



전력설비기술기준

# KEPIC 가이드

## 원전 가동중 검사

1. 품질보증
2. 원자력 기계
3. 일반기계
4. 재료
5. 비파괴검사 및 용접
<b>6. 원전가동중검사</b>
7. 원자력전기
8. 계측 및 제어기기
9. 전기기기 및 전선용품
10. 원자력구조
11. 일반구조 및 구조총칙
12. 화재예방

황 규 민  
전기협회 기술기준실 부장

### I. 개 요

가동중검사 기술기준(KEPIC-MI : Korea Electric Power Industry Code-Mechanical Inservice Inspection의 첫 글자를 합성한 약어)은 운전중 원전의 안전성 확보라는 목적을 달성하기 위해 개발된 기술기준으로서 이 분야에서 선도적 역할을 담당하고 있는 ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section XI을 모태로 한 것이다.

우리나라에서 건설, 운전중인 원자력발전소는 가압경수로형(PWR)과 가압중수로형인 CANDU형으로 구분된다. 가압경수로형 원전의 경우 올진 1, 2호기를 제외하고는 미국의 기술을 도입한 것이나 가동중 검사에 있어서는 모두 ASME Sec.XI을 적용하고 있고, 캐나다의 기술을 도입한 CANDU형 원전은 CSA N285.4를 적용하고 있다. KEPIC의 가동중검사 기술기준은 국내 원전의 주종이고 원전 표준화 및 차세대 원자로형인 가압경수로형 원전의 가동중검사 기술기준으로서 참조 외국기술기준은 ASME Sec. XI의 Division 1(경수로), Division 2(고온가스 냉각로) 및 Division 3(액체금속 냉각로) 기술기준 중, Division 1(경수로)을 개발범위로 하였다.



## 2. 개발방향

가동중검사 기술기준은 ASME Section XI, Division 1을 근간으로 하여 기술적 사항은 그대로 준용하여 번안하고 일부 품질보증 및 행정측면의 제도적 사항은 가동중검사 수행체계, 국내 관련 법규 등 국내실정을 반영하였다. 예를 들면 가동중검사 품질보증계획은 ASME NQA-1 대신에 기술기준 개발 사업을 통해 제정한 품질보증기준인 "원자력 품질보증(KEPIC-QAP)"에 따라 수립하도록 규정한 것과 가동

중검사 계획은 우리나라의 경우 검사계획 B만 채택하고 있으므로 검사계획 A는 삭제한 것 등이다.

또한 ASME Section XI, Division 1은 경수로형 원전의 가동중검사 기술기준으로 가압경수로형(PWR) 및 비등경수로형(BWR) 모두에 적용되는 것이나 비등경수로형과 관련된 요건은 국내 원전의 가동중검사와는 무관한 사항이므로 비등경수로형과 관련한 요건을 제외하였다. 그리고 펌프와 밸브의 작동성 및 기능시험과 관련한 가동중시험 요건인 ASME Section XI, Division의 Subsection IWP 및

〈표 1〉 가동중검사 관련 주요 요건 비교

구 분	과거저고서 95-1호	ASME XI Div.1	KEPIC-MI	비 고
범 위	<ul style="list-style-type: none"> <li>원자로시설이 용기, 배관, 주요 펌프 및 밸브와 구조물의 가동중검사 및 가동중시험 (국내 PWR 및 PHWR 원전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PWR 및 BWR 원전의 가동중검사 및 가동중시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PWR 원전의 가동중 검사</li> </ul>	
검사계획 (검사주기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>매 10년 단위로 실시 (ASME XI 검사 계획 B)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검사계획 A                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1차 : 상업운전후 3년</li> <li>2차 : 1차 검사후 7년</li> <li>3차 : 2차 검사후 13년</li> <li>4차 : 3차 검사후 17년</li> </ul> </li> <li>검사계획 B                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1차 : 상업운전후 10년</li> <li>2차 : 매 10년 주기</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검사계획 B만 채택                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1차 : 상업운전후 10년</li> <li>2차 : 매 10년 주기</li> </ul> </li> </ul>	
가동중검사 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>검사원, 용접기술자의 자격, 비파괴검사의 방법 및 평가, 기록에 대한 기준                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-PWR : ASME XI, Div.1</li> <li>-PHWR : CSA N285.4</li> </ul> </li> <li>RC Pump 건전성, Tendon 검사, 세관검사, ASME XI Code Case의 적용 등                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Reg. Guide 1.14, 1.35, 1.58, 1.65, 1.83, 1.90, 1.147, 1.150</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASME Class 1,2,3 MC 및 CC기기와 그 지지물에 대한 가동중검사요건(IWA, IWB, IWC, IWD, IWE, IWF, IWL)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-비파괴검사</li> <li>-수압시험</li> <li>-가동중 공인검사</li> <li>-보수, 교체 등</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASME XI Div.1의 요건을 번안(단, 제도 및 행정관리 요건은 국내 실정을 반영하고, BWR 관련요건은 제외함.)</li> </ul>	



