

SPSPSPSP
SPSPSPS
SPSPSP
SPSPS
SPSP
SPS

SPS-F KOCED 0031-일련번호
호

SPS

전기캐비닛의 내진성능평가를 위한
진동대 시험방법

SPS-F KOCED 0031-일련번호:2021

국토교통연구인프라운영원

2021년 XX월 XX일 제정

목 차

1 적용범위	1
2 인용표준	1
3 용어와 정의 및 기호.....	1
3.1 용어와 정의	1
3.2 기호.....	3
4 시험대상설비	3
4.1 시험대상설비	3
5 기능.....	4
6 시험의 참관.....	4
7 손상의 정의.....	4
7.1 기능유지 실패	4
7.2 과도한 손상.....	5
8 입력지진	5
8.1 지진환경이 정의된 경우	5
8.2 지진환경이 정의되지 않은 경우	5
8.3 요구응답스펙트럼.....	5
8.4 내진 매개변수	6
8.5 입력지진의 작성.....	7
9 시험 방법.....	7
9.1 인수 검사.....	7
9.2 시험 전, 시험 후 검사.....	7
9.3 기능 검사.....	7
9.4 무게 측정.....	7
9.5 설치.....	7
9.6 계측.....	8
9.7 공진주파수 검색시험	8
9.8 지진모사시험	8
10 시험 절차와 방법.....	9
11 시험응답스펙트럼의 요구응답스펙트럼 포락확인	9
12 시험결과의 보고.....	10
부속서 A(참고) 제조사와 시험기관	11
부속서 B(참고) 진동대 실험용 설계스펙트럼 가속도 계산 예시	12
참고문헌.....	15
SPS-F KOCED 0031-xxxx:2021 해 설.....	16

머 리 말

이 표준은 국토교통연구인프라운영원에서 원안을 갖추고 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진 운영 요령에 따라 국토교통연구인프라운영원 단체표준 심사위원회를 거쳐 제정된 단체 표준이다.

이 표준은 저작권법의 보호 대상이 되는 저작물이다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다. 국토교통연구인프라운영원의 장과 단체표준 심사위원회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

단체 표준

SPS-F KOCED 0031-일련번호:2021

전기캐비닛의 내진성능평가를 위한 진동대 시험방법

Shake-table testing method for seismic performance evaluation
of electrical cabinet

1 적용범위

이 표준은 구조물의 바닥, 구조물의 후면이나 측면에 지지된 전기캐비닛의 내진성능 평가를 위한 진동대 시험방법에 대하여 규정한다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

IBC, International Building Code

ICC-ES AC156: 2010, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components.

IEC 60068-3-3 INTERNATIONAL STANDARD, Environmental testing Part 3: Guidance Seismic test methods for equipments

IEC 62271-210, 2013, High-voltage switchgear and controlgear – Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.

IEEE Standard 344-2004, IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations

IEEE Standard 693-2018, IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations

3 용어와 정의 및 기호

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

3.1 용어와 정의

3.1.1

지반가속도계수

(Ground acceleration factor)

S_{Ds}

단주기영역에서의 설계응답스펙트럼의 계수

비고 일반적인 설계지진 응답스펙트럼을 정의하는데 이용된다.

3.1.2

높이계수비

(Height factor ratio)

z/h

시험대상설비가 설치되는 높이와 시험대상설비가 위치하는 구조물의 총 높이의 비

비고 예를 들어, 시험되는 비구조요소가 지면에 설치될 경우 “0”, 지붕층에 설치될 경우 “1”의 값을 취한다.

3.1.3

요구응답스펙트럼

(Required Response Spectrum)

RRS

내진설계의 검증을 위해 시험대상설비에 가진하여야 하는 최소 지진가속도를 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼

3.1.4

영주기가속도

(Zero Period Acceleration)

ZPA

응답스펙트럼의 높은 주파수 영역에서 주파수의 증가에 따라 수렴하는 가속도 값으로 진동대 시험의 경우 입력지진파(input motion)의 시간이력상의 최대 가속도

비고 시간영역에서 지진파의 최대가속도를 의미한다. 본 표준에서는 IEEE Standard 693에 따라 요구 응답스펙트럼에서 33.3 Hz, 혹은 그 이상의 주파수 대역에서의 가속도로 정의한다.

3.1.5

시험응답스펙트럼

(Test Response Spectrum)

TRS

내진설계의 검증을 위한 시험검증 시 시험대상설비에 실제로 가진된 지진가속도를 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼

3.1.6

3축가진 시험

(Triaxial test)

시험대상이 직교하는 두 개의 수평 축과 수직 축에서 동시에 가진되는 동적 시험

3.1.7

시험대상설비

(Component under test)

시험기관에 제출되어 내진성능검증이 실시되는 전기캐비닛

3.1.8

층응답스펙트럼

(Floor response spectrum)

건물의 층에 대한 응답스펙트럼

3.1.9**상호상관계수**

(Cross correlation coefficient)

두 종류의 신호에 대하여 그들 상호 간의 상관 정도를 나타내는 계수로써 상관성이 적으면 0, 상관성이 크면 1, 역으로 상관된 경우 -1에 가깝다.

3.1.10**간섭함수**

(coherence function)

두 시간이력의 관련성을 표시하는 함수로 주파수의 함수로 두 동작이 얼마나 관련되어 있는지에 대한 통계적 추정치. 관련성이 낮으면 0, 높으면 1에 가깝다.

3.2 기호

이 표준에서 사용하는 기호는 다음과 같다.

A_{FLX-H}: 유연한 요소에 대한 수평 스펙트럼 가속도*A_{FLX-V}*: 유연한 요소에 대한 수직 스펙트럼 가속도*A_{RIG-H}*: 강성 요소에 대한 수평 스펙트럼 가속도*A_{RIG-V}*: 강성 요소에 대한 수직 스펙트럼 가속도*z*: 시험대상설비가 설치되는 높이*h*: 시험대상설비가 위치하는 구조물의 높이*octave*: 임의의 주파수와 그 2배의 주파수의 차**4 시험대상설비****4.1 시험대상설비**

본 시험방법에 의해 내진성능을 시험할 수 있는 대상은 용접과 앵커고정 등의 방법으로 구조물의 바닥에 지지된 전기캐비닛이다.

4.1.1 시험대상설비의 결정

시험대상설비의 유형과 구성품은 반드시 시험 전에 정의되어야 하며 시험대상설비의 시험기관 입고 후 확인되어야 한다. 시험을 위한 설비의 구성은 사용자 또는 사용자에게 의해 지정된 대리인에 의해 아래의 사항을 고려하여 결정되어야 한다.

- 지지부(하부구조물)의 높이와 기타 특정 세부 요구 사항.
- 앵커 지지부를 포함한 지지 구조의 세부 사항

비고 일반적으로 진동대 시험을 위해 전기캐비닛은 강제 지그에 의해 진동대에 고정된다. 그러나 전기캐비닛은 앵커로 고정되기도 한다. 전기캐비닛과 기초가 앵커로 고정 되는 경우, 지진동에 의한 지지부의 국부변형으로 캐비닛의 들림과 이로 인한 충격이 발생할 수 있다. 그러므로 신뢰성있는 시험을 위하여 현장의 지지조건과 주변환경을 최대한 유사하게 고려하여야 한다. 단, 시

협장비의 한계와 지나친 비용 상승 등으로 인하여 지지부의 정확한 모사가 어려울 경우, 최종 사용자와 제조사의 협의에 의해 시험대상설비의 지지조건을 선택하여야 한다.

