

전력산업기술기준

KEPIC 가이드

원자력 전기

곽 병 철

대한전기협회 전력기준처

전력산업기술기준(KEPIC)의 전담기관으로 지정받은 대한전기협회는 제3단계 개발사업을 1995년 말부터 5년간 수행하여 KEPIC 2000년판을 발간하였습니다. KEPIC 2000년판은 총 59권으로 기계, 전기, 토목구조, 원자력, 화재예방, 품질보증 등 6개 분야 20,000여 쪽에 달하며, 원자력, 수화력발전소 및 송·변·배전 설비의 설계, 시공, 운전 등에 적용할 수 있어 국내 전력산업의 기술자립에 크게 기여할 것으로 기대합니다. 본지에서는 KEPIC 2000년판의 사용자를 위하여 분야별 제정 경위와 내용을 GUIDE 형식으로 매월 연재코자 하오니 많은 이용바랍니다. (편집자 주)

1. 제정 배경

우리 나라는 지금까지 원자력 발전소의 건설, 운전에 있어 미국, 프랑스, 캐나다 등 기술 도입국의 기술기준을 적용하여 왔으며, 발전산업 관련 법규상의 기술기준이나 산업규격도 기술발전에 따른 제·개정 관리가 미흡하고 기술적, 제도적 관련 요건이 조화되어 있지 못한 상태였기 때문에 적용에 있어 많은 애로와 논란이 있었다. 특히, 외국 기술기준을 적용하는데 있어서는 외국 기술기준이 해당 국가의 안전규제 체제와 산업구조를 반영하고 있어 우리 나라의 법규, 산업구조 및 관행과의 차이로 많은 시행착오와 불필요한 인적, 물적 자원의 낭비를 초래하였

다. 따라서, 이러한 문제점을 해소하여 법규와 기술기준의 적용에 대한 일관성, 효율성을 제고하고, 원전 기술 자립국으로서 나아가 원전 기술 수출국으로서의 위상을 확고히 하고자 전력산업 기술기준을 개발하게 되었다.

원자력 전기 기술기준(KEPIC-EN)은 전기기기의 설계·제작 등에 적용하여 온 IEEE, ANS, ISA 등 외국의 기술기준을 참조하여 이를 번안하는 방법으로 제정하였다. 이는 이러한 외국 참조 기술기준의 적용이 원자력 전기분야에서 일반화되어 있을 뿐 아니라 관계자들에게도 익숙하다는 점을 고려한 것이며, 번안된 원자력 전기 기술기준의 적용을 통해 보다 정확한 기술기준의 이해를 도모할 수 있을 것으로 판단되었기 때문이다.

향후 원자력 전기 기술기준의 적용 경험과 우리의 기술력을 반영하여 원자력 전기 기술기준을 보완 정리함으로써 원전의 안전성과 경제성 제고는 물론 실질적인 우리 고유의 기술기준 확보를 기대할 수 있을 것이다.

2. 제정방향

원자력 전기 기술기준은 제도적 요건과 기술적 요건으로 구분할 수 있다. 제도적인 요건은 기술기준의 적용방법, 품질보증요건 및 원자력 기계 기술기준을 적용하는 관련 조직의 자격인증제도, 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 우리나라의 관계기관 및 산업계가 주체가 되어 운영될 수 있도록 함으로써 전력산업 기술기준의 개발 취지를 최대한 도모하고자 하였다. 기술적 요건에 있어서는 원자력 안전성과 관련한 분야에 있어 아직까지는 우리의 기술력을 기술기준에 반영하고 이를 보완 정리하는 것이 시기상조로 판단되어, IEEE, ANS, ISA 등 지금까지 원전 건설에 적용하여온 외국 기술기준의 기술적 요건을 번안하여 제정하였다.