구 분	과기처고시 95-1호	ASME XI Div.1	KEPIC-MI	비 고
가동중시험 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 펌프 -ASME XI('86 ed) Div.1, IWP 또는 ASME OM ISTB 적용</li> <li>• 밸브 -ASME XI('86 ed) Div.1, IWV 또는 ASME OM ISTC 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 펌프(IWP) ASME/ANSI OM Part 6 준용토록 규정</li> <li>• 밸브(IWV) ASME/ANSI OM Part 10 준용토록 규정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASME XI Div.1의 IWP 및 IWV는 가동중검사 기술기준 (KEPIC-MI) 범위에서 제외함.</li> </ul>	기술기준 개발 3단계사업에서 개발 예정
품질보증		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 CFR 50 App.B 및 ASME NQA-1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자력 품질보증기준 (KEPIC-QAP)</li> </ul>	
공인검사		<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASME N626</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공인검사기준(KEPIC-QAI)</li> </ul>	

IWV는 ASME에서 ASME O & M Code ISTB 및 ISTC로 하여 별도로 Code화하였고, 과기처 고시 제 1995-1호 “원자로시설의 가동중검사 및 가동중시험에 관한 규정”에서도 가동중검사와 가동중시험은 구분하여 수행하도록 규정하고 있다. 따라서 가동중검사 기술기준의 개발에 있어서는 가동중시험에 대한 사항은 배제하고 다음 단계에서 개발하는 것으로 하였다. 이와 같은 개발방향에 입각한 가동중검사 기술기준과 참조 기술기준인 ASME Section XI, Division 1 및 법규상의 규정인 과기처 고시 95-1호의 주요가동중검사 관련 요건을 비교하면 표 1과 같다.

### 3. 적용범위

원전은 고온, 고압하에서 운전이 이루어지고 특히 원자로 계통은 방사성물질을 담고 있기 때문에 구조적 안전성이 매우 중요하며, 가동중에 발생하는 여러 유형의 응력에 의해 결함이 발생하거나 성장하므로 이를 검사를 통해 조속히 발견하고 적절히 보수하거나 관련 기기를 교체하지 않으면 안 된다. 가동중검사 기술기준은 이와 같은 측면에서 원전의 전 수명기간을 통해 기기와 구조물의 건전성을 지속적으로 보증하기 위한 방법을 규정하는 것으로 원자로, 증기발생기, 가압기 등 압력기기, 배관, 펌프, 밸브 및 이들의 지지물과

콘크리트 격납용기 등 원자력기계 기술기준(KEPIC-MN)과 원자력 토목구조 기술기준(KEPIC-SNB)을 적용하는 원자력 안전성과 관련된 모든 기기와 지지물에 적용한다.

### 4. ASME Code와의 관계

가동중검사 기술기준은 ASME Section XI, Division 1의 구성체계를 그대로 따랐으며, 기술기준 항목도 ASME

〈표 2.〉 KEPIC-MIA와 ASME Sec.XI Div.1 Subsec.IWA의 대응표

KEPIC-MIA	ASME Sec.XI Div.1
MIA 1000 범위 및 책임	IWA 1000 Scope and Responsibility
MIA 2000 비파괴검사 및 가동중 공인검사	IWA 2000 Examination and Inspection
MIA 3000 비파괴검사 평가기준	IWA 3000 Evaluation Standards for Examination
MIA 4000 보수 및 교체	IWA 4000 Repair and Replacement
MIA 5000 계통압력시험	IWA 5000 System Pressure Test
MIA 6000 기록 및 보고서	IWA 6000 Records and Reports
MIA 7000 교체	IWA 7000 Replacement
MIA 9000 용어	IWA 9000 Glossary



Section XI과 상호 대응되도록 번호체계를 그대로 적용하였다. 그리고 기술기준 개발에 있어 참조한 ASME Code Edition 및 Addenda는 '92년 Edition을 기본으로 하여 '92년 및 '93년 Addenda를 반영하였다.

가동중검사 일반요건(MIA)은 품질보증과 행정측면의 제도적 사항은 부분적으로 우리나라의 실정을 감안하여 관련 요건을 규정하였으나 구성체계는 표 2 에서와 같이 ASME Section XI Division 1 Subsec.IWA와 동일하다.