4.1.2 시험대상설비의 설명

다음 항목을 포함하여 시험대상설비에 대한 설명이 제공되어야 한다.

- a) 모델명
- b) 일련번호
- c) 규격(높이, 길이, 폭 등)
- d) 무게
- e) 설치 방법과 구성
- f) 부품목록 또는 하위 구성요소
- g) 주요기능과 용도
- h) 시험대상설비의 구성에 대한 상세한 설명

4.1.3 시험대상설비의 하위 구성품

주요 하위구성품은 시험대상설비에 반드시 포함되어야 하며, 주요기능과 관련성이 없는 하위구성품은 동일한 크기와 질량을 가지는 모형으로 대체할 수 있다. 단, 대체 모형이 구성품이나 하위조립품의 요구기능을 감소시키지 않아야 한다.

5 기능

시험대상설비의 시험 전과 시험 후 기능의 적합성을 검증하기 위하여 시험대상품에 요구되는 기능 사항과 기능시험 항목 등에 대한 상세한 설명이 의뢰기관으로부터 제공되어야 한다.

6 시험의 참관

진동대 시험은 내진성능을 평가할 수 있는 자격을 갖춘 전문가 또는 최종 사용자에 의하여 지정된 참관인의 참관 하에 수행한다. 참관인의 이름은 확인자의 승인과 함께 보고서에 포함하여야 한다. 전문가는 지진시험에 대한 적절한 지식을 가지고 있어야 하며 시험의 요구 사항을 이해하고 준수하여야 한다.

7 손상의 정의

7.1 기능유지 실패

시험 전 사용자의 동의에 의해 시험대상설비의 특정 기능이 확인되어야 하며, 시험 중과 시험 후 시험대상설비가 의도한 기능을 수행할 수 있어야 한다. 시험대상설비가 기본 전기기능을 수행할 수 없으면 심각한 기능적 손상이 발생한 것으로 간주한다.

비고 시험대상설비에 따라 시험 가능한 기능의 정의가 다를 수 있으므로 이는 제조사와 사용자가 합의하여 시험 전에 정의한 후 진행하여야 한다.

비고 시험대상설비의 사용조건이 명확하지 않을 수 있다. 이런 경우, 기능유지의 조건을 명확하게 정

의할 수 없다. 따라서 특정 기능을 정의하기 어려운 경우, 제조사와 최종 사용자의 협의에 의해 기능유지 조건을 시험 전에 정의하여야 한다. 예를 들어 적절한 정보가 없는 경우, IEC 60068-3-3에 따라 전기회로가 5ms 이상 단락되는 경우 기능불량으로 가정할 수 있다.

7.2 구조적 손상

시험대상설비의 구조적 건전성이 확보되어야 한다. 재료의 항복정도가 기기의 작동 조건에서 붕괴를 유발할 가능성이 있다고 판단되는 정도이면 심각한 손상이 발생한 것으로 간주할 수 있으며, 지지부 또는 내력부재의 손상과 변형, 구성 요소의 파손과 이탈 등은 심각한 구조적 문제를 유발할 수 있는 심각한 손상으로 간주한다. 단 장비의 기능유지에 영향을 주지 않는 제한적인 재료의 항복과 같은 경미한 손상은 허용할 수 있다.

a) 심각한 손상 : 부품의 파손, 균열, 이탈, 누출, 및 문열림 등 기타 육안으로 확인되는 손상

비고 시험대상설비의 구조에 따라 장비의 기능에 영향을 주는 경미한 손상의 정의가 다를 수 있으므로 의뢰자와 제조사가 합의한 판정기준에 따라 진행하는 것이 좋다.

8 입력지진

8.1 지진환경이 정의된 경우

지진환경이 정의된 경우, 요구되는 지진의 수준은 시험대상설비가 적용되는 위치를 고려하여 최종 사용자가 요구응답스펙트럼으로 제시한다.

8.2 지진환경이 정의되지 않은 경우

8.2.1 지면 설치 조건

내진설계기준 공통적용사항을 참조하여 요구응답스펙트럼을 작성한다. 지면에 설치되는 경우, 건물에 의해 증폭과 필터링 되는 동적 특성은 포함하지 않는다.

8.2.2 건축구조물 내 설치 조건

사용자와 제조사가 동의하여 성능평가에 사용되는 건물의 층을 고려한 응답스펙트럼을 작성하여 사용하여야 한다. 사용자가 건축 구조물에 따라 결정된 설계스펙트럼에 대한 건물 내 위치별 응답을 나타내는 스펙트럼을 제공하거나 제조사가 개발하여 반영할 수 있다. 사용자는 지반의 설계응답스펙트럼의 가속도 배율을 적절하게 조절하여 건물에 의한 지진력 증폭효과를 고려할 수 있다.

8.3 요구응답스펙트럼

본 절에서 제공되는 요구응답스펙트럼(RRS)은 건축구조물 내에 설치되며, 설치지역과 위치가 특정되지 않은 경우에 적용할 수 있다. 층응답스펙트럼은 시험대상설비가 설치되는 해당 층에 대한 응답스펙트럼을 작성하여 사용하거나, ICC-ES AC 156:2010에서 제시하는 층응답스펙트럼을 사용한다. 또한 의뢰자 또는 사용자의 요구에 의하여 별도의 요구응답스펙트럼을 적용할 수 있다. 시험대상설비에 적용되어야 하는 지진의 강도는 해당 설비가 설치되는 건물의 설계 기준에 의해 결정된다. 시험에 적용되는 요구응답스펙트럼은 아래의 그림 1과 같은 형태를 가져야 하며, 식 (1) ~ (4)에 나타낸 것과 같이 지반가속도계수(S_{DS})와 높이계수비(z/h)의 함수에 의해 요구응답스펙트럼의 크기를 결정한다.

$$A_{FLX-H} = S_{DS} \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) \tag{1}$$

$$A_{RIG-H} = 0.4S_{DS} \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) \tag{2}$$

$$A_{FLX-V} = 0.67 \times S_{DS} \tag{3}$$

$$A_{RIG-V} = 0.27 \times S_{DS} \tag{4}$$

여기서 A_{FLX-H} 는 $1.6 S_{DS}$ 이하로 제한된다.