3. KEPIC-EN의 적용범위

원자력 전기 기술기준은 원자력발전소의 안전성 관련 전기기기에 대한 설계, 검증, 설치, 시험 및 검사에 관한 기술기준이다. 원자력 전기 기술기준의 적용을 받는 전기기기는 원자력 발전소의 안전성 관련 전기 1급(Class 1E) 품목을 그 대상으로 한다. 원자력 발전소의 전기기기중에서 KEPIC-EN의 적용을 받지 않는 것은 전기 비 1급(Non-Class 1E) 전기기기로서 일반전기 기술기준[계측 및 제어기기(KEPIC-EM), 전기기기

(KEPIC-EE), 전선 및 전로용품(KEPIC-EC)]의 적용을 받아야 한다. 전기 비 1급 전기기기를 전기 1급 기기로 사용하고자 하는 경우에는 원자력 전기 기술기준의 해당 요건을 모두 만족하여야 한다.

4. 미국 기술기준과의 관계

원자력 전기 기술기준은 제도적 요건인 일반요건과 설계, 검증, 설치 그리고 시험 및 검사의 4개 영역으로 그룹화하여 구성된 기술적 요건으로 구분된다. 원자력 전기 기술기준은 우리 나라 산업계에서 친숙한 미국의 기술기준을 참조하였고 기술기준 사용자의 혼선을 최소화하기 위하여 그 내용과 작성방법을 따랐으며, 사용에 편리하도록 그룹화하였다. 원자력 전기 기술기준의 각 그룹별로 참조된 미국 기술기준은 표 1과 같다.

〈표 1〉

KEPIC - EN	미국 기술기준
ENA : 일반요건	ASME Sec.III Div.1 Subsec. NCA, ANS 51.1
ENB : 설계	IEEE 7-4.3.2, 279, 308, 317, 352, 379, 384, 387, 420, 494, 497, 567, 577, 603, 622, 628, 690, 741, 765, 946, 1023, N42.18 ANS 4.5, 58.6, ISA 67.04
END : 검증	IEEE 323, 334, 344, 381, 382, 383, 420, 535, 572, 600, 627, 628, 649, 650, C37.81, C37.82, C37.105
ENE : 설치	IEEE 336, 628, 690, ISA S67.01, S67.02.01, S67.10
ENF : 시험 및 검사	IEEE 336, 338, 415, 450, 498, 749, 934, N323, ANSI N323 ISA S67.06

5. KEPIC-EN의 내용

가. 일반요건(KEPIC-ENA)

(1) 일반요건의 주요내용

1 ENA 1000 일반사항

원자력 전기 기술기준의 적용범위 참조 외국 기술기준인 IEEE, ANS, ISA 등과의 관계, 기술기준 요건의 일관되고 올바른 적용을 위한 품목 및 조직의 구분과 정의에 대한 사항 등을 규정하고 있다.

2 ENA 1200 품목

품목은 아래와 같은 개념에서 정의되었다.

부품(Component) = 부분품(Part) + 부분품 + ...

기기(Equipment) = 부품 + 부품 + ...

계통(System) = 기기 + 기기 + ...

시설(Facility) = 계통 + 계통 + ...

따라서 품목이라 함은 기기 이하의 구성 요소를 가리키는 용어로서 기기 및 그에 속한 부품을 말한다.

3 ENA 1311 발전사업자

정부의 규제기관으로부터 발전사업을 목적으로 원자력 발전소 건설허가를 취득해야 하는 조직으로서 원자력 전기 기술기준의 대상이 되는 모든 기기의 최종 구매자이며, 소유자인 조직을 말한다. 원자력 전기 기술기준을 적용하여 원자력발전소를 건설하고자 하는 발전사업자는 각 원자력발전소 현장별로 대한전기협회의 발전사업자 자격인증을 취득하여야 한다.

4 ENA 1312 제작자

원자력 전기 기술기준의 적용 대상이 되는 기기를 제작하거나 공급하는 조직을 말한다. 제작자는 원자력 전기 기술기준에 따른 품목의 제작범위에 해당하는 협회의 자격인증을 취득하여야 한다.

5 ENA 1314 설치자

발전소 건설 현장에서 원자력 전기 기술기준에 준하여 설계, 제작 및 검증된 기기를 계통에 연결하거나 설치작업을 수행하는 조직을 말한다. 설치자는 설치 업무범위에 해당하는 협회의 자격인증을 취득하여야 한다.