또한 기기 등급별 가동중검사 기술기준이 MIB~MIG의 경우에 있어서도 표 3과 같이 ASME의 구성과 번호체계를 그대로 채택하였다.

〈표 3〉 KEPIC-MII와 Sec.XI Div.1의 대응표

KEPIC-MI	ASME Sec.XI Div.1
MIX 1000 범위 및 책임	IWX 1000 Scope and Responsibility
MIX 2000 비파괴검사 및 가동중 공인검사	IWX 2000 Examination and Inspection
MIX 3000 합격기준	IWX 3000 Acceptance Standards
MIX 4000 보수절차	IWX 4000 Repair Procedures
MIX 5000 계통압력시험	IWX 5000 System Pressure Test
MIX 7000 교체	IWX 7000 Replacements

## 5. 가동중검사 기술기준의 내용

### 가. 일반요건의 주요내용

#### (1) MNA 1000 범위 및 책임

ASME Section XI IWA 1000의 내용을 대부분 그대로 수용하였다.

#### (2) MNA 1320 등급분류

ASME Section XI IWA-1320에서는 NRC, Regulatory Guide 1.26의 Quality Group Classification에 따라

ASME III Class 1 기기는 IWB를, Class 2 기기는 IWC를, Class 3 기기는 IWD를 적용하도록 규정하고 있다. 그러나 우리나라의 경우는 Regulatory Guide 1.26과 같은 등급분류 규정은 제정되어지지 않고, 단지 이를 준용하고 있는 상태이다. 따라서 가동중검사 기술기준에서는 원자력기계 기술기준 MNB, 1등급 기기로 분류되는 계통에 대해서는 MIB, 2등급 기기는 MIC, 3등급 기기는 MID를 적용하는 것으로 하였다.

#### (3) MIA 1400 발전사업자의 책임

ASME Section XI IWA-4000(n)은 10 CFR 50 및 ASME NQA-1에 따른 발전사업자의 품질보증계획 문서화를 요구하고 있으나 우리나라의 경우 원자력법, 원자력법 시행령 및 시행규칙에서 이를 요구하고 있고, ASME NQA-1에 상응하는 품질보증계획에 대한 기준인 KEPIC-QAP, "원자력 품질보증"에서 이와 같은 범규 및 기준에 따른 품질보증계획을 문서화하도록 규정하였다.

#### (4) MIA 1500 접근성

가동중검사를 위해서는 설계, 제작 단계부터 접근성 확보를 고려해야 한다. Section XI의 IWA 1500은 접근성 확보요건을 규정하고는 있으나 설계 및 제작 단계에서 접근성 확보요건 반영여부를 점검하는 절차에 대해서는 별도로 규정하고 있지 않다. 또한 원전 가동중검사에 접근성 확보요건 미반영 또는 미흡으로 인해 검사일정, 원전 경제성, 방사선 피폭관리에 많은 비효율성이 제기되고 있는 실정이다. 따라서 설계, 제작자가 더욱 신중히 가동중검사 요건을 적용할 수 있고, 발전사업자는 이를 사전에 확인할 수 있도록 하는 내용을 추가하였고, 또한 검사장비의 특성을 감안하여 정확한 검사가 가능한 공간을 검사대상 부위에 확보할 것을 추가로 규정하였다. 아래의 기술기준 중 밑줄 그은 부분이 ASME Section XI과 다른 부분이다.

#### (5) MIA 1500 접근성(MIA 1500 본문 내용)

접근성 확보를 위해서 다음과 같은 사항들을 고려해야 한



다. 아래에 열거한 사항들은 공간적 차원의 접근성을 확보하기 위해 고려사항인데, 이 외에도 침전물, 부식생성물이 침적되는 기기의 표면처리, 방사화를 최소화하기 위한 기기 재료의 선정, 방사성 조사효과로부터의 차폐 등을 고려해야 한다. 설계자 또는 제작자는 아래에 열거한 접근성 확보요건의 이행여부를 점검, 확인할 수 있는 절차를 문서화하여 시행하고, 발전사업자는 이를 감독, 확인해야 한다.