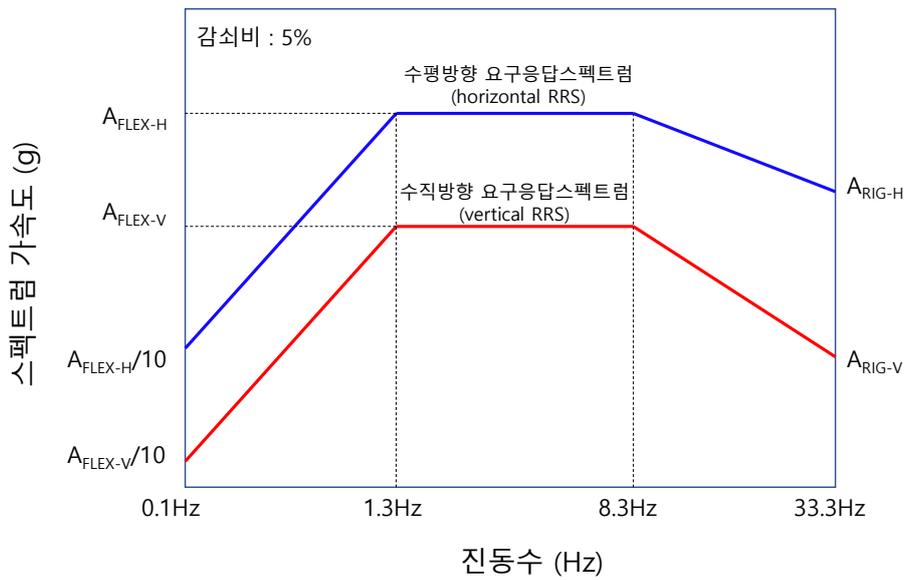


그림 1 — 진동대 시험을 위한 요구응답스펙트럼

8.4 내진 매개변수

시험을 위하여 제시되는 요구응답스펙트럼의 매개변수는 표 1과 같이 제공되어야 한다.

표 1 — 진동대 시험을 위한 내진 매개변수

설계기준	시험방법	S_{DS} (g)	z/h	수평방향 요구응답스펙트럼 (g)		수직방향 요구응답스펙트럼 (g)	
				A_{FLX-H}	A_{RIG-H}	A_{FLX-V}	A_{RIG-V}
KDS 17 10 00	ICC-ES AC156 : 2010	0.825	1.00	1.32	0.99	0.55	0.22
비고 단위는 g 또는 m/s^2 를 사용할 수 있다.							

8.5 입력지진의 작성

요구응답스펙트럼을 결정하고 1.0 Hz ~ 33.3 Hz의 에너지 성분이 포함되도록 가속도 시간이력을 작성한다. 지진파는 최대 1/12옥타브 주파수 간격으로, 가진되는 3축(X, Y, Z)에 대하여 독립성이 확인되어야 한다. 입력지진의 작성방법은 IEEE Standard 693을 참조할 수 있다.

- a) 지진파의 입력시간은 총 30 s 이상이어야 한다.
- b) 강진 지속시간은 20 s 이상이어야 하며 시간이력에서 최대 진폭의 25%에 도달한 시점부터 마지막으로 최대 진폭의 25%까지 떨어지는 시점 사이의 시간 간격으로 정의한다.

비고 서로다른 신호의 통계적 독립성은 상호상관계수로 확인할 수 있으며, IEEE Standard 344에 따라 각 축 방향에 대해 간섭함수값 0.5이하 또는 상호상관계수 값 0.3 이하 일 경우 독립성을 가지는 것으로 판단할 수 있다..

9 시험 방법

9.1 인수 검사

시험대상설비가 시험기관에 도착하면 시험기관은 시험대상품의 규격과 하부 구성품을 확인하여야 한다. 그리고 운송과 취급 중 손상이 발생하지 않았음을 육안으로 확인하여야 한다.

9.2 시험 전, 시험 후 검사

시험대상설비의 진동대 설치 중 발생할 수 있는 손상유무를 육안으로 확인하여야 한다. 그리고 진동대 시험 전 구조적 건전성을 육안으로 확인한다. 또한 계측기기의 설치 위치가 적절한지, 위치를 잘 유지하고 있는지 점검하여야 한다. 모든 진동대 시험을 종료한 후, 시험대상설비의 구조적 건전성을 육안으로 확인하고, 구성품의 탈락, 이탈, 변형, 볼트풀림 등을 기록한다.

9.3 기능 검사

기능검사는 진동대 시험 전, 중, 후에 시험대상설비의 주요 기능이 이상 없이 작동하는지를 확인하는 것이다. 5 장에 명시된 기능 요건 또는 기능 성능을 평가하기 위해서는 **부속서 A.2** 시험기관의 자격에 따른 기관에서 수행하여야 한다. 시험기관의 상황이 여의치 않을 경우 기능검사는 필요에 따라 외부 시험시설 또는 제조사의 시험시설에서 수행할 수 있다. 이러한 시설에서 수행할 경우, 기능검사 수행 과 조건에 대하여 문서화하여야 한다.

9.4 무게 측정

시험대상설비는 진동대 시험을 수행하기 전에 무게를 측정하여야 한다. 측정된 무게는 시험 보고서에 기록하여야 한다.

9.5 설치

진동대에 설치하는 시험대상설비의 지지부는 4.1.1항에서 정의된 정착조건을 모사할 수 있어야 한다. 시험대상이 단독 또는 열반되어 설치되는지 검토되어야 하며, 단독으로 설치되더라도 주변 환경을 고려할 필요가 있다. 즉, 덕트, 전선, 주변 기기 등과 함께 시험대상설비와 연결되어 강성을 가지는 설비와 동특성을 모사할 수 있도록 설치하여야 하며, 정확한 모사가 불가능할 경우 해당 시험의 구성이 엄격한 조건임을 증명하여야 한다.

9.6 계측

진동대의 수평과 수직축에 적절한 계측기기를 사용하여야 한다. 적용된 입력지진의 적절성을 확인할 수 있도록 기준 가속도계는 시험대상설비의 지지부 인접한 위치의 진동대에 설치되어야 한다. 또한 시험대상설비의 공진 진동수와 관련된 응답을 반영하는 주요 지점들에서 진동응답 모니터링 계측기를 사용하여 시험대상설비의 응답을 계측하여야 한다. 계측기기는 제조사, 최종사용자와 시험기관의 합의에 의해 시험대상설비의 내진성능을 판단할 수 있는 적절한 위치에 설치되어야 한다. 계측기기는 시험 전에 시험기관에 의해 설치, 교정되어야 한다. 시험소는 모든 계측기기의 위치, 방향 및 검교정 사항을 문서화하여야 한다.

- 3축 방향으로 설치되는 가속도계는 시험대상설비의 상단, 지지부의 상단, 주요 구성품 및 기타 주요 위치에 설치하여 시험 응답을 계측한다. 시험 가진의 신뢰성 있는 신호를 계측하기 위하여 진동대 바닥에 3축 방향으로 가속도계를 설치하여야 한다.
- 시험대상설비의 하단과 상단을 포함하여 주요 위치의 상대변위 계측을 위한 변위계를 설치하여야 한다.
- 시험대상설비와 지지구조물의 큰 변형이 예상되는 위치를 포함하여 기능유지를 위해 구조적으로 중요한 위치에 스트레인게이지를 설치할 수 있다.
- 필요한 경우 시험대상설비의 고정하중과 지진동에 의한 하중응답의 계측을 위하여 스트레인 볼트 또는 하중계를 설치할 수 있다.
- 그러나 c)와 d)는 필수사항은 아니므로 시험여건과 안전 등을 고려하여 결정할 필요가 있다.

9.7 공진주파수 검색시험

공진주파수 검색시험은 시험대상설비의 공진주파수와 감쇠비를 결정하기 위함이다. 해당시험은 기본적으로 3축(수직, 전후, 좌우)으로 실시하며 지진모사 시험 전과 후에 수행한다. 시험 전과 후의 공진주파수 변화가 20% 이상인 경우 구조적 변화를 면밀히 검토해야한다. 이 시험으로부터 얻은 자료(시험 데이터)는 내진성능시험의 기본적인 부분이지만, 탐색 시험 자체 만으로는 내진성능검증을 구성하지 않는다. 공진주파수 검색 시험은 IEEE Standard 693에 따른다.

