도 적용할 수 있다.

(7) 배관 진동시험(MOG)

배관진동시험 기술기준(MOG)은 원자력발전소 배관 계통의 가동전 및 초기 가동기간 동안의 진동평가 요건을 기술하였다. 적용대상은 원자력발전소에서 원자로를 안전 정지시키거나 사고의 결과를 완화시키는 기능을 수행하는 설계기준 및 등급규정에 따라 안전등급으로 분류된 계통이다.

(8) 동력구동 압력방출밸브 성능시험(MOH)

동력구동 압력방출밸브 성능시험 기술기준(MOH)은 원자력발전소에 사용된 동력구동 압력방출밸브의 안전기능 수행능력을 평가하기 위한 가동전시험(PST) 및 가동중시험(IST) 요건을 기술하였다. 밸브의 오동작 가능성에 근거하여 동력구동 압력방출밸브의 주기적 성능시험 및 감시요건을 설정하였다.

(9) 디젤 구동장치 가동중시험(MOI)

디젤 구동장치 가동중시험 기술기준(MOI)은 원자력발전소 디젤엔진 구동장치의 가동중시험 및 보수에 관한 요건을 기술하였다. 적용대상은 원자력발전소에서 원자로를 안전 정지시키거나 사고의 결과를 완화시키는 기능을 수행하는데 필요한 디젤엔진 구동장치이다.

5. 참조 기술기준

원전 가동중시험 기술기준(KEPIC-MO)의 항목별 인용 기술기준은 표 2와 같다.

〈표 2〉 항목별 참조기술기준

원전 가동중시험 기술기준		참조 기술기준(ASME OM)	
MOA	일반요건	ISTA	General Requirements
MOA 1000	범위 및 책임	ISTA 1	Scope and Responsibility
MOA 2000	시험 및 검사	ISTA 2	Testing, Examination and Inspection
MOA 3000	기록	ISTA 3	Records
부록 A	시험계획서 작성	App. A	Preparation of Test Plan
MOB	펌프 가동중시험	ISTB	Inservice Testing of Pumps in Light-Water Reactor Power Plants
MOB 1000	일반사항	ISTB 1	Instruction
MOB 2000	기준자료	ISTB 2	Reference Information
MOB 3000	설계요건	ISTB 3	Design Requirements
MOB 4000	시험요건	ISTB 4	Testing Requirements
MOB 5000	시험방법	ISTB 5	Testing Methods
MOB 6000	분석 및 평가	ISTB 6	Analyses and Evaluation
MOB 7000	기록 및 보고	ISTB 7	Records and Reports
MOC	밸브 가동중시험	ISTC	Inservice Testing of Valves in Light Water Reactor Power Plants
MOC 1000	일반사항	ISTC 1	Instruction
MOC 2000	발전사업자 책임	ISTC 2	Owner's Responsibility
MOC 3000	시험요건	ISTC 3	Testing Requirements
MOC 4000	시험방법	ISTC 4	Testing Methods
MOC 5000	허용기준 및 시정조치	ISTC 5	Acceptance Criteria and Corrective Action
MOC 6000	기록 및 보고	ISTC 6	Records and Reports
부록 I	체크밸브 상태감시 프로그램	App. II	C/V Condition Monitoring Program
부록 A	체크밸브 재조립 후 시험	App. J	C/V Testing following Valve Reassembly
적용사례 MON-1	원자력발전소 전동밸브 집합체의 가동전 및 가동중시험에 대한 대체규정	Code Case OMN-1	Alternative Rules for PST, IST of MOV
MOD	압력방출장치 가동중시험	App. I	Inservice Testing of Pressure Relief Devices in Light-Water Reactor Power Plants
MOD 1000	일반사항	I 1	General requirements
MOD 2000	압력방출장치시험	I 7	Pressure Relief Device Testing
MOD 3000	시험방법	I 8	Test Method
MOD 4000	기록 및 보관	I 9	Record and Record Keeping
MOE	방진기 가동중시험	ISTD	Inservice Testing of Dynamic Restraints(Snubbers) in Light-Water Reactor Power Plants
MOE 1000	일반사항	ISTD 1	Applicability, Administrative, and General
MOE 2000	일반 비파괴검사요건	ISTD 2	General Exam. Requirements
MOE 3000	일반 시험요건	ISTD 3	General Testing Requirements
MOE 4000	가동전 비파괴검사	ISTD 4	Preservice Examination
MOE 5000	가동전시험	ISTD 5	Preservice Operability Testing
MOE 6000	가동중 비파괴검사	ISTD 6	Inservice Examination
MOE 7000	가동중 성능시험	ISTD 7	Inservice Operational Readiness Testing
MOE 8000	사용수명 감시	ISTD 8	Service Life Monitoring
부록 A	방진기 비파괴검사 항목	App. B	Dynamic Restraint Exam. Checklist
부록 B	방진기 설계 및 운전자료	App. C	Dynamic Restraint Design and Operating Information
부록 C	가동중시험 표본계획 비교	App. D	Comparison of Sampling Plans for Inservice Testing of Dyn. Rest.
부록 D	방진기 시험계획 흐름도	App. E	Flowchart for 10% and 37 Snubber Testing Plans Snubbers Service Life Monitoring Method
부록 E	방진기 사용수명 감시방법	App. F	Application of Table ISTD 6.5.2-1
부록 F	방진기 육안검사 적용	App. G	Snubber Visual Examination
부록 G	시험 변수 및 방법	App. H	Test Parameters and Methods