- ㉠ 비파괴검사와 시험 수행에 적절한 접근 통로와 이격거리를 확보할 수 있는 기기 설계와 배치
- ㉡ 가동중 공인검사원, 비파괴검사원, 검사장비의 접근통로와 계단, 비계 등의 전용 구조물
- ㉢ 구조부착물, 방사선차폐체, 보온재 등이 제거와 일시보관을 위한 충분한 공간
- ㉣ 장비, 기기 및 기타 자재들의 제거, 분해, 보관에 필요한

(일반요건(MIA)의 항목별 참조 기술기준)

기술기준(MI)		인용기술기준(ASME XI)		비 고		
기준번호	제 목	기준번호	제 목			
MIA 1000	범위 및 책임	IWA 1000	Scope and Responsibility	가동중검사에 한정, 가동중시험은 분리하여 다음 단계에서 고려		
MIA 1100	범위	IWA 1100	Scope			
MIA 1200	원자력기계 기술기준과 가동중검사 기술기준의 적용경계	IWA 1200	Jurisdiction			
MIA 1300	적용	IWA 1300	Application			
MIA 1310	가동중검사 및 시험대상 기기	IWA 1310	Components Subject to Inspection and Testing			
MIA 1320	등급분류	IWA 1320	Classifications			
MIA 1400	발전사업자의 책임	IWA 1400	Owner's Responsibility			
MIA 1500	접근성	IWA 1500	Accessibility		설계, 제작시의 접근성 확보요건 보완	
MIA 1600	참조기준 및 규격	IWA 1600	Referenced Standards and Specifications			
MIA 2000	비파괴검사 및 가동중 공인검사	IWA 2000	Examination and Inspection			
MIA 2100	일반사항	IWA 2100	General			
MIA 2110	가동중 공인검사원의 의무	IWA 2110	Duties of the Inspector			
MIA 2120	가동중 공인검사기관, 가동중 공인검사원, 가동중 공인검사원의 자격인정	IWA 2120	Qualification of Authorized Inspection Agencies, Inspectors, and Superisors			공인검사기관, 검사원, 감독원의 자격인정기준은 KEPIC-QAI(공인검사)로 대체
MIA 2130	가동중 공인검사원의 발전소 출입	IWA 2130	Access for Inspector			
MIA 2200	비파괴검사 방법	IWA 2200	Examination Methods			
MIA 2210	육안검사	IWA 2210	Visual Examinations			
MIA 2220	표면검사	IWA 2220	Surface Examinations			
MIA 2230	체적검사	IWA 2230	Volunetric Examinations			
MIA 2240	대체검사	IWA 2240	Alternative Examinations			
MIA 2300	비파괴검사원의 자격인정	IWA 2300	Qualifications of nondestructive Nondestructive, Examination Personnel			



기술기준(MI)		인용기술기준(ASME XI)		비 고
기준번호	제 목	기준번호	제 목	
MIA 2310	일반사항	IWA 2310	General	검사계획 A와 관련한 요 건은 국내실정과 무관한 사항으로 삭제  MIA 3000~9000의 요 건은 ASME XI의 IWA 3000~9000의 내용을 수용함.
MIA 2320	자격인정시험	IWA 2320	Qualification Examinations	
MIA 2330	Level I 자격자의 책임	IWA 2330	Level I Responsibilities	
MIA 2340	Level II 자격자 학력요건	IWA 2340	Level II Education	
MIA 2350	제한인증	IWA 2350	Limited Certification	
MIA 2400	검사계획	IWA 2400	Inspection Program	
MIA 2410	기술기준 발행판 및 추가판의 적용	IWA 2410	Application of Code Edition and Addenda	
MIA 2420	검사계획 및 일정	IWA 2420	Inspection Plans and Schedules	
MIA 2430	검사 장주기	IWA 2430	Inspection Intervals	
MIA 2432	검사계획 B	IWA 2431	Inspection Program A	
		IWA 2432	Inspection Program B	
MIA 2500	비파괴검사의 범위	IWA 2440	Application of Code Case	
MIA 2600	용접기준점의 표시체계	IWA 2500	Extents of Examination	
		IWA 2600	Weld Reference System	
MIA 3000	비파괴검사 평가기준	IWA 3000	Standards for Examination Evaluation	
MIA 4000	보수 및 교체	IWA 4000	Repair and Replacement	
MIA 5000	계통압력시험	IWA 5000	System Pressure Tests	
MIA 6000	기록 및 보고서	IWA 6000	Records and Reports	
MIA 7000	교체	IWA 7000	Replacement	
MIA 9000	용어	IWA 9000	Glossary	

- 취급 설비(호이스트 등)의 설치와 지지에 필요한 공간
- ㉞ 구조적 결점이나 지시가 발견되어 지정된 방법 이외에 다른 방법의 비파괴검사를 필요로 할 경우 이러한 대체 검사를 위한 접근성
  - ㉞ 보수작업 또는 교체품 설치 작성 수행을 위한 필요한 공간
  - ㉞ 가동중검사에 적용할 검사기법상 검사장비가 검사대상

부위에 밀착 접근할 수 있는 공간 확보

- (6) MIA 2000 비파괴검사 및 가동중 공인검사
- (7) MIA 2120 가동중 공인검사기관, 가동중 공인  
 검사원 및 가동중 공인검사 감독원의 자격인정  
 가동중 공인검사에 대한 요건은 ASME XI과 같이 적용  
 하는 것으로 하였으나 공인검사기관, 가동중 공인검사원 및



감독원의 자격인정에 대한 기준은 ASME N626을 공인검사기준(KEPIC-QAI)으로 대체하였다.

