

전력산업기술기준

KEPIC 가이드

원자력기계 기술기준

정 무 영

대한전기협회 전력기준처 기준개발실 팀장

1. 제정 배경

전력산업기술기준 개발 사업을 통한 원자력 안전성 관련 기계품목의 기술기준, 즉 원자력 기계 기술기준 (KEPIC-MN)은 미국의 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Div. 1을 범위로 하여 제정된 것이다. 이는 지금까지 ASME Code 이외에 프랑스의 RCC-M(울진 1, 2호기)과 캐나다의 CSA N285 시리즈(월성 1, 2, 3, 4호기)가 원전 건설에 적용되었으나 이러한 기술기준들도 사실상 ASME Code를 근간으로 한 것이고, 실질적으로 우리 나라의 원전 건설 및 운전에서 ASME Code의 적용이 일반화되어 있을 뿐 아니라 관계자들에게도 익숙하다는 점을 고려한 것이다. 이러한 원자력 기계 기술기준은 적용에 있어 정확한 이해와 효율성을 제고할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 우리의 기술력을 반영하여 기술기준을 보완 정리함으로써 원전의 안전성과 경제성을 제고하는데 유리할 것으로

기대된다.

2. 제정방향

ASME Section III를 참조한 원자력 기계 기술기준의 제정은 제도적 요건과 기술적 요건으로 구분할 수 있다. 제도적인 요건은 기술기준의 적용방법, 품질보증요건 및 원자력 기계 기술기준을 적용하는 관련 조직의 자격인 증제도, 공인검사제도, 설계문서의 인증제도, 기술기준의 운영 및 관리주체 등과 관련한 사항을 규정하는 것으로, 참조로 한 ASME Section III, Subsection NCA 상의 요건을 우리 나라의 법체제와 전력산업 구조 및 실정에 맞도록 전환하고 우리 나라의 관계기관 및 산업계가 주체가 되어 운영될 수 있도록 함으로써 전력산업 기술기준의 개발 취지를 최대한 도모하고자 하였다.

기술적 요건에 있어서는 ASME Section III, Div. 1의 요건을 번안하여 제정하는 방법을 채택하였다. 이는

원자력 안전성과 관련한 분야에 있어 아직까지는 우리의 기술력을 기술기준에 반영하고 이를 보완 정리하는 것이 시기상조로 판단되었기 때문이다. 원자력 기계 기술기준은 ASME Code를 번안하는 방법을 채택함으로써 ASME Code와 구성 및 기술적 사항이 대응되도록 제정하였다.

3. KEPIC-MN의 적용범위

KEPIC-MN은 원자력 발전소의 가압경수형 원자로 및 관계시설(Nuclear Island)의 기계기기에 대한 설계 및 제조에 관한 규정이다.

기계기기가 함은 광범위한 분야이기 때문에 KEPIC-MN의 적용을 받아야 하는 기기로는 주로 압력유지에 관계되는 기기 즉, 압력용기, 열교환기, 배관, 펌프 및 밸브 등을 그 대상으로 한다. 압력을 받지 않는 기기와 KEPIC-MN에 포함되지 않은 부품은 기술시방서(Technical Specification)에서 관련 특수요건으로 기술되어야 할 것이다.

압력유지기기에 추가해서, 이들 기기의 지지물과 원자

로 내부구조물은 그 중요성 때문에 KEPIC-MN의 범위에 포함되었다.

설계, 제조 및 검사 등 3 영역으로 그룹화될 수 있는 KEPIC-MN의 기술요건은 주로 압력유지기기의 구조적 건전성을 확보하여야 하기 때문에 기계강도가 설계단계의 주요 초점이다. 그러므로 재료의 선정과 구매요건도 당연히 그 범위로 한다. 제조단계에서는 원자력제조자가 그들의 방법이 이 기술기준의 제조요건을 수용하고 인정하도록 하는 일반 규정을 기술한다. 이 기술기준에 포함되어 있지 않는 요건 즉, 어떤 기기의 성능요건과 시험조건 등은 기술 시방서에서 다루어야 할 사항이다.

