

전기용품 안전기준

K 60068-2-6

[IEC 1995-03]

환경 시험

제2부: 시험방법

시험 Fc: 진동(정현파)

목 차

1 적용 범위	4
2 인용 규격	4
3 정의	5
4 시험 요구사항	8
5 엄격도	11
6 전처리	15
7 초기 측정	15
8 시험	15
9 중간 측정	17
10 후처리	17
11 최종 측정	17
12 관련 규격에 제공되어야 할 정보	17

부속서 A 시험Fc에 대한 지침	19
-------------------------	----

부속서 B 주로 부품에 적용하는 엄격도의 보기	34
---------------------------------	----

부속서 C 주로 기기에 적용하는 엄격도의 보기	36
---------------------------------	----

표

표 1 - 하한 주파수	11
표 2 - 상한 주파수	11
표 3 - 권장 주파수 범위	12
표 4 - 하한 중첩 주파수(8Hz~10Hz)에 대한 권장 진동 진폭	13
표 5 - 상한 중첩 주파수(58Hz~62Hz)에 대한 권장 진동 진폭	13
표 6 - 상한 주파수 10Hz의 주파수 범위에만 적용 가능한 권장 진동 변위 진폭	

표 A.1 - 스위프 사이클 수 밀 연관된 축 당 내구 시간	28
---	----

표 A.2 - CB 응답 시간	30
------------------------	----

표 A.3 - CPB 응답 시간	30
-------------------------	----

표 B.1 - 스위프에 의한 내구-상한 중첩 주파수의 예	34
표 C.1 - 스위프에 의한 내구-하한 중첩 주파수의 예	36
표 C.2 - 스위프에 의한 내구-상한 중첩 주파수의 예	37

그 립	39
그림1 낮은 중첩주파수(8Hz -10Hz)에 대한 진동진폭의 관계를 나타내는 그래프	39
그림2 높은 중첩주파수(58Hz -62Hz)에 대한 진동진폭의 관계를 나타내는 그래프	40
그림3 주파수에 대한 진동 변위 진폭의 관계를 나타내는 그래프(10Hz 상한 주파수의 주파수 범위에 대해서만 적용)	41
그림A.1 방진장치에 대한 일반화된 전달률	42

주) — : IEC 기준과 상이한 부분
 * : 적용하지 않아도 되는 부분
 ※ : 추가된 부분

환경 시험

제2부: 시험방법

시험 Fc: 진동 (정현파)

1. 적용 범위

IEC 60068의 본 규격은 소자, 장비 및 기타 물품(이하 시험품라 한다)이 규정 정현파 진동 가혹도를 견디는 능력을 측정하기 위한 표준 절차를 제공하는 시험법을 기술한다.

이 시험의 목적은 시험품의 규정 성능에서의 기계적 취약성 및/또는 열화를 측정하고, 시험품의 합부성(acceptability)을 결정하기 위해 이 정보를 관련 규격과 연계하여 이용하는 것이다. 경우에 따라서 이 시험법은 동적 작용 연구를 위해 시험품의 기계적 견고성을 증명하는데 사용할 수 도있다. 시험에서 인용되는 엄격도로 부터의 선택을 기초로 하여 부품을 분류하는 것도 가능하다.

2. 인용 규격

다음 규격은 본 표준이 근거로 하고 있는 규정을 포함하고 있다. 간행 당시에는 아래 판들이 유효하였다. 모든 규격들은 개정되기 마련이므로 IEC 60068의 본 부에 근거해 합의한 당사자들은 아래 일람한 규격 가운데 가장 최신판의 적용 가능성을 조사하도록 권장한다. IEC 및 ISO 회원들은 현재 유효한 국제 표준의 인증 목록을 유지한다.