- 공진주파수 검색시험은 시험대상설비의 공진주파수와 감쇠비를 결정하기 위하여 수행한다.
- 공진주파수 검색시험에는 정현파 소인시험(sine sweep test) 또는 광대역 랜덤시험(broadband random test) 등의 방법을 사용할 수 있다.
- 정현파 소인시험은 1 octave/min. 이하의 속도로 수행되어야 하며 1 Hz 이상의 주파수 영역을 고려하여야 한다. 33 Hz 이상의 주파수는 고려하지 않아도 된다. 충분한 가진력을 확보하기 위하여 시험대상설비의 안전에 문제가 없을 경우, 시험 가속도의 크기는 0.05 g 이상이어야 하며 0.1 g를 사용하는 것이 좋다.
- 감쇠비는 파워반감대역폭(half power bandwidth) 등의 방법을 이용하여 구할 수 있다.
- 광대역 랜덤 시험은 충분한 가진력을 확보하기 위하여 0.15 g 이상의 입력 가속도에 대하여 수행되어야 한다. 단 시험대상의 손상이 우려되는 경우 입력가속도의 크기는 조정할 수 있다.
- 시험 전과 후의 공진주파수가 20 % 이상 차이가 발생할 경우, 시험대상설비의 구조적인 변형이 발생하였을 가능성이 있으므로 구조적 변화를 면밀히 관찰할 필요가 있다. 그러나 시험의 실패를 의미하지는 않는다.

9.8 지진모사시험

지진 지반운동은 모든 방향에서 임의의 방식으로 동시에 발생한다. 따라서 지진모사시험은 수평 2방향과 수직 방향의 3 방향 기본 축에 대해 8장에서 작성한 인공지진으로 3축가진 시험으로 수행한다.

시험대상설비의 2개의 주요 수평축과 수직축에 대하여 동시 가진으로 지진모사시험이 수행되어야 한다. 예를 들어 시험대상품의 전후, 좌우, 상하 방향에 대해 시험할 수 있다.

10 시험 절차와 방법

시험절차와 방법은 다음과 같다.

- 시험대상설비를 선정한다.
- 계측계획, 시험방법을 결정한다.
- 요구되는 지진의 수준 (지진구역, 지반종류, 재현주기 등)을 결정한다.
- 기능시험과 내진검증시험이 수행될 시험기관을 결정한다..
- 기능시험은 진동대 시험 전과 후에 수행한다. 필요한 경우 시험 중 기능시험을 수행한다.
- 내진성능검증을 위한 진동대시험 계획의 예

표 2 —시험 절차와 방법

순서	시험	시험방법	비고
1	인수검사	육안 점검	규격과 하부구성품 확인
2	무게 측정	저울을 이용한 무게 측정	
3	설치	시험대상설비의 진동대 고정	
		계측기기 점검	
4	시험전 검사	육안점검	
5	시험전 기능검사	정의된 기능 작동 유무 확인	예) on-off-on 시험, 전기신호 계측 등
6	진동대 시험	공진주파수 검색 시험	전후, 좌우, 상하 방향 독립 시험
		지진모사시험	3축가진 시험 필요시 시험 중 기능의 연속성 확인
		공진주파수 검색 시험	전후, 좌우, 상하 방향 독립 시험
7	시험후 검사	육안점검	손상, 변형 및 구성품 탈락 등 점검
8	시험후 기능검사	정의된 기능 작동 유무 확인	예) on-off-on 시험, 전기신호 계측 등

11 시험응답스펙트럼의 요구응답스펙트럼 포락확인

시험응답스펙트럼은 진동대 바닥에 위치한 가속도계의 계측신호를 사용하여 정당한 분석 기술 또는 응답스펙트럼 분석 장비를 사용하여 계산하여야 한다. 시험응답스펙트럼의 요구응답스펙트럼 포락확인 조건은 IEEE Standard 693을 참조할 수 있다.

SPS-F KOCED 0026-일련번호:2021

- a) 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼과 동일한 감쇠값을 사용하여 계산되어야 한다
- b) 시험응답스펙트럼은 1.3 Hz ~ 33.3 Hz의 주파수 범위에서 최대 1/12 옥타브 대역폭 분해능을 기반으로 요구응답스펙트럼을 포락하여야 한다
- c) TRS는 RRS의 - 10 % / + 50 % 허용범위에서 RRS를 포락하여야 한다. TRS가 RRS의 + 50 %를 초과하여 RRS를 포락하는 경우, 제조사의 동의가 필요하다.
- d) 공진주파수가 해당 범위에서 발견되지 않을 경우 15 Hz이상에서 TRS가 허용오차를 초과하는 것은 허용할 수 있다.
- e) 진동대 장비는 시험대상설비의 최저 공진주파수의 0.70 배에 해당하는 주파수에서 최대 33 Hz까지의 모든 주파수에서 시험대상설비를 고려하여 TRS가 RRS를 포괄할 수 있어야 한다. 예를 들어 공진 검색시험으로 확인된 최저 공진주파수가 4 Hz일 경우, $4 \text{ Hz} \times 0.70 = 2.8 \text{ Hz}$ 이상의 주파수 영역에서 시험을 수행할 수 있어야 한다
- f) -10 % 이내의 허용범위내에서 RRS보다 낮은 점은 5개 이하여야 한다.

12 시험결과의 보고

시험의 결과는 다음의 사항에 대하여 보고하여야 한다.

- a) 시험 개요도(outline drawing)
- b) 시험 날짜, 온습도 및 시험기관의 위치와 연락처
- c) 시험자의 이름과 직함
- d) 시험장비, 시험 방법 및 기기에 대한 설명
- e) 시험 구성과 계측 계획
- f) 시험대상설비의 세부사항과 재료물성
- g) 시험대상설비의 구성요소와 일련번호
- h) 시험 전 후의 공진주파수 검색결과
- i) RRS와 TRS의 비교
- j) 최대가속도, 최대응력, 최대변위, 허용기준 비교
- k) 관찰된 손상 보고
- l) 참관인의 참관상세(상세한 시험 참관 내용)와 해당 내용의 문서화
- m) 시험장비의 마지막 교정 날짜와 증빙
- n) 시험 사진과 동영상

부속서 A (참고)

제조사와 시험기관

A.1 제조사와 시험기관의 정보

다음과 같이 제조사와 시험기관의 정보를 명시하여야 한다.

- a) 제조사 정보
 - 제조사 : 업체명
 - 주소 : 제조사 주소
 - 책임자 : 책임자의 이름
 - 연락처 : 책임자의 전화번호
 - 이메일 : 책임자의 이메일주소
- b) 시험기관 정보
 - 시험기관 : 기관명
 - 주소 : 시험기관 주소
 - 책임자 : 시험책임자의 이름
 - 연락처 : 시험책임자의 전화번호
 - 이메일 : 시험책임자의 이메일주소

A.2 시험기관의 자격

시험기관은 아래의 사항을 만족하여야 한다.