4. ASME Code와의 관계

KEPIC-MN은 ASME Code Section III Division 1의 구성과 같게 하였다. 앞서 설명한 대로, 국내의 기술자가 ASME Code 각 Subsection의 구성체계를 그대로 따랐고, 관련 항목도 대조할 수 있도록 번호 체계도 그대로 적용하였다(표 1 참조). ASME는 사용 단위의 Hard Metrication, 미국의 행정 관련요건 폐지, ASTM 재료

〈표 1〉 원자력 기계 기술기준(KEPIC-MN)과 ASME Code의 관계

구 분	KEPIC-MN	ASME Code
일반요건	MNA 원자력기계 일반요건	Section III, NCA General Requirements
	MNB 1등급 기기	Section III, NB Class 1 Components
기기요건	MNC 2등급 기기	Section III, NC Class 2 Components
	MND 3등급 기기	Section III, ND Class 3 Components
	MNE 금속 격납용기	Section III, NE Class MC Components
	MNF 지지물	Section III, NF Component Supports
	MNG 노심 지지 구조물	Section III, NG Core Support Structure
	MNZ 부 록	Section III, Appendices
	공통요건	MD 재 료
MEN 비파괴검사		Section V, Nondestructive Examinations
MQ 용접 및 경납땜 인정		Section IX, Welding and Brazing Qualification

대신 각국의 재료 시방서 인정, 미국의 산업구조에 준한 인증제도 철폐 등을 골자로 하여 ASME Code를 세계화 하기 위한 작업이 진행중이다. 그러나, 현재 원전건설에 적용되는 컴퓨터 프로그램이 English Unit(Foot-Pound)를 사용하고 있으므로 1992년판 ASME Code에 적용된 것을 그대로 사용하였다.

5. 구성체계

KEPIC-MN의 구성은 ASME Code Section III Division 1의 구성과 같게 하였다. 앞서 설명한 대로, 국내 산업계가 ASME Code에 친숙한 상태이므로 사용자의 혼선을 최소화하고 편의를 도모하기 위하여 ASME Code 각 Subsection의 구성체계를 그대로 따랐고, 관련 항목도 대조할 수 있도록 번호 체계도 그대로 적용하였다. 또한, 재료, 비파괴검사, 용접과 관련한 ASME Code Section II (Materials), Section V (Nondestructive examination) 및 Section IX (Welding and Brazing Qualification)과 같이 공통적으로 적용되는 기술기준은 표 1과 같이 대응하는 전력산업 기술기준을 제정하여 원자력 기계 기술기준의 관련요건에서 인용하도록 하였다.

6. KEPIC-MN의 내용

가. 일반요건(KEPIC-MNA)

일반요건은 원자력 기계 기술기준의 정확한 이해와 올바른 적용을 통해 원자력 기계 기기의 구조 건전성을 확보할 수 있도록 이에 필요한 기술관리 차원의 절차와 방법론을 규정하는 것이다. 일반요건은 기술기준의 적용범위 및 한계, 품질보증요건 및 품질보증 요건의 이행 방법, 원자력 기계 기술기준을 적용하는 관련 조직의 기술기준 준수 능력을 확인하는 자격인증제도, 기술기준의 올바르

고 일관된 적용을 위한 공인검사제도, 설계문서의 인증제도 등과 같은 하드웨어와 소프트웨어 측면의 제도 관리 및 운영 요건을 체계적으로 규정하고 있다.

(1) 일반요건의 주요내용

○MNA 1000 일반사항

원자력 기계 기술기준의 적용범위 및 한계, 참조기준인 ASME Code Section III와의 관계, 기술기준 요건의 일관되고 올바른 적용을 위한 품목 및 조직의 구분과 정의에 대한 사항 등을 규정하고 있다.

○MNA 1200 품목과 설치에 대한 일반요건

품목은 아래와 같은 개념에서 바탕을 두고 정의되었다.

- 재료(Material)

- 부품(Part)

= 재료(Material) + 재료(Material) + ...

- 기기(Component)

= 부품(Part) + 부품(Part) + ...