● ENA 2000 기기의 등급 분류

1 ENA 2100 목적

원자력 발전소 전기 기기의 안전등급 분류 요건을 규정하며, 원자력 발전소의 전력, 계측 및 제어 계통(이하 "전기 계통"이라 함)과 기기를 분류하는 안전 등급의 정의와 분류 원칙을 제시한다.

2 ENA 2200 전기기기의 등급분류

원자력발전소의 전기 기기는 전기 1급(Class 1E)과 전기 비1급(Non-Class 1E)으로 분류된다. 비상 원자로 정지, 격납용기 격리, 원자로 노심 냉각, 격납용기 열 제거, 원자로 열 제거 및 주위 환경으로의 심각한 방사능 물질 누출 방지 등 안전 기능을 수행하는 안전성관련 기기 중 전기계통 기기는 전기 1급으로 분류된다. 안전성관련 기능 수행과 관계없는 비안전성관련 기기 중 전기계통 기기는 전기 비1급으로 분류된다. 그러나, 일부 비안전성관련 기기는 안전 기능을 보유하고 있지 않지만 손상될 경우에는 안전성관련 기기의 작동에 해를 미칠 수 있으므로 전기 비1급 기기 또는 회로 중 전기 1급과의 독립성 요건을 만족시키지 못한 기기 또는 회로는 연계 회로로 취급하여야 한다.

3 ENA 2300 전기 1급 설계기준

원자력 발전소의 안전성관련 계통 및 기기는 정상 운전 및 설계 기준 사건 발생 기간중이나 사건 후에도 안전 기능을 수행할 수 있도록 전기 1급 계통 및 기기에 관한 단일 고장 기준, 품질 보증 요건, 기기 검증, 계통 건전성, 독립성, 신뢰도 등의 기준을 만족시켜야 한다.

4 ENA 2400 전기 비1급 설계기준

전기 1급 회로 또는 연계 회로로부터 독립성을 확보하기 위해서 전기 비1급 기기 및 회로는 최소 이격 요건에 의해서 전기 1급 및 연계 회로와 물리적으로 분리시키거나 격리 장치, 차폐, 배선 기법 또는 이격 거리 등을 이용

하여 전기 1급 회로 및 연계 회로와 전기적으로 격리시켜야 하며, 그렇지 않을 경우에는 연계 회로로 간주하여야 한다.

● ENA 3000 책임과 의무

① ENA 3110 기술기준의 책임

KEPIC-EN의 대상이 되는 전기계통과 기기를 설계, 제작, 설치하는 모든 조직은 KEPIC-EN의 요건을 준수할 책임이 있다. 여기에서 책임이라 함은 KEPIC-EN의 준수에 관한 책임에만 한정되며, 계약상의 책임이나 법적 책임을 의미하지는 않는다.

② ENA 3200 발전사업자의 책임

발전사업자는 규제기관이 요구하는 원전의 건설과 운전과 관계되는 모든 요건을 만족시켜야 한다. 이 가운데 관련된 기본적인 책임은 다음과 같다.

- 기기의 등급 분류
- 기술시방서의 작성
- 품질 기록의 유지
- 발전사업자의 인증서 취득

③ ENA 3300 제작자의 책임

제작자는 대한전기협회로부터 심사를 받고 자격을 취

<표 2> 일반요건 인용 내역

분야 : 전기(원자력 전기)