- a) 시험대상설비의 무게는 진동대 장비의 용량을 초과하지 않아한다.
- b) 진동대 장비는 시험대상설비의 최저 공진주파수의 0.70 배에 해당하는 주파수에서 최대 33 Hz까지의 모든 주파수에서 시험대상설비를 고려하여 TRS가 RRS를 포괄할 수 있어야한다. 예를 들어 공진 검색시험으로 확인된 최저 공진주파수가 4 Hz일 경우, $4 \text{ Hz} \times 0.70 = 2.8 \text{ Hz}$ 이상의 주파수 영역에서 시험을 수행할 수 있어야 한다.
- c) 진동대 장비는 1 Hz 미만에서 시험을 수행할 수 있어야 한다. 특히, 수평 방향과 수직 방향 모두에서 최소 1 Hz의 공진주파수를 식별할 수 있어야 한다.
- d) 시험기관의 장비는 기기의 내진검증에 필요한 모든 시험을 수행할 수 있어야 한다.
- e) 시험기관의 직원은 시험 수행 경험이 있어야 하며 시험기관은 시험보고서를 완성하는 데 필요한 데이터를 생성할 수 있어야한다.
- f) 기능시험은 시험기관에서 수행하는 것이 권고되지만, 시험기관 장비성능의 한계와 안전 등의 이유로 시험이 불가능할 경우, 참관인의 참관 하에 타 시험기관 또는 제조사의 기능시험소에서 수행할 수 있다.
- g) 시험기관은 ISO 17025 (시험소 또는 교정기관의 능력에 관한 일반 요구사항) 또는 이에 준하는 품질 시스템을 확보한 기관이어야 한다.

부속서 B (참고)

진동대 실험용 설계스펙트럼 가속도 계산 예시

B.1 계산방법

내진성능평가를 위한 진동대 시험을 위한 요구응답스펙트럼과 가속도 시간이력은 국내외 건축물 내진설계기준과 내진설계기준 공통적용사항을 고려하고, ICC-ES AC156의 요구사항을 반영하여 작성하였다.

건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)에 따라 그림 B.1의 설계응답스펙트럼을 이용하여 단주기 설계스펙트럼 가속도(S_{DS})를 계산하면 (B.1)의 식과 같다. 단, 연약지반의 경우 지반조사를 통하여 입력지반 운동을 결정하여야 하므로 변수에서 제외하는 것이 바람직하다.

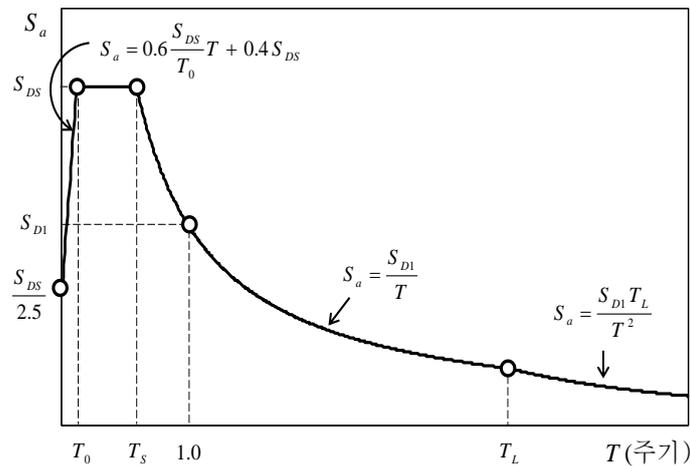


그림 B.1 — 설계응답가속도스펙트럼

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 \tag{B.1}$$

$$S = Z \times I \tag{B.2}$$

식 (B.1)에서 S는 유표지반가속도이며 F_a 는 단주기 지반증폭계수이다. 식 (B.2)의 S는 표 B.1과 표 B.2에 따라 지진구역 I의 지진구역계수(Z)에 표 B.3에 따라 2 400년 재현주기에 해당하는 위험도계수 (I) 2.0을 곱한 값인 0.22를 적용한다

표 B.1 — 지진구역

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부
II	도	강원 북부, 제주

표 B.2 — 지진구역계수 (평균재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
지진구역계수 (Z)	0.11	0.07

표 B.3 — 평균재현 주기별 위험도계수

평균재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도계수, I	0.40	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

지반증폭계수 F_a 는 지반종류를 고려하여 1.5 로 가정하였으며 계산된 S_{DS} 는 0.55 이다. 발전용 수력 설비와 화력설비, 송전설비, 배전설비, 변전설비 등 관계 법령에 따라 내진설계를 해야 하는 대부분의 발전시설은 중요시설에 해당하는 것으로 간주할 수 있다. 따라서, 지진재현주기를 2 400년으로 정하는 것이 타당하다.

표 B.4 — 지반증폭계수

지반종류	단주기지반증폭계수 (F_a)			장주기지반증폭계수 (F_y)		
	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

건축구조물이 아닌 경우 2017년 제안된 내진설계기준 공통적용사항을 참조하여 결정할 수 있다. 내진설계기준 공통적용사항은 시설별 내진설계기준의 일관성 유지를 위하여 대부분의 국내 시설의 내진설계에 반영하는 것을 목적으로 제안된 것으로 ASCE 7, IBC, 건축물 내진설계기준과 내진설계기준 공통적용사항과 연계가 가능하다.

유효지반 가속도(S)의 계산은 식 (B.2)와 동일하지만 단주기 설계스펙트럼 가속도(S_{DS})는 식 (B.1)과 차이가 있으며, 식(B.3)과 같다. 즉, 건축물 내진설계기준과 내진설계기준 공통적용사항의 S_{DS} 는 2/3 배 차이가 난다. F_a 를 1.5 로 가정하고 S 가 0.22 일 경우, 내진설계기준 공통적용사항의 S_{DS} 는 0.825 이다.

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \quad (B.3)$$

$$A_{FLX-H} = S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \quad (B.4)$$

$$A_{RIG-H} = 0.4S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \quad (B.5)$$

$$A_{FLX-V} = 0.67 \times S_{DS} \quad (B.6)$$

$$A_{RIG-V} = 0.27 \times S_{DS} \quad (B.7)$$

인공지진의 가속도 시간이력 생성을 위한 ICC-ES AC156의 요구응답스펙트럼은 그림 1과 같으며 내진변수(seismic parameter)는 표 B.5에 나타내었다. 정의되지 않은 임의의 구조물에 실험대상설비가 설치된다고 가정하였을 때, 모든 층에 설치될 수 있으므로 구조물의 최 상층에 설치하는 것으로 가정하면 구조물과 설치 위치의 비(z/h)는 1이 된다. 요구응답스펙트럼은 ICC-ES AC156의 요구사항에 따라 작성하였으며, 감쇠비는 5 %이다. 식 (B.4)와 식 (B.5)는 수평방향, 식 (B.6)은 수직방향의 스펙

SPS-F KOCED 0026-일련번호:2021

트림가속도(spectral acceleration) 결정을 위한 식이다. 여기서, A_{FLX-H} 는 S_{DS} 의 1.6배를 초과할 수 없다. 시간이력은 ASCE 4-98을 참조하여 사다리꼴 포락함수를 적용하여 작성할 수 있으며 각 축방향의 상관관계는 검토하여야 한다.

서로 다른 두 방향의 상관관계는 ASCE 4-98과 IEEE Standard 344를 참조하여 상관계수함수 (correlation function) 값이 0.3 이하가 되도록 하고, 진동지속시관과 강진지속시간은 각각 30 초와 20 초로 작성하여 실험에 적용할 수 있다.