IEC 60050(721): 1991, 국제전기기술 용어(IEV) — 721장 : 전신 팩시밀리 및 데이터 통신

IEC 60068-1: 1988, 환경시험방법 제1부 : 일반 사항 및 지침 개정 1판(1992)

IEC 60068-2-34: 1973, 환경시험방법 제2부 : 시험 Fd : 임의의 진동 폭 밴드 - 일반 요구사항 개정 1판(1983)

IEC 60063-2-35: 1973, 환경시험방법 제2부 : 시험 Fda : 임의의 진동 폭 밴드 - 고 재생 개정 1판(1983)

IEC 60068-2-36: 1973, 환경시험방법 제2부 : 시험 Fdb : 임의의 진동 폭 밴드 - 중간 재생 개정 1판(1983)

IEC 60068-2-37: 1973, 환경시험방법 제2부 : 시험 Fdc : 임의의 진동 폭 밴드 - 저 재생 개정 1판(1983)

IEC 60068-2-47: 1982, 환경시험방법 제2부 : 시험 - 충격(Ea), 펄프(Eb), 진동(Fc 및 Fd)을 포함한 동적 시험시의 부품, 설비 및 다른 물건의 장착, 정상상태의 가속(Ga), 지침 개정 1판(1983)

IEC 60068-2-64: 1993, 환경시험방법 제2부 : 시험 Fh : 임의의 광대역 진동(디지털 조정) 및 지침

IEC 60721-1: 1990, 환경조건 분류 - 제1부 : 환경 변수 및 엄격도 개정 1판(1992)

ISO 2041: 1990, 진동 및 충격 - 용어

3. 정의

정의(알파벳 순)

실제 운동(Actual motion)	3.7
기본 운동(Basic motion)	3.6
중심 공진주파수(Centred resonance frequency)	3.10
감시점(Check point)	3.2.1
임계주파수(Critical frequencies)	3.9
감폭(Damping)	3.8
가상 기준점(Fictitious reference point)	3.2.2.1
고정점(Fixing point)	3.1
g_n	3.12
계측점(Measuring points)	3.2
다점 제어(Multipoint control)	3.3.2
기준점(Reference point)	3.2.2
한정 주파수 소인(Restricted frequency sweeping)	3.11
신호 허용차(Signal tolerance)	3.5

1점 제어(Single point control)	3.3.1
소인 사이클(Sweep cycle)	3.4

사용된 용어들은 대개 ISO 2041 및 IEC 60068-1에 정의된 것들이다. 그러나 스위프(sweep) 사이클(3.4)과 신호 허용차(3.5)는 본 규격에서 특수한 의미를 갖는다. 아래에 설명한 그 밖의 용어들은 ISO 2041이나 IEC 60068-1과 동일하지 않거나 정의되어 있지 않은 용어들이다.

3.1 고정점

시험품이 사용 중에 정상적으로 고정되어 있는 지점에서 고정 장치나 진동 테이블(vibration table)과 접촉하는 시험품의 부분. 실제 설치 구조물의 일부가 고정 장치로 사용될 경우, 고정점은 설치 구조물의 것으로 간주해야 하며 시험품의 것으로 간주해서는 안 된다.

3.2 계측점

시험은 일정한 특정 지점들에서 수집된 데이터를 이용하여 수행한다. 이 점들은 두 가지 주요 유형으로 이루어지는데 그 각각의 정의가 아래에 주어져 있다.

주 - 측정은 시험 품의 행동을 평가하기 위해 시험 품 내의 점들에서 행할 수 있지만, 이 점들은 본 규격에서 의미하는 계측점으로 간주되지 않는다. 보다 상세한 설명은 A.2.1 참조할 것.

3.2.1 감시점

고정 장치, 진동 테이블 또는 시험품 위에서 고정점 중 하나에 가능한 한 가까이 위치하여, 어떤 경우에도 이에 단단히 연결되어 있는 점.