기술기준번호	기술기준 제목	인용 기술 기준	비 고
ENA 1000	일반사항		
ENA 1100	적용범위	ASME Sec. III, Div 1 NCA 1100	
ENA 1120	기술기준의 적용	ASME Sec. III, Div 1 NCA 1100	
ENA 1130	KEPIC-EN 구성	-	원자력전기 기술기준 구성체계 명시
ENA 1140	참조기준과의 관계	-	KEPIC-EN과 참조기준의 대응관계
ENA 1200	품목의 구분과 정의	-	KEPIC-EN에 따른 품목(기기, 모듈, 부품)의 정의, 관련조직의 구분과 정의
ENA 1300	조직의 구분과 정의	-	
ENA 1420	품목	-	
ENA 2000	전기기기 등급분류	ANSI 51.1, IEEE 379,384,603	
ENA 2100	등급분류의 목적	-	등급분류의 목적을 명시함.
ENA 2200	전기기기 등급분류의 원칙	IEEE Std 603, 2.	
ENA 2300	전기 1급 기기설계 기준	IEEE 379, 603.	
ENA 2400	전기 비1급 설계기준	IEEE Std 384, 5.6	
ENA 3000	책임	ASME Sec. III NCA 3000	ASME NCA를 참조하고 국내 관행과 실정을 반영하여 조직의 책임 사항 규정
ENA 3100	일반사항	ASME Sec. III NCA 3100	
ENA 3200	발전사업자의 책임	ASME Sec. III NCA 3200	
ENA 3300	제작자의 책임	ASME Sec. III NCA 3500, 3600	
ENA 3400	설치자의 책임	ASME Sec. III NCA 3700	
ENA 4000	품질보증	ASME Sec. III NCA 4000	
ENA 4100	일반사항	ASME Sec. III NCA 4100	
ENA 4110	범위 및 적용	ASME Sec. III NCA 4110	
ENA 4120	용어정의	ASME Sec. III NCA 4120	
ENA 4200	인증업체의 품질보증 계획	ASME Sec. III NCA 4130	
ENA 6000	문서	ASME Sec. III NCA 3000	ASME NCA 부분적으로 참조하여 제정, 발전사업자, 제작자 및 인증업체가 제공하는 문서를 종합 정리함.
ENA 6100	발전사업자 제공문서	ASME Sec. III NCA 3200	
ENA 6200	제작자 문서	ASME Sec. III NCA 3500, 3600	
ENA 6300	품질보증계획서	ASME Sec. III NCA 3600, 3760	ASME NCA의 자격인증 절차 및 방법에 대한 사항 및 용어 정의
ENA 8000	자격인증	ASME Sec. III NCA 8000	
ENA 9000	용어정의	ASME Sec. III NCA 9000	
		IEEE Standard	

특하여야 한다. 제작자는 소관 업무를 직접 수행하거나 관련 절차에 따라서 하청을 줄 수 있다.

④ ENA 3400 설치자의 책임

설치자는 협회로부터 심사를 받고 자격을 취득하여야 한다. 품질보증 계획서에는 KEPIC-EN이 요구하는 제반요건을 이행하기 위한 구체적인 방법이 기술되어야 한다.

⑤ ENA 4000 품질보증

인증업체는 KEPIC-QAP, “원자력 품질보증 기술기준”의 QAP-1에 규정된 품질보증요건을 수정, 보완한 KEPIC-ENA 4200에 따라 품질보증계획을 수립하여야 한다.

⑥ ENA 6100 발전사업자 제공문서

발전사업자는 기기, 부품 및 계통에 대한 기술시방서를 작성, 제공하고 각 시방서 간의 관계를 적절히 명시해야 한다. 기술 시방서는 KEPIC-EN에 따른 기기의 설계, 제작에 충분할 정도의 상세자료 및 설계 도면이 포함되도록 작성한다.

⑦ ENA 6200 제작자 문서

기술시방서의 요건에 따라서 기기를 제작하는 제작자는 KEPIC-EN의 각 요건을 어떻게 만족시키고 있는지를 입증하기 위한 문서를 작성하여야 한다.

⑧ ENA 8000 인증

자격 인증이란 KEPIC-EN에 따른 업무를 수행할 자격과 권한을 갖춘 업체를 심사를 통해 문서로서 인정하는 것을 말한다. 자격인증서에는 원자력 전기 기술기준에 따른 업무수행 범위가 명시되며 자격인증서의 유효 기간은 3년이다.