표 B.5 — 진동대 실험용 내진시험 매개변수 산정 예

설계기준	시험 방법	S_{DS} (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				A_{FLX-H} (g)	A_{RIG-H} (g)	A_{FLX-V} (g)	A_{RIG-V} (g)
KDS 17 10 00	ICC-ES AC156 : 2010	0.550	1.00	0.88	0.66	0.37	0.15
내진설계 기준공통 적용사항	ICC-ES AC156 : 2010	0.825	1.00	1.32	0.99	0.55	0.22

참고문헌

- [1] Korean Design Standard, Seismic Design Code of Buildings (KDS 41 17 00), Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2019.
- [2] ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016.
- [3] ASCE 4-98, Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures, 2000.
- [4] IBC, International Building Code, International Code Council, 2015.
- [5] California Building Code, State of California, 2016
- [6] International Code Council, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components (ICC-ES AC 156), Whittier, CA., 2010.
- [7] FEMA Report 461, Interim Testing Protocols for Determining the Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components, Federal Emergency Management Agency, 2007.
- [8] IEC 60068-3-3, Environmental testing - Part 3-3: Guidance - Seismic test methods for equipments, 1991.
- [9] IEC 60068-2-57, Environmental Testing-Part 2-57:Tests – Test Ff:Vibration–Time-History and Sine-beat Method, 2013
- [10] IEC 62271-210, High-voltage switchgear and controlgear – Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.- IEEE Standard 344-2004, IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, 2013.
- [11] IEEE Standard 323, IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, 2003.
- [12] IEEE Standard 382, IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations, 2006
- [13] IEEE Standard 693-2018, IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations, 2018
- [14] IEEE Standard C37.98, IEEE Standard for Seismic Qualification Testing of Protective Relays and Auxiliaries for Nuclear Facilities, 2013
- [15] M. R. Karim, Special Seismic Certification OSHPD, Facilities Development Division The Building Department for California's Hospitals Presentation, 2010
- [16] Telcordia, Network Equipment-Building System(NEBS) Requirements: Physical Protection, GR-63-CORE, Issue 3, 2006
- [17] 방송통신설비의 내진 시험방법, 국립전파연구원공고 제2015-14, 국립전파연구원, 2015
- [18] 임승현, 전법규, 장성진, 최인길, 지진하중 하에서 로킹모드에 의한 캐비닛의 응답특성 분석, 한국소음진동공학회논문집 29(6): 735~744, 2019
- [19] 전법규, 윤다운, 신용재, 정우영, 진동대 시험을 이용한 수력발전소 RTU 패널의 내진성능평가, 한국소음진동공학회논문집 29(6): 770~779, 2019
- [20] 전법규, 기계 및 전기설비의 내진성능 시험방법, 28(3):40-49
- [21] 김대곤, KBC 비구조요소 내진설계하중, 한국공간구조학회지, 14(1):77-84

SPS-F KOCED 0031-xxxx:2021

해 설

이 해설은 이 표준과 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다

1 개요

1.1 제정의 취지

최근 보고되고 있는 국내 지진피해사례를 살펴보면 구조물이 아닌 내부에 설치된 주요 설비와 기기 등과 같은 비구조요소의 파손사례가 많았으며, 이로 인하여 사회간접자본 시설이 직·간접적으로 손상을 입게 되어 인명과 재산피해가 추가적으로 발생한 사례들이 보고되고 있다. 최근 발생한 2016년 경주지진과 2017년 포항지진의 다양한 지진피해사례 중 주요 사회간접자본 시설 중의 하나인 발전소의 피해사례도 있었으며, 그 중 비구조요소인 전기기기와 배관설비 등의 피해도 다수 보고된 바 있다. 시설물 내 대표적인 기계·전기 비구조요소인 전기캐비닛의 경우 일반적으로 시설물 고유의 기능을 유지하기 위하여 전기적인 제어 등의 역할을 수행한다. 그러므로 전기캐비닛의 손상은 시설의 기능장애를 유발할 수 있으며, 특히 발전플랜트, 송변전설비와 같은 사회기반 시설의 기능장애는 사회전반적인 막대한 손실을 동반하는 2차 피해로 이어질 수 있기 때문에 반드시 내진 안전성이 확보되어야 한다.

1.2 제정 경위

단체표준 개발을 위해 본 운영원에서 시험기관협의체를 구성하고, 이해관계인들의 의견을 반영한 후 전기캐비닛의 내진성능평가를 위한 진동대 시험방법(안)을 2021년 00월 00일에 작성하였으며, 이후 단체표준심사위원회를 구성하여 총 0회에 걸쳐 단체표준(안)을 심의하였다. 또한 여러 차례에 걸쳐 이해관계자들의 의견을 수렴하였고, 2021년 00월 00일부터 2021년 00월 00일까지 운영원 홈페이지에 제정 예고 및 안내를 거쳐 단체표준(안)에 대한 합의를 도출하였다. 그 결과, 2021년 00월 00일에 최종안을 의결하였고, 이를 표준으로 제정하였다.

2 규정항목의 내용과 근거

이 표준은 국내 내진설계 기준 즉, 건축물 내진설계 기준과 내진설계기준 공통적용사항을 바탕으로 입력지진을 정의하였으며, 국내외 진동대 시험방법을 참조하여 전기캐비닛의 내진성능을 평가할 수 있는 방법을 제시하였다

2.1 적용범위

이 표준은 구조물의 바닥 및 구조물의 후면이나 측면에 에 지지된 전기캐비닛의 내진성능 평가를 위한 진동대 시험방법에 대하여 규정한다. 이 표준에 명기되지 아니한 항목이라도 시험자와 사용자는 신뢰할 수 있는 진보된 시험방법이 있다면 이를 적용할 수 있으며, 이 경우 관련 내용과 근거를 명기하여야 한다.

2.2 시험항목, 요구조건 및 시험방법

일반적으로 비구조 요소의 구조적인 내진 성능은 유한요소 해석기법의 발전으로 해석적인 방법으로 충분히 건전성(structural integrity)을 확인, 검증하는 것이 가능하다. 여기서 해석적인 방법이라 함은 시험대상설비의 구조를 수치해석적인 방법으로 모델링하고 지진가속도를 부여하여, 외부 손상 여부와 변형 등의 판정조건을 확인하는 간접적인 방법을 말한다. 그러나 기계, 전기설비와 같이 내진성능을 검증하고자 하는 대상의 구조적 안전성 뿐만 아니라 지진 발생 전, 후의 시험대상이 가지고 있

는 고유의 기능을 확인하여야 하는 경우 실증시험을 통한 기능유지의 확인이 반드시 필요하다. 기계, 전기설비에서의 기능 예컨대, 지진 중 배전반의 단락 여부, 차단기의 차단 기능, 각종 조정장치의 정상작동과 기능유지의 여부 등은 해석적인 방법으로 검증하는데 한계가 있다.