- 주 : 1. 시험 요건의 충족을 보장하는 수단으로서 여러 감시점이 사용된다.
2. 고정점이 4개 이하인 경우, 각각이 감시점으로 이용된다. 고정점이 4개 이상인 경우 4개의 대표 고정점을 감시점으로 사용할 것을 해당 규격에서 규정할 것이다.
3. 특수한 경우, 예를 들면 대형의 시험품이나 복잡한 시험 품의 경우, 감시점이 고정점에 근접하지 않는다면 감시점은 관련 규격에서 규정한다.
4. 많은 수의 소형 시험품이 하나의 고정 장치 위에 설치되는 경우 또는 하나의 소형 시험품에 여러 개의 고정점이 있는 경우, 제어 신호의 도출을 위해 단일 감시점(즉 기준점)을 선택할 수 있다. 이 신호는 상하 고정 장치의 최저 공진 주파수가 시험의 상위 주파수를 훨씬 넘을 때에만 유효하다.

3.2.2 기준점

본 표준의 요건을 충족하도록 시험을 제어하기 위해서 신호가 사용되는 점으로, 감시점들 중에서 선택된다.

3.2.2.1 가상 기준점

수동 또는 자동으로 다중 감시점으로 부터 도출되는 가상의 점으로, 그 결과는 본 표준의 요건을 충족하도록 시험을 제어하기 위해 사용된다.

3.3 제어점

3.3.1 1점 제어

이는 이 점을 규정 수준으로 유지하기 위해 기준점에서 변환기 신호를 사용함으로써 달성된다(4.1.4.1 참조).

3.3.2 다점 제어

이는 감시점에서 각 변환기 신호들을 사용함으로써 달성된다(4.1.4.1 참조). 신호는, 해당 표준에 따라, 연속적으로 산술 평균을 내거나 또는 비교 기법을 이용하여 처리된다(4.1.4.1 참조).

3.4 스위프 사이클

각 방향에서 1회씩, 규정 주파수 범위의 횡단. 예를 들면 10Hz to 150Hz to 10Hz.

주 - 디지털 사인 제어 시스템용 제조자 편람은 종종 스위프 사이클을 f_1 to f_2 to f_1 이 아닌 f_1 to f_2 로 언급한다.

3.5 신호 허용차

신호 허용차 $T = \left(\frac{NF}{F} - 1 \right) \times 100 (\%)$

여기서

NF 는 비여파 신호의 실효값이고,

F 는 여파 신호의 실효값이다.

주 - 이 매개변수는 시험을 제어하기 위해 사용 중인 모든 신호, 즉 가속도, 속도, 변위 등에 적용된다(A.2.2 참조).

3.6 기본 운동

기준점 진동의 구동 주파수에서의 운동(4.1.1도 참조).

3.7 실제 운동

기준점 변환기로부터 반송된 광대역 신호로 표시되는 운동.

3.8 감폭

시스템 내 수많은 에너지 손실 메커니즘들의 총칭어. 실제로, 감폭은 많은 구조적 시스템, 진동 모드, 변형(strain), 인가된 힘, 속도, 재료, 조인트 슬립피지(joint

slippage) 등의 매개변수에 의해 좌우된다.

3.9 임계 주파수

- 진동에 의한 시험품의 기능불량 및/또는 성능 저하가 표시되고/되거나
- 기계적 공진 및/또는 기타 반응 효과, 예를 들면 잡음(chatter)이 발생하는 경우의 주파수

3.10 중심 공진 주파수

진동 반응 조사로부터 도출되는 실제 공진 주파수에 자동으로 중심이 정해지는 주파수

3.11 한정 주파수 스위프

임계 주파수의 0.8배~1.2배로 제한된 주파수 범위에 걸친 스위프

3.12 g_n : 지구의 중력으로 인한 표준 가속도로서, 고도와 지리학적 위도에 따라 스스로 변동한다.

주 - 본 표준의 목적 상, g_n 의 값은 가장 가까운 정수로 반올림한다. 즉 10 m/s^2 이다.

4. 시험 요구사항

4.1 요구 특성

요구 특성은 완전한 진동 시스템에 적용되는데 이 시스템은 시험을 위해 부하가 가해질 때 전력증폭기, 진동자, 시험 고정장치, 시험품 및 제어시스템 등을 포함한다.