- 설비(Equipmnet) = 기기 + 기기 + ...

- 계통(System) = 설비 + 설비 + ...

- 시설(Facility) = 계통 + 계통 + ...

원자력 기계 기술기준에서 품목이란 기기를 포함하여 기기 이하의 구성 요소를 통칭하는 용어로서 기기와 기기의 부품, 지지물 등의 보조품목과 제어봉 구동 하우징, 가열기 부재, 관통구, 파열판 등 기타 품목을 말한다.

○MNA 1220 재료

원자력 기계 기술기준에 따른 기기의 설계 및 제작에 관련되는 재료는 KEPIC-MD 범위의 재료와 KEPIC-MN의 관련 요건에서 허용하는 ASME Section II 범위의 재료를 사용하도록 규정하고 있다.

KEPIC-MD는 국내 발전소 압력기기의 제작에 필요

하다고 인정되는 재료에 대한 규격을 범위로 하는 것으로서 국내 발전소 압력기기용 재료의 사용 실적과 재료의 시장성 등을 감안하여 ASME Section II를 참조하여 제정된 것이며 KEPIC-MD 재료규격에는 ASME Section II 재료규격과의 대응관계가 명시되어 있다. KEPIC-MD 이외의 ASME/ASTM 재료규격에 따른 재료를 사용하고자 하는 경우에는 MNA 1221, MNA 1222 및 MNA 1223의 요건을 적용한다.

○MNA 1300 조직의 구분과 정의

조직이란 KEPIC-MN에 규정된 업무를 수행하는 집단을 의미하며, 그 기능 및 구분과 자격의 기준은 다음과 같다.

조 직	책 임	비 고
• 발전사업자	원전 건설허가를 취득 책임사항을 위임받은 조직	협회가 발급한 자격인증을 소유한 조직
• 원자력제조자	MN 품목 건조	
• 설치자	발전소 현장에 MN품목 설치	
• 재료업체	재료를 제조 및 또는 공급하는 조직	
• 공인검사기관	제3자 검사 수행	
• 대한전기협회: 전력산업기술기준의 개발 및 관리를 전담하는 상설기구		

○MNA 2000 기기의 등급 분류

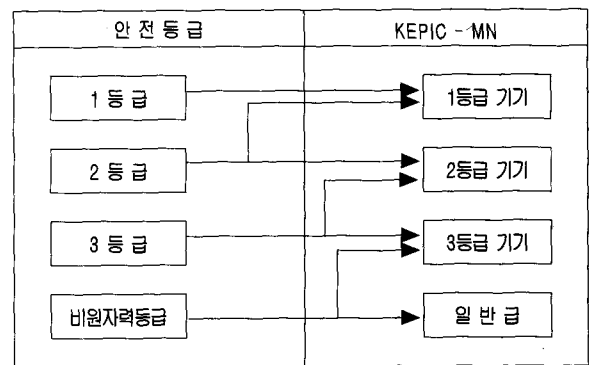
○MNA 2120 등급분류의 목적

원전의 기기 등급은 안전성, 품질, 내진조건 등에 따라 분류를 하는데, 용도와 목적에 따라서 각각 다르다. 현재까지는 등급은 ANSI/ANS 51.1-1983, 품질등급은 NRC의 Reg. guide 1.26, 내진 등급은 Reg. guide 1.29의 규정을 준용하여 왔고, 이를 기초로 하여 과기처고시 제 94-10호, “원자로시설의 안전등급과 등급별 규격에 관한 규정”을 제정하여 시행중이다. 원자력 기계 기술기준에서는 ASME Code와 동일하게 원자력 발전소의 각 품목이 갖는 상대적 중요도에 따라 원자력 안전성관련 압

력기기의 구조 건전성 및 품질이 보증되도록 등급 1, 2, 3, MC 및 CS 등으로 분류하고 등급별로 기술기준을 규정하고 있다.

○MNA 2200 기기의 등급분류

원자력 기계 기술기준에 따른 기기의 설계 및 제조에 적용하는 기기 등급의 적용은 다음 그림에 따른다.