발전시설, 변전시설, 관제시설 및 의료기기 등과 같이 생명안전과 관련된 기계와 전기설비는 지진 발생 중 또는 지진 발생 후의 기능유지가 매우 중요하다. 지진이 빈번한 일본, 미국 및 유럽에서는 이러한 기계, 전기설비의 내진성능을 평가하고 검증하기 위한 시험평가방법이 체계화되어 있으며, 특히 진동대 장비를 이용한 실증실험 방법이 잘 정립되어 있다. 국내 제조사들이 제품을 미국, 중동 등의 강진지역으로 수출하고자 할 때 필요한 내진성능 검증은 각각의 해당 분야에서 국제 규격 또는 구매자가 요구하는 민간규격을 따르고 있는 실정이다. 일반적인 비구조 요소의 내진성능을 검증하기 위한 진동대 시험방법은 미국의 ICC-ES AC156이 대표적이며, 통신장비에 대해서는 Telcordia 사의 GR-63-CORE가 있다. 변전소 시설에 대한 내진안전성은 IEEE Standard 693에서 요구하고 있는 시험 절차에 따라 수행하고 있으며, IEC 62271-210에 의하여 고전압 스위치기어에 대한 시험을 수행할 수 있다. 원자력발전소에 설치되는 비구조 요소의 내진성능검증에는 IEEE Standard 344, IEEE Standard 323 또는 IEEE Standard 382 등의 기준이 적용되고 있다.

우리나라에서는 전기, 전자기기의 내진시험방법의 지침으로 IEC 60068-3-3을 번역하여, 기술적 내용과 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 규격을 제시하고 있으며, 방송통신설비의 내진시험방법이 제정되어 전기, 방송통신 설비에 대한 내진시험 방법론을 제시하고 있다. 국내 원자력발전소의 안전 관련 기기의 경우 IEEE Standard 323과 IEEE Standard 344을 준용하여 원전안전관련 설비성능검증(원자력안전법 시행규칙 총리령 제 1180호, 2015.7.21.)에 의거해 진행되고 있다.

산업전반에 걸쳐 다양한 기계와 전기설비들이 적용되고 있으나 현재 국내에서는 적절한 시험 방법과 시험절차가 개발되어 있지 않아 국립전파연구원에서 개정한 방송통신설비의 내진시험 방법과 국외의 IEEE, IEC 등의 규격으로 대체하여 실험하고 있는 실정이다. IEEE Standard 344의 경우, 원전 전력설비와 기기의 내진시험방법으로 진보하고 안전성과 합리성이 입증된 시험 방법이나 지나치게 보수적이며, IEEE Standard 693은 변전시설에 국한된 시험방법으로 내진설계를 위한 시험검증방법으로서 일반적인 시설과 설비에 적용하기에는 무리가 있을 수 있다. ICC-ES AC 156은 그 적용 대상이 불분명하고 기능적 확인 등의 기준이 모호하다. 따라서 본 표준은 IEEE Standard 344, IEEE Standard 693, ICC-ES AC 156, IEC-60068-3-3 등의 시험방법을 인용하여 진동대 시험으로 전기캐비닛의 내진성능을 평가하기에 알맞도록 작성하였다.

표 1 — 진동대를 이용한 기계 및 전기설비의 내진성능 검증방법 및 그 목적

시험 방법	시험 목적
ICC-ES AC 156	· IBC, ASCE 7, FEMA 461, IEEE 344 등을 기반으로 비구조요소의 내진성능 검증을 위한 진동대 실험 방법 세부절차 제공
OSHPD Special Seismic Certification	· 캘리포니아주 병/의원 납품 설비에 대한 내진성능 검증 · ICC-ES AC 156의 시험방법을 도입하여 설계기준에 대한 최소 성능 확인, 인명피해 예방을 목적
IEEE Standard 344	· 원자력발전소 Seismic Category I 설비를 대상 · 지진 조건하에서 안전관련 장비의 기능 검증 · 지진 조건하에서 안전관련 장비의 구조적 완전성 검증
IEEE Standard 382	· 배관시설에 장착되어 기능의 가동여부가 입증되어야 하는 계측 및 제어 부품들의 내진 성능 검증을 위해 제안
IEEE Standard 693	· 변전시설의 내진설계 최소요구사항 제공, 내진설계기준에 대한 마진 확인 · 원자력발전소 Class E1 설비 제외

IEC-60068-3-3	<ul style="list-style-type: none"> · 내진성능 검증 시험을 위한 적절한 방법 제공 · 제품규격의 성능 보증을 목적 · 일반내진 시험 등급 : 지진환경이 정의되지 않은경우에 대한 방법(지리적인 장소 및 구조물이 미확정) · 특별 내진 시험등급 : 지진환경이 정의된 경우에 대한 방법(높은 신뢰성 및 안전성 요구)
IEC 62271-210	<ul style="list-style-type: none"> · 고전압스위치기어 및 조정장치의 내진성능 검증방법 및 세부절차 제공 · IEEE Std 693의 5 % 감쇠 요구응답스펙트럼 사용 · IEC 60068-3-3의 시험절차 준용
방송통신설비의 내진시험방법	<ul style="list-style-type: none"> · 방송통신설비의 내진설계 검증을 위한 시험방법 · 방송통신설비의 지진대책 적용을 위한 시험 및 확인방법 등에 관한 세부사항

표 2 — 기계 및 전기설비 내진성능 검증방법들의 판정조건 비교

시험방법	대표적 판정 기준	기능유지 요구사항	기타
방송통신설비의 내진시험방법	<ul style="list-style-type: none"> ·전복 또는 전도 ·앵커 볼트의 건전성 ·구조건전성(변형 또는 파손) ·상단 단방향 상대변위 < 75mm 	·시험 전, 중, 후 통신 신호 확인	-
ICC-ES AC 156	<ul style="list-style-type: none"> ·앵커 볼트의 건전성 ·내력부재의 구조 건전성 ·제한적인 변형은 허용됨 (앵커, 부품 연결부 제외) 	·시험 전, 후 기능 확인	전구교체 등의 사소한 수리는 허용될 수 있음
IEEE Standard 693	<ul style="list-style-type: none"> ·허용응력의 초과여부 ·누설, 영구변형 등의 구조적 손상 	·시험 전, 중, 후 기능 확인	시험 전 후 공진점의 오차가 20 % 이상일 경우 손상의 심(판정기준은 아님)
IEC-60068-3-3	<ul style="list-style-type: none"> ·규준 0 : 시험 전, 중, 후 불량인 없는 기기 ·규준 1 : 시험 중 불량, 시험 후 정상작동 ·규준 2 : 시험 중 불량, 시험 후 재설정 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ·제품 규격에 명시된 기능 확인 ·신호단락시간 < 5ms 	내진성능 기능 규준의 분화
IEEE Standard C37.98-2013	N/A	·신호단락시간 < 2ms	-

2.3 시험대상설비의 설치

대부분의 시험방법에서는 시험대상설비를 진동대에 설치할 때 변형과 파손이 발생하지 않도록 유의하여야 하며 최대한 실제 설치되는 조건을 반영하도록 요구하고 있다. 본 표준에서는 IEEE standard 344, ICC-ES AC 156등의 표준을 참고하여 현장조건을 최대한 모사하여 설치하도록 규정하였다. 일반적으로 진동대 시험을 위해 전기캐비닛은 강제 지그를 이용해 진동대에 고정하여 현장의 지지조건을 모사하지 못하는 경우가 대부분이다. 전기캐비닛과 기초가 앵커고정 되는 경우, 지진동에 의한 지지부의 국부변형으로 캐비닛의 들림과 이로 인한 충격이 발생할 수 있다. 그러므로 신뢰성있는 시험을

위하여 현장의 지지조건을 최대한 유사하게 고려하여야 한다.