4.1.3 기본 운동

기본운동은 시간의 정현파 함수이어야 하며, 시험품의 고정점들은 4.1.2와 4.1.3의 제한에 따라, 직선 평행 운동한다.

4.1.2 스푸리어스 운동(Spurious motion)

4.1.2.1 가로 운동(Transverse motion)

규정 축과 직각을 이루는 축의 감시점에서의 최대 진동 진폭은 500Hz이하로 규정 진폭의 50 %, 500Hz를 초과하는 주파수의 경우 100%를 초과해서는 안 된다. 측정치는 규정 주파수 범위만 포함해야 한다. 특수한 경우, 예를 들면, 소형 시험품의 경우, 관련 규격에서 요구한다면, 허용 가능 가로 운동의 진폭을 25%로 제한할 수 있다.

어떤 경우, 예를 들면 대형 크기이거나 고밀도인 시험품의 경우 또는 어떤 주파수에서는, 위에서 인용한 수치를 달성하기 어려울 수도 있다. 그러한 경우, 관련 표준에서 다음 요건 중의 어느 것을 적용하는지를 명시해 주어야 한다:

- a) 상술한 값을 초과하는 가로 운동은 시험 보고서에 주석을 달아 명시해야 한다. 또는
- b) 시험품에 아무런 위험도 가하지 않는 것으로 알려진 가로 운동은 모니터링 할 필요가 없다.

4.1.2.2 회전 운동

대형 크기이거나 고밀도인 시험품의 경우, 진동 테이블의 스피리어스 회전운동의 발생이 중요할 수도 있다. 그럴 경우, 관련 표준이 허용 수준을 규정해야 한다. 달성된 수준은 시험 보고서에 명시해야 한다(A.2.4도 참조).

4.1.3 신호 허용차

관련 규격에 달리 명시되지 않는 한, 가속도 신호 허용차 측정을 수행해야 한다. 이 측정은 기준점에서 수행해야 하고 5000Hz 또는 구동 주파수의 5배 중 보다 작은 쪽에 달하는 주파수를 포함해야 한다. 그러나 이 최대 분석 주파수는, 관련 규격에 달리 규정되어 있는 한, 스위프를 위한 상위 시험 주파수나 그 이상으로 연장이 가능하다. 만일 관련 규격에 달리 규정되어 있지 않다면, 신호 허용차는 5%를 초과해서는 안 된다(3.5 참조). 관련 규격에 명시되어 있다면, 기초 구동주파수에서의 제어 신호의 가속도 진폭은 트래킹 필터를 이용하여 규정치로 복구시켜야 한다(A.4.4 참조).

주파수 범위 중의 어느 범위에서 규정 신호 허용차 값을 충족시킬 수 없고 트래킹 필터의 사용이 불가능한 대형 시험품이나 복합 시험품의 경우, 가속도 진폭을 복구할 필요는 없지만, 신호 허용차를 시험 보고서에 명시해야 한다(A.2.2 참조).

주 - 트래킹 필터를 사용하지 않았으며 신호 허용차가 5%를 초과할 경우, 재생성은 디지털 제어시스템이나 아날로그 제어시스템의 선택에 의해 큰 영향을 받는다.

트래킹 필터의 사용 여부를 불문하고, 영향을 받은 주파수 범위와 함께 신호 허용차를 시험보고서에 명시할 것을 관련 규격이 규정할 수도 있다(A.2.2 참조).

4.1.4 진동 진폭 허용차(Vibration amplitude tolerances)

감시점 및 기준점에서의 요구 축의 기본 운동 진폭은 다음의 허용차 이내에서 규정치와 같아야 한다. 이 허용차에는 계측 오류가 포함되어 있다. 관련 규격에서 측정

불확실성 평가에 사용된 신뢰 수준을 시험 보고서에 명시할 것을 요구할 수도 있다.