(8) MIA 2300 비파괴검사원의 자격인정

ASME XI IWA 2300에서는 비파괴검사원은 ANSI/ASNT CP-189 및 ASME XI 상의 추가요건에 따라 자격인정을 할 것을 규정하고 있다. 또한 초음파 탐상검사원에 대해서는 Appendix VII 및 VIII을 추가하여 자격인정요건을 크게 강화하였다.

이는 1970년 말에서 1980년초 미국의 원전에서 보고된 입계 응력부식균열(Intergranlar Stress Corrosion Cracking)에 대한 초음파탐상검사의 신뢰도가 매우 낮은 것에 기인한다.

ASME XI의 비파괴검사원 자격인정요건, 특히 Appendix VII 및 VIII 적용여부는 이에 소요될 막대한 비용 등을 감안할 때 현재 우리나라의 기술수준을 고려한 보다 면밀한 기술경제성 검토와 규제기관의 정책결정이 필요하지만 원전의 안전성 확보에 이에 부응할 수 있는 높은 기술수준의 비파괴검사원 확보를 위해서 궁극적으로는 국내 원전의 가동중검사에 채택하여야 할 것이다.

따라서 가동중검사 기술기준에서는 비파괴검사원의 자격인정에 있어 ASME XI과 동일한 자격인정요건을 적용하는 것으로 하였다.

(9) MIA 2400 검사계획

가동중검사 계획에 대한 요건에 있어 ASME XI에서는 검사계획 A와 검사계획 B의 두 가지 요건을 규정하고 있으나 우리나라 원전의 경우는 검사계획 B에 의한 가동중검사가 시행되고 있고, 과기처 고시 1995-1호 "원자로시설의 가동중검사 및 가동중시험에 관한 규정"의 제 5조(검사계획서의 제출)에서도 매 10년 동안의 가동중검사계획서를 검사개시 3개월 전까지 과기처 장관에게 제출하도록 규정하고 있다.

따라서 ASME XI의 검사계획 A와 관련한 요건은 우리나라의 실정에 해당되지 않으므로 삭제하였다.

(10) MIA 3000~9000

ASME XI의 IWA 3000~9000의 내용을 수용하였다.

나. 기기별 가동중검사 기술기준의 내용

기기별 가동중검사 기술기준은 우리나라의 경우 가압경수로형 원전만이 고려대상으로 ASME Section XI, Division 1의 가압경수로형 원전에 대한 요건만을 범위로 하였다. ASME Section XI, Division 1은 가압경수로형과 비등경수로형에 대한 요건을 구분하지는 않으나 가압경수로형 또는 비등경수로형에만 적용되는 경우에는 원자로형별 고유 용어를 명시하여 적용성을 명시하고 있다.

따라서 가동중검사 기술기준은 ASME Section XI, Division 1의 내용 중에서 비등경수로형에 관련한 사항을 제외한 기술적 요건을 수용하였으며, 기기별 가동중검사 기술기준의 개발에 있어서는 펌프와 밸브의 기능시험에 관한 가동중시험 요건인 ASME Section XI, Division 1의 Subsection IWP와 IWV는 가동중검사와 가동중시험의 분리적용(ASME OM Code ISTB 및 ISTC, 과기처 고시 1995-1호 등)동향을 감안하여 개발범위에서 제외하였다.

〈기기 가동중검사 기술기준의 인용 기술기준〉

가동중검사 기술기준(MI)		인용 기술기준(ASME XI)	
분류번호	제 목	분류번호	제 목
MIB	1등급 기기	IWB	Class 1 Components
MIC	2등급 기기	IWC	Class 2 Components
MID	3등급 기기	IWD	Class 3 Components
MIE	금속격납용기 및 금속라이너	IWE	Class MC and Class CC Components
MIF	기기지지물	IWF	Class 1,2,3 and MC Component Supports
MIL	콘크리트 격납용기	IWL	Class CC Concrete Components
MIZ	부록	-	Appendices