○MNA 2300 설계기준

○MNA 2310 발전소 상태

체통의 운전 및 시험 상태를 고려하여 기기의 설계 및 과압 보호에 반영하기 위한 하중조합 및 최대 허용응력을 결정하고 안전 기준에 근거해서 이들에 대한 한계를 결정하여 설계시방서에 명시해야 한다.

○MNA 2320 설계, 운전 및 시험하중과 한계

설계 하중은 설계 압력, 설계 온도 및 설계 기계 하중으로 대별되고 운전 하중과 시험 하중은 별도로 정의되어야 한다.

○MNA 3000 책임과 의무

○MNA 3200 발전사업자의 책임

발전사업자는 규제기관이 요구하는 원전의 건설과 운전 관련되는 모든 요건을 만족시켜야 한다. 이 가운데

관련된 기본적인 책임은

- 발전사업자의 인증서 취득
- 기기의 등급 분류
- 설계시방서의 인증
- 설계보고서의 검토
- 과압보호 보고서의 작성 및 보관
- 품질 기록의 유지

등이 있는데 이 가운데 과압보호보고서의 보관과 품질 기록의 유지를 제외한 제반 설계 행위는 규정된 절차서에 의해서 전문기관에게 하청을 줄 수 있다.

○MNA 3300 원자력제조자의 책임

원자력제조자는 대한전기협회(이하 협회)로부터 심사를 받고 자격인증서를 취득하여야 한다. 설계는 직접 수행을 하거나 관련 절차에 따라서 하청을 줄 수 있다. 설계 보고서에는 등록기술자가 인증을 하여 기술적인 책임을 져야 한다. 품질 보증 계획서에는 원자력 기계 기술기준에서 요구하는 제반 요건을 이행하기 위한 구체적인 방법이 기술되어야 한다.

○MNA 3400 설치자의 책임

설치자는 협회로부터 심사를 받고 자격을 취득하여야 된다. 품질보증계획서에는 원자력 기계 기술기준에서 요구하는 제반요건을 이행하기 위한 구체적인 방법이 기술되어야 한다.

○MNA 3600 자격인정

○MNA 3610 등록기술자

국가 기술자격법에 따라 기사 1급 또는 기술사 자격을 취득하고 KEPIC-QAR(등록기술자의 자격인정) 기준에 따라 협회에서 자격을 인정받은 자로서 설계 시방서 또는 설계 보고서를 인증할 수 있는 능력을 갖춘 자를 말한다.

○MNA 3620 원자력 공인검사원 및 원자력 공인검사 감독원

KEPIC-QAI(공인검사) 기준에 따라 원자력 기계 기술기준에 준한 공인검사업무를 수행할 수 있는 자격을 협회에서 인정받은 자를 말한다.

○MNA 3640 비파괴검사원

국가기술자격법에 의해서 해당 자격을 취득하고 KEPIC-MEN 1002(비파괴검사원 자격인정) 기준에 따라 협회에서 자격을 인정받은 자를 말한다.

○MNA 4000 품질보증

품질보증요건은 인증업체(원자력제조자와 설치자)와 재료업체로 구분하여 적용한다. 인증업체는 KEPIC-QAP, "원자력 품질보증 기술기준"의 QAP-1에 규정된 품질보증요건을 수정, 보완한 KEPIC-MNA 4200에 따른다. 재료업체는 MNA 4300에 규정된 재료업체의 품질시스템계획 요건을 따른다.