저 주파수에서나 또는 대형 크기 및 고밀도의 시험품의 경우에는 요구 허용차를 얻는 것은 어려울 수 있다. 이런 경우에는, 보다 폭넓은 허용차나 대체 평가 방법을 관련 규격에 규정하고 시험 보고서에 명시할 것이 기대된다.

4.1.4.1 기준점

기준점에서 제어신호의 허용차; $\pm 15\%$ (A.2.3 참조).

관련 규격은 1점을 사용할 것인지 또는 다점 제어를 사용할 것인지를 명시해야 한다. 다점 제어가 규정된 경우, 관련 규격은 규정 수준으로 제어해야 하는 것이 감시점에서의 신호 평균값인지 아니면 선택한 점에서의 신호값(예를 들면, 최대의 진폭을 가진 것)인지를 명시해야 한다(A.2.3 참조).

주 - 1점 제어를 달성할 수 없다면, 감시점에서 신호들의 평균값이나 극치를 제어함으로써 다점 제어를 이용할 수 있다. 다점 제어의 이 두 경우 모두에서, 점(point)은 가상 기준점이다. 사용한 방법을 시험 보고서에 반드시 명시해야 한다.

4.1.4.2 감시점

각각의 감시점에서;

500Hz이하 $\pm 25\%$,

50Hz이상 $\pm 50\%$

(A.2.3 참조).

4.1.5 주파수 허용차

다음의 주파수 허용차가 적용된다.

4.1.5.1 스위프에 의한 내구

0.25Hz이하 $\pm 0.05\text{Hz}$

0.25~5Hz $\pm 20\%$

5~50Hz $\pm 1\text{Hz}$

50Hz이상 $\pm 2\%$

4.1.5.2 고정주파수에서의 내구

a) 고정 주파수:

$\pm 2\%$

b) 거의 고정된 주파수:

0.25Hz이하 $\pm 0.05\text{Hz}$

0.25Hz~5Hz $\pm 20\%$

5Hz~50Hz $\pm 1\text{Hz}$

50Hz이상 $\pm 2\%$

4.1.5.3 임계주파수의 측정

내구 전후의 임계주파수(8.1 참조)를 비교할 경우, 즉 진동 응답 조사 도중에는 다 음의 허용차를 적용해야 한다:

0.5Hz이하 $\pm 0.05\text{Hz}$

0.5Hz~5Hz $\pm 10\%$

5Hz~100Hz $\pm 0.5\text{Hz}$

100Hz이상 $\pm 0.5\%$

4.1.6 스위프(Sweep)

스위프는 연속적이어야 하고 주파수는 시간과 지수 함수적으로 변해야 한다(A.4.3 참조). 스위프율은 $\pm 10\%$ 의 허용차와 함께 분당 1옥타브이다. 이는 진동 응답 조사를 위해 변경될 수 있다 (8.1 참조).

주 - 디지털 제어시스템의 경우, 스위프를 “연속적”이라고 부르는 것은 엄밀히 말하면 정확하지 않지만, 그 차이가 실질적인 중요성을 지닐 정도는 아니다.

4.2 마운팅(Mounting)

관련 규격에 달리 명시되지 않는 한, 시험품은 IEC 60068-2-47의 규정에 따라 시험 기기에 설치해야 한다. 방진 장치(isolator)에 정상적으로 설치된 시험품에 대해서는 8.2.2의 주 A.3.1, A.3.2 및 A.5를 추가로 참조한다.

5. 엄격도(Severities)

진동 엄격도는 세 가지 매개변수, 곧 주파수 범위, 주파수 진폭 및 (스위프 사이클 또는 시간의) 내구 지속시간 등의 조합으로 정의된다.

각 매개변수에 관하여, 관련 규격은 아래에 나열된 것들로부터 또는 기타 기지의 관련 데이터(예: IEC 60721) 소스로부터 도출된 적절한 요건을 선택해야 한다. 알려진 환경이 상당히 다를 경우, 관련 규격에서는 이 요건을 그 환경과 관련시켜야 한다.