(2) 일반요건 인용 내역(표 2 참조)

원자력 전기 일반요건(KEPIC-ENA)은 ASME

Section III, Subsection NCA의 내용과 구성을 참조하였으나 우리나라의 원자력 안전규제체도와 산업구조 특성을 감안하고, 산업계의 계약적 관행을 무리가 없는 범위에서 객관화하여 최대한 우리의 제도로 정착시키고자 하였다. 따라서, 기준의 요건상으로는 ASME III, NCA상의 요건을 번안하여 규정된 부분도 있으나 이는 조직의 구분, 자격인증 등 관련 제도적 요건을 우리 실정에 맞도록 정립하는데 있어 필요하였던 사항으로 고려하여야 할 것이다.

〈표 3〉 원자력 전기 설계 참조 내역

분야 : 전기(원자력 전기)

기술기준번호	기술 기준 제목	참조기술기준
ENB 1000	설계 일반사항	-
ENB 1100	안전계통 설계	IEEE 603
ENB 1200	전기1급 기기 및 계통관련 문서 식별방법	IEEE 494
ENB 2000	전기1급기기 및 회로 독립성	IEEE 384
ENB 2100	전기1급 기기 및 회로 격리 기준	IEEE 384
ENB 3000	안전계통 단일 고장 기준	IEEE 379
ENB 4000	신뢰도 분석	-
ENB 4100	안전계통 신뢰도 분석 일반지침	IEEE 352
ENB 4200	안전계통 설계 및 운전신뢰도 분석요건	IEEE 577
ENB 5000	전기1급 전력 계통 및 기기보호	IEEE 741
ENB 6000	설비 및 기기 설계	-
ENB 6100	보호계통 설계	IEEE 279
ENB 6200	전력계통 설계	-
ENB 6210	전기1급 전력계통 설계	IEEE 308
ENB 6220	우선전력 공급 계통 설계	IEEE 765
ENB 6230	직류 보조전력 계통 설계	IEEE 946
ENB 6240	예비전력 공급용 디젤 발전기 유니트	IEEE 387
ENB 6300	계측제어 계통 설계	-
ENB 6310	제어실 설계	IEEE 567
ENB 6320	원격정지 제어반 설계	ANS 58.6
ENB 6330	사고 감시용 계측 설비 설계	ANS 4.5, IEEE 497 RG 1.97
ENB 6340	전기1급 제어반, 패널 및 랙 설계	IEEE 420
ENB 6350	안전성 관련 계측기기 설정치	ISA S67.04
ENB 6360	인간공학 적용 지침	IEEE 1023
ENB 6370	안전계통 디지털 컴퓨터	IEEE 7-4.3.2
ENB 6380	방사능 유출물 감시용 계측설비	IEEE N42.18
ENB 6400	전선 및 전로용품 설계	-
ENB 6410	전기1급 케이블 계통 설계	IEEE 690
ENB 6420	전기1급 전선로 계통 설계	IEEE 628
ENB 6430	격납용기 구조물 전기 관통부 집합체 설계	IEEE 317
ENB 6500	전기열선 보호설비의 설계 및 설치	IEEE 622

나. 기기의 기술기준(KEPIC-ENB~ENF)

(1) 기기 기술기준의 내용

일반요건은 ASME Sec III, Subsec. NCA를 참조하여 우리 나라의 실정과 관행을 반영한 객관적인 제도적 요건을 설정한 것이다. 반면에 기술적 요건인 ENB~ENF는 원자력 발전소의 전기 1급(Class1E)에 적용되는 미국의 기술기준을 참조하였으며, 참조한 기술기준의 번호 체계를 그대로 수용하여 번안하였다. 여기에서 번안이라는 용어를 사용한 이유는 영어를 우리 나라 말로 옮기는 것을 원칙으로 하되 우리 실정에 맞지 않는 부분은 우리 실정에 적합하도록 수정 반영하였음을 의미한다. 원자력 전기 기술기준의 기술적 요건은 지금까지 원전 건설에 적용하여온 미국의 기술기준을 사용에 편리하도록 설계(ENB), 검증(END), 설치(ENE), 시험 및 검사(ENF)로 그룹