○MNA 5000 공인검사

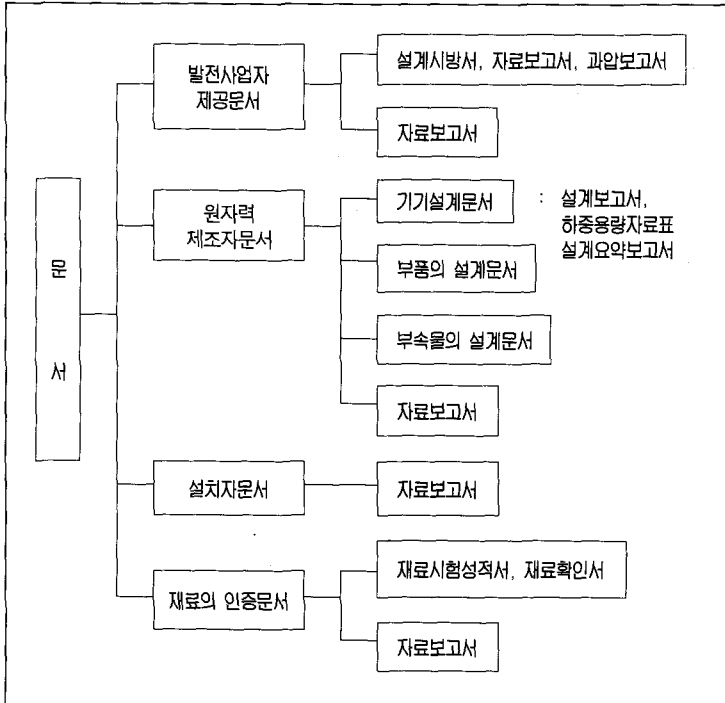
공인검사기관과 이에 소속된 원자력 공인검사 감독원 및 공인검사원의 책임과 의무에 대한 요건을 규정한다.

○MNA 6000 문서

원자력 기계 기술기준을 적용하는 관련 조직이 작성하는 그림 1과 같은 문서의 내용, 문서의 검토 및 인증, 문서의 제출에 대한 요건을 규정한다.

○MNA 6100 발전사업자 제공 문서

발전사업자는 기기, 부품, 부속물 또는 지지물에 대하여 기술기준의 적용관을 비롯하여 기능, 과압보호, 환경조건, 기기 등급, 재료에 대하여 원자력 기계 기술기준의 요건을 토대로 품목의 경계를 분명하게 명시하여 설계시방서를 작성하여야 한다.



〈그림 1〉 MNA 6000 문서

○MNA 6200 원자력제조사 문서

원자력제조자는 설계 시방서에 준하여 원자력 기계 기술기준의 제반요건을 만족하는 도면 및 설계문서를 작성하여야 된다. 설계 문서라 함은 설계 보고서, 하중 용량 자료표 및 설계 요약보고서를 말한다. 원자력제조자가 부품이나 부속물을 외부로부터 구매할 경우 그에 대한 설계 문서는 원자력제조자가 직접 작성하든지 아니면 공급자로부터 제공받은 설계 문서를 확인하고 기기의 설계 문서에 명시해야 한다.

○MNA 6400 재료의 인증 문서

재료업체 또는 원자력제조자가 작성하는 재료의 인증 문서는 재료 시험 성적서 또는 재료 확인서가 있다. 재료 시험 성적서는 재료 규격과 원자력 기계 기술기준의 재료 관련 요건에 준하여 재료가 제조되었음을 입증하는 문서

이다. 재료 확인서는 재료 규격의 등급, 열처리 조건에 맞게 제조하였음을 입증하는 확인서를 말한다.

○MNA 8000 자격인증, 명판, 상징각인 및 인증부호 표시

자격인증의 신청, 자격인증 평가 및 자격인증서의 발급에 대한 요건과 전력기준 상징각인 및 인증부호의 표시 방법에 대한 절차 및 방법을 규정하고 있다.

(2) 일반요건의 참조 기술기준 내역

원자력 기계 일반요건(KEPIC-MNA)은 ASME Section III, Subsection NCA의 내용과 구성을 참조하였으나 우리 나라의 원자력 안전규제제도와 산업구조 특성을 감안하고, 산업계에 익숙한 ASME Code에 따른 제도적 관행을 우리가 없는 범위에서 최대한 우리

의 제도로 정착시키고자 하였다. 따라서, 기준의 요건상으로는 ASME상의 요건을 번안하여 규정된 부분도 있으나 이는 조직의 구분, 자격인증, 공인검사 등 관련 제도적 요건을 우리 실정에 맞도록 정립하는데 있어 필요하였던 사항으로 고려하여야 할 것이다.