실제 환경이 알려져 있는 상황에서 일부의 유연성을 허용하기 위해서는, 가속도 대 주파수의 정형 곡선을 명기하는 것이 적절할 수 있고 이런 경우는 관련 규격은 모양을 주파수의 함수로 규정해야 한다. 상이한 수준들과 그에 상응하는 주파수 범위, 즉 중지점(break points)은, 가능한 경우, 항상 본 규격에 주어진 값들 중에서 선정해야 한다.

부품에 대한 엄격도의 실례는 부속서 B에 나와 있고, 장비에 대한 실례는 부속서 C에 나와 있다(A.4.1 및 A.4.2도 참조).

5.1 주파수 범위

주파수 범위는 표 1의 하한 주파수와 표 2의 상한 주파수로부터 선택하여 관련 규격에 명시해야 한다. 권장 범위가 표 3에 주어져 있다.

표 1 - 하한 주파수

f_1 Hz
0,1
1
5
10
55
100

표 2 - 상한 주파수

f_1 Hz
10
20
35
55
100
150
300
500
2 000
5 000

표3 - 권장 주파수 범위

f_1 Hz
1 - 35
1 - 100
10 - 55
10 - 150
10 - 500
10 - 2 000
10 - 5 000
55 - 500
55 - 2 000
55 - 5 000
100 - 2 000

5.2 진동 진폭(Vibration amplitude)

진동 진폭(변위나 가속 또는 양쪽 모두)은 관련 규격에 명기되어야 한다.

중첩 주파수(cross-over frequency)로 알려진 특정 주파수의 아래에서는, 모든 진폭이 일정 변위로 규정되는 반면, 이 주파수를 넘는 경우에는 진폭이 일정 가속도로 주어진다. 권장값들이 표 4 및 표 5에 상이한 두 주파수에 대해서 주어져 있다.

각 전위 진폭 값은(표 4 및 5의 동일한 행에 나타난 바와 같이) 상응하는 가속도 진폭 값과 관련이 있기 때문에 진동의 진폭은 중첩 주파수에서 동일하다(표 4.1 참조).

본 하위 절에 언급된 중첩 주파수를 채택하는 것이 기술적으로 적절하지 않을 경우, 관련 규격은 상이한 중첩 주파수 값을 낳는 전위 진폭과 가속도 진폭을 연결시킬 수 있다. 어떤 상황에서는 하나 이상의 중첩 주파수를 규정할 수도 있다.

주 - 진동 진폭과 주파수와의 관계를 나타낸 결합문자가 그림 1, 2 및 3에 나와 있는데, 저주파수 영역에서는 이 결합문자를 사용하기에 앞서 A.4.1의 지침을 검토해야 한다.

10Hz의 고역 주파수까지는, 일반적으로 전 주파수 범위에 대해 변위 진폭을 규정하는 것이 적절하다. 따라서 표 6과 그림 3에는 변위 진폭만이 규정되어 있다.

표 4 - 하한 중첩 주파수(8Hz~10Hz)에 대한 권장 진동 진폭

접힘점 주파수 아래의 변위 진폭		접힘점 주파수 위의 변위 진폭	
mm	(in)	m/s ²	(g _n)
0.35	(0.014)	1	(0.1)
0.75	(0.03)	2	(0.2)
1.5	(0.06)	5	(0.5)
3.5	(0.14)	10	(1.0)
7.5	(0.30)	20	(2.0)
10	(0.40)	30	(3.0)
15	(0.60)	50	(5.0)

주 :

- 모든 인용 숫자는 진폭이다 (최고값).
- 정보로 제공된 인치 값들은 원래의 밀리미터 값으로부터 도출된 근사값이다. 이와 유사하게 g_n 값은 정보 제공을 위해 제공되었다.
- 15mm의 변위 진폭은 원래 유압식 진동 발생기를 위한 것이다.