원전 가동중시험 기술기준		참조 기술기준(ASME OM)	
MOF	냉각계통 성능시험	OM-2	Requirements for Performance Testing of Nuclear Power Plant Closed Cooling Water Systems
MOF 1000	적용범위	1.	Scope
MOF 2000	계통 일반사항	2.	General System Description
MOF 3000	가동중시험 요건	3.	Preoperational Test Requirements
MOF 4000	주기시험 및 검사	4.	Surveillance Testing and Inspection
부록 A	대표적인 계통설계 자료	App. A	Typical System Design Information
부록 B	시진시험 및 발전소 상태	App. B	Guidance for Prerequisite Tests and Station Configuration
부록 C	표본 자료표	App. C	Sample Data Sheets
부록 D	계통 열화분석지침	App. D	Guidance for Analyzing System Degradation
MOG	배관 진동시험	OM-3	Requirements for Preoperational and Initial Start-Up Vibration Testing of Nuclear Power Plant Piping Systems
MOG 1000	일반사항	1.	Scope
MOG 1100	적용범위	2.	Terminology
MOG 1200	용어정의	3.	General Requirements
MOG 2000	일반요건	4.	Visual Inspection Method
MOG 3000	육안검사	5.	Simplified Method for Qualifying Piping Systems
MOG 4000	배관계통 인증을 위한 간이 방법	6.	Rigorous Verification Method for Steady-State and Transient Vibration
MOG 5000	정상 및 과도상태 진동을 위한 엄격한 확인 방법	7.	Instrumentation and Vibration Measurement Requirements
MOG 6000	계기설치 및 진동측정 요건	8.	Corrective Action
MOG 7000	시정조치	App. A	Instrumentation and Measurement Guidelines
부록 A	계측설비 및 측정 지침서	App. B	Analysis Methods
부록 B	해석방법	App. C	Test/Analysis Correlation Methods
부록 C	시험/해석 상관법	App. D	Velocity Criterion
부록 D	속도기준	App. E	Excitation Mechanism, Responses, and Corrective Actions
부록 E	여자기구, 응답 및 시정조치	App. F	Flow Charts
부록 F	흐름도		
MOH	동력구동 압력방출밸브 성능시험	OM-13	Requirements for Periodic Performance Testing and Monitoring of Power Operated Relief Valve Assemblies
MOH 1000	일반사항	1.	Introduction
MOH 2000	용어정의	2.	Terminology
MOH 3000	참조요건	3.	References
MOH 4000	시험요건	4.	Test Requirements
MOH 5000	시험방법	5.	Test Methods
MOH 6000	허용기준	6.	Acceptance Criteria
MOH 7000	유지보수	7.	Maintenance
부록 A	제어계측기기 및 계통에 대한 시험	App. A	Testing of Instrumentation and Control Components and Systems Guideline for Typical PORV Assembly
부록 B	검사항목, 방법 및 허용기준 지침	App. B	Inspection Items, Methods, and Acceptance Criteria
MOI	디젤 구동장치 가동중시험	OM-16	Inservice Testing and Maintenance of Diesel Drives in Nuclear Power Plants
MOI 1000	일반사항	1.	Introduction
MOI 2000	가동전 및 주요 보수 후 설정	2.	Preoperational and Post Major Maintenance Setup
MOI 3000	기준 설정시험	3.	Baseline Testing
MOI 4000	가동중시험	4.	Inservice Testing
MOI 5000	엔진가동 데이터 및 기록	5.	Engine Operating Data and Records
부록 A	해당계통	App. A	Systems Included in This Part
부록 B	가동중시험	App. B	Preoperational Tests
부록 C	가동전/가동 시험 데이터	App. C	Preoperational/Start-Up Test Data
부록 D	기능/가동중 시험 데이터	App. D	Functional/Inservice Test Data
부록 E	운전데이터 경향분석 예	App. E	Data Trending Examples