2.4 시험대상설비의 구조와 기능 건전성

국내외 대부분의 시험방법에서는 시험대상설비의 지지부와 구조의 건전성이 확보되어야 하며 시험 전과 후에 기능의 연속성이 보장되어야 할 것을 요구한다. 전기캐비닛의 종류는 다양하여 기능을 명확하게 정의하기 어려운 경우가 대부분이다. 그러므로 본 표준에서는 ICC-ES AC 156을 인용하여 기능 확인을 위한 기능요구사항 및 자세한 설명은 제공할 것을 권고한다. 시험대상설비의 특정 기능을 정의하기 어려운 경우, 제조사와 최종 사용자의 협의에 의해 기능유지 조건을 시험 전에 정의하여야 한다. 예를 들어 적절한 정보가 없는 경우, IEC 60068-3-3에 따라 전기회로가 5ms 이상 단락되는 경우 기능불량으로 가정할 수 있다.

2.5 공진주파수 검색시험

진동대 장비를 이용한 공진주파수 검색시험은 대부분의 규격에서 광대역 랜덤파의 입력 또는 정현파 소인 시험과 광대역 랜덤 시험을 주로 권고하고 있다. 본 표준에서는 IEEE Standard 693에 근거하여 정현파 소인시험과 광대역 랜덤 시험을 모두 적용하였다.

2.6 입력지진

시간이력은 제시되어지는 요구응답스펙트럼을 만족하도록 작성하여야 하고 강진지속시간 또는 진동지속시간을 충분히 가질 수 있도록 작성할 것을 요구하고 있다. 기계와 전기설비의 내진성능 검증을 위한 대부분의 진동대 시험방법의 강진지속시간은 15초 또는 20초 이상이며 진동지속시간은 특별히 정의되지 않은 경우도 있으나 일반적으로 30초 이상으로 작성한다. 본 표준에서는 강진 지속시간은 IEEE Standard 693과 ICC-ES AC 156에 근거하여 20초 이상이 되도록 하였다. 진동지속시간은 IEEE Standard 344와 IEC 62271-210, ICC-ES AC 156에 근거하여 30초로 하였다.

요구응답스펙트럼의 감쇠비는 2% ~ 5%를 권장하고 있으며 스펙트럼이 정의되지 않고 최종사용자에 의해 제시하는 요구응답스펙트럼을 적용하는 경우도 있다. 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼을 기본적으로 포락하여야 하며 시험응답스펙트럼의 허용폭이 제시되고 있다. IEEE Standard 693과 방송통신설비의 내진시험방법은 150%를 초과하지 않을 것을 요구하고 있으며 ICC-ES AC156은 130%를 초과하면 시험대상설비의 파손을 초래할 우려가 있으므로 유의할 것을 권고하고 있다.

각 축방향 입력시간이력사이의 간섭함수(Coherence function) 또는 상관관계함수(Correlation coefficient)를 확인하여 보고하도록 권고하고 있다. IEEE Standard 344에서는 입력시간이력간의 간섭함수가 0.5 이하로 요구하고 있으며 방송통신설비의 내진시험방법에서는 간섭함수 0.5이하 또는 상관관계함수 0.3이하를 요구하고 있다. 뿐만 아니라 ICC-ES AC156은 입력시간이력간의 비간섭성(incoherent)를 확인하도록 하고 있다. 하지만 IEEE Standard 693, IEC 62271-210, IEC60068-3-3등과 같이 입력시간이력의 상관관계 확인을 요구하지 않는 경우도 있을 수 있다. ASCE 4-98에서는 입력시간이력의 상관관계함수 0.3 이하가 되도록 권고하고 있으므로 입력시간이력간의 상관관계 확인을 별도로 요구하고 있지 아니하더라도 이를 참조하여 입력시간이력의 상관관계함수가 0.3 이하가 되도록 작성하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 따라서 본 규격에서는 IEEE standard 344와 ASCE 4-98을 인용하여 상관관계함수 0.3이하 또는 간섭함수 0.5이하가 되도록 하였다.

표 1 — 기계 및 전기설비 내진성능 검증방법들의 시간이력 작성 시 고려사항

	요구응답스펙트럼의 감쇠	진동지속시간	강진지속시간	상관관계 확인

IEEE Standard 693	2 %	N/A	20	N/A
IEEE Standard 344	N/A	> 30 (under equivalent peak stress 100 cycles)	15	< 0.5 (Coherence Function) < 0.3 (Correlation Function)
IEC 62271-210	5 %	> 30	20	N/A
IEC 60068-3-3	5 % 권장 (2 % ~10 %)	N/A	N/A	N/A
ICC-ES AC 156	5 %	> 30	20	Incoherent Check
방송통신설비의 내진시험방법	2 %	N/A	15	< 0.5 (Coherence Function) < 0.3 (Correlation Function)

2.7 인용기준

이 표준에서 적용된 국내외기준은 다음과 같다.

-KDS 41 17 00, 건축물 내진설계기준

: 국내 건축물 내진설계 기준

- ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

: ASCE(American Society of Civil Engineering)에서 개발한 건축물과 구조물의 최소 설계하중 기준

- ASCE 4-98, Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary

: ASCE(American Society of Civil Engineering)에서 개발한 원자력 안전관련 구조물의 지진해석 기준

- IBC, International Building Code

: ICC(International Code Council)에서 개발한 건축구조기준으로 구조물의 건진성과 안전관련 요구사항을 제시

- ICC-ES AC156: 2010, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components

: IBC, ASCE 7, FEMA 461, IEEE 344 등을 기반으로 비구조요소의 내진성능 검증을 위한 진동대 실험 방법

- IEC 60068-3-3 INTERNATIONAL STANDARD, Environmental testing Part 3: Guidance Seismic test methods for equipments

: 제품규격의 성능보증을 목적으로 내진성능검증을 위한 방법

- IEC 62271-210, 2013, High-voltage switchgear and controlgear – Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

: 고전압스위치기어 및 조정장치의 내진성능 검증방법 및 세부절차

- IEEE Standard 344-2004, IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment

for Nuclear Power Generating Stations

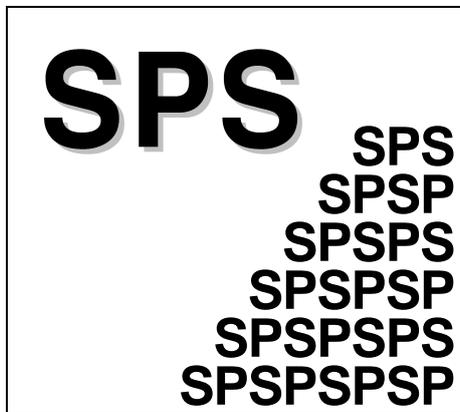
: 원자력발전소 **Seismic Category I** 설비를 대상으로 지진 조건하에서 안전관련 장비의 기능 및 구조적 안전성을 검증하기 위한 방법

- **IEEE Standard 693-2018, IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations**

: 변전시설의 내진설계 최소요구사항 제공, 내진설계 검증을 위한 시험 방법

SPS-F KOCED 0026-일련번호:2021

SPS-F KOCED 0031-일련번호:2021



**Shake-table testing method for seismic performance evaluation
of electrical cabinet**

ICS 91.060