〈표 4〉 원자력 전기 검증 참조 내역

분야 : 전기(원자력 전기)

기술기준번호	기술 기준 제목	참조기술기준
END 1000	검증 일반사항	-
END 1100	전기1급 기기 검증	IEEE 323
END 1200	안전계통 기기 검증시험 수행 조직	IEEE 600
END 2000	전기1급 기기 내진 검증	IEEE 344
END 3000	설비 및 기기 검증	-
END 3100	안전 계통 기기 설계 검증	IEEE 627
END 3200	스위치기어 및 제어반 검증	-
END 3210	전기1급 스위치기어 검증	-
END 3211	전기1급 스위치기어 검증 일반	ANSI C37.82
END 3212	전기1급 스위치기어 내진 검증	IEEE C37.81
END 3220	전기1급 전동기 제어반 검증	IEEE 649
END 3230	전기1급 제어반, 패널 및 랙 검증	IEEE 420
END 3300	연속사용 전기1급 전동기의 검증 요건	IEEE 334
END 3400	전기1급 보호계전기 및 보조기기 검증	IEEE C37.105
END 3500	전기1급 납축전지 검증	IEEE 535
END 3600	전기1급 정지형 축전지용 충전기 및 인버터 검증	IEEE 650
END 3700	안전성 관련 동력 구동밸브 작동기 검증	IEEE 382
END 3800	전선 및 전로용품 검증	-
END 3810	전기1급 케이블 및 접속부 형식 시험	IEEE 383
END 3820	전기1급 전선로 계통 검증	IEEE 628
END 3830	전기1급 접속 집합체 검증	IEEE 572
END 3900	전기1급 모듈의 형식 시험	IEEE 381

〈표 5〉 원자력 전기 설치 참조 내역

분야 : 전기(원자력 전기)

기술기준번호	기술 기준 제목	참조기술기준
ENE 1000	설치 일반사항	-
ENE 1100	전력, 계측 및 제어기기 설치요건	IEEE 336
ENE 2000	설비 및 기기 설치	-
ENE 2100	전기1급 케이블 계통 설치	IEEE 690
ENE 2200	전기1급 전선로 계통 설치	IEEE 628
ENE 2300	안전성 관련 신호 전송기 및 변환기 설치	ISA S67.01
ENE 2400	계기용 배관 및 튜브	-
ENE 2410	안전성 관련 계기용 감지 배관 및 튜브	ISA S67.02.01
ENE 2420	시험채취용 배관 및 튜브	ISA S67.10

〈표 6〉 원자력 전기 시험 및 검사 참조 내역

분야 : 전기(원자력 전기)

기술기준번호	기술 기준 제목	참조기술기준
ENF 1000	시험 및 검사 일반사항	-
ENF 1100	전력, 계측 및 제어기기 시험 및 검사요건	IEEE 336
ENF 2000	전기1급 전력계통 가동전 시험 계획 작성지침	IEEE 415
ENF 3000	설비 및 기기시험	-
ENF 3100	안전계통 주기 시험	IEEE 338
ENF 3200	안전성 관련 계기 체널 응답시간 시험	ISA S67.06
ENF 3300	에비전력 공급용 디젤발전기 유닛 주기시험	IEEE 749
ENF 3400	개방형 납축전지 보수, 시험 및 교체	IEEE 450
ENF 3500	전기1급 기기의 교체 부품 요건	IEEE 934
ENF 3600	계측기기 시험	-
ENF 3610	계측 및 시험기기의 교정 및 관리	IEEE 498
ENF 3620	방사선 방호 계측기 시험 및 교정	ANSI N323

화하였다.

(2) 참조 기술기준 내역

원자력 전기 기술기준 내용 작성을 위하여 참조한 기술기준들은 그룹별로 표 3~6과 같으며, 작성된 기술기준의 내용과 번호체계는 원문과 동일하게 유지하여 번안하였다.

- (가) ENB 설계(표 3 참조)
- (나) END 검증(표 4 참조)
- (다) ENE 설치(표 5 참조)
- (라) ENF 시험 및 검사(표 6 참조)