나. 기기 기술기준(KEPIC-MNX)

(1) KEPIC-MNX의 주요내용

KEPIC-MNX는 ASME Section III, Division 1의 NX(NB~NG)와 범위와 내용이 동일하다.

일반요건인 MNA가 ASME의 NCA를 우리의 실정에 맞도록 전체적으로 수정을 한 반면에 MNX는 ASME의 NX의 번호 체계를 그대로 수용하여 번안해 놓은 것이다. 여기서 번역이라는 용어를 쓰지 않고 번안

이라고 하는 이유는 번역은 영어를 그대로 우리말로 옮기는 과정뿐이고, 내용에 대한 각색은 전혀 하지 않는 것이지만, 번안은 영어를 그대로 옮길 경우, 다소 의미 전달이 우리 현실에 맞지 않는 부분이 있기 때문에 우리 실정에 적합하도록 의역을 하였다는 의미이다.

<번안의 예>

• 영어 원문 : Subsection NB Class 1 Component NB 2360 Calibration of Instruments and Equipment Calibration of temperature instruments and C_v impact test machines used in impact testing shall be performed at the frequency given in (a) and (b) below.

- (a) Temperature instruments used to control test temperature of specimens shall be calibrated and the results recorded to meet the requirements of NCA-3868 at least once in each 3 month interval.
- (b) C_v impact test machines shall be calibrated and the results recorded to meet the requirements of NCA-3868. The calibrations shall be performed at least once per year using methods outlined in ASTM E 23-72 and employing standard specimens obtained from the National Institute of Standards and Technology.

○ 기술기준 내용 : KEPIC-MNB 1등급 기기

MNB 2360 계측 기기 및 장비의 교정 온도계기와 충격시험에 사용되는 C_v 충격시험기는 다음 (1), (2)에 정한 주기로 교정을 해야 한다.

(1) 시험편의 시험온도 조정용 온도계기는 적어도 3개월 간격으로 1회씩 교정해야 하며 MNA 4346의 요건에 따라 그 결과를 기록해야 한다.

(2) C_v 충격시험기는 최소한 연 1회씩 KASTO 93-31-005-094에 따라 직접교정하고 한국표준과학연구

원에서 인증한 충격기준편을 이용하여 간접교정을 병행하여 실시해야 하며 MNA 4346의 요건에 따라 그 결과를 기록해야 한다.

번안의 기본원칙은 아래와 같다.

- 번호체계는 ASME III의 각 Subsection 분류기호 앞에 M자를 추가하여 ASME Code의 내용과 KEPIC-MN의 내용이 대응되도록 하였다.

예) ASME Code NB 3122.1 Primary Stress
KEPIC-MN, MNB 3122.1 1차 응력

- 단위 값은 ft-lb 단위계에 따른 값을 적용하는 것을 원칙으로 하였으나 SI의 국제화와 향후의 적용 활성화 측면을 고려하여 ASME Section III 1998 Edition에서 병기하고 있는 범위까지의 SI 단위 값을 병기하였다. 그러나, 병기된 SI 단위 값은 어디까지나 참고용이다.

- KEPIC-MNX 1995년판 및 1997 추록에서 인용 채택하였던 재료, 비파괴 검사, 용접 및 경납땜 인정에 대한 기술기준은 ASME Section II, V, IX이다. 그러나, 전력기준 3단계 개발사업을 통해 관련 기술기준인 KEPIC-MD, MEN, MQ를 원자력 안전성관련 기기에 적용하는데 문제가 없도록 보완하여 KEPIC-MNX 2000년판에서는 이를 인용 채택하였다.

(2) 참조기술기준 내역

기술기준 번호	기술기준 제목	참조기술기준
MNB	1등급 기기	NB Class 1 Components
MNC	2등급 기기	NC Class 2 Components
MND	3등급 기기	ND Class 3 Components
MNE	금속격납용기	NE Class MC Components
MNF	지지물	NF Supports
MNG	노심지지구조물	NG Core Support Structures
MNZ	부록	Appendices