표 5 - 상한 중첩 주파수(58Hz~62Hz)에 대한 권장 진동 진폭

접힘점 주파수 아래의 변위 진폭		접힘점 주파수 위의 변위 진폭	
mm	(in)	m/s ²	(g _n)
0.035	(0.0014)	5	(0.5)
0.075	(0.003)	10	(1.0)
0.15	(0.006)	20	(2.0)
0.35	(0.014)	50	(5.0)
0.75	(0.03)	100	(10)
1.0	(0.04)	150	(15)
1.5	(0.06)	200	(20)
2.0	(0.08)	300	(30)
3.5	(0.14)	500	(50)

주 :

- 모든 인용 숫자는 진폭이다 (최고값).
- 정보로 제공된 인치 값들은 원래의 밀리미터 값으로부터 도출된 근사값이다. 이와 유사하게 g_n 값은 정보 제공을 위해 제공되었다.

표 6 - 상한 주파수 10Hz의 주파수 범위에만 적용 가능한 권장 진동 변위 진폭

변위 진폭	
mm	(in)
10	(0.40)
35	(1.4)
75	(3.0)
100	(4.0)
주 : 1. 모든 인용 숫자는 진폭이다 (파고값). 2. 정보로 제공된 인치 값들은 원래의 밀리미터 값으로부터 도출된 근사값 이다. 3. 10mm보다 큰 변위 진폭은 원래 유압식 진동 발생기를 위한 것이다.	

5.3 내구 지속시간

관련 규격은 아래에 주어진 권장값 중에서 지속시간을 선정해야 한다. 규정된 지속 시간이 축 또는 주파수당 10시간 이상의 내구 시간을 초래할 경우, 이 시간을 별개의 시험기간을 분할할 수 있다. 단, 그 때문에 시험품의 응력이 감소하지 않는다는 것을 전제로 한다(A.1 및 A.6.2 참조).

5.3.1 스위프 별 내구

각 축의 내구의 지속시간은 아래 목록으로부터 해당 규격이 선택한 스위프 사이클의 수(3.4 참조)로 주어져야 한다.

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100

보다 높은 수의 스위프 사이클이 필요할 경우, 동일한 열(series)을 적용해야 한다 (A.4.3 참조).

5.3.2 고정 주파수에서의 내구

5.3.2.1 임계 주파수에서의 내구

진동 응답 조사(8.1 참조) 중에 발견되는 각 주파수에서의 각 해당 축의 내구 지속 시간은 관련 규격이 $0^{+5}\%$ (A.1 및 A.6.2 참조)의 허용차와 함께 아래에 주어진 값

들 중에서 선택해야 한다.

10분, 30분, 90분, 10시간.

거의 고정된 주파수의 경우에는 A.1 참조할 것.

5.3.2.2 사전 결정된 주파수들에서의 내구

관련 규격에 명시된 지속시간은 시험품이 동작수명 동안에 전술한 진동에 노출될 것으로 예상 되는 총 시간을 감안해야 한다. 10^7 응력 사이클 상한이 각 규정된 주파수·축 조합에 대해 적용된다(A.1 및 A.6.2 참조).

6 전처리(Pre-conditioning)

관련 규격은 전처리를 요구할 수 있으며 그럴 경우에는 조건들을 규정해야 한다(IEC 60068-1 참조).

7 초기 측정

시험품에 대해 관련 규격이 규정한 육안 검사, 치수 및 기능 검사를 실시한다(A.9 참조).

8 시험

관련 규격에 달리 명시되지 않는 한, 시험품을 상호 수직인 3개의 축에서 진동시켜야 하는데 이 때, 차례로, 결함을 가장 잘 드러내도록 선택해야 한다.

8.1 진동 응답 조사

관련 규격에서 요구할 경우, 진동 중인 시험품의 행동을 연구하기 위해 규정된 주파수 범위에서의 시험품의 응답을 조사한다. 일반적으로 진동 내구성 조사는 내구성에 대한 것들과 동일한 조건 아래에서 스위프 사이클에 걸쳐 수행되지만(8.2 참조), 보다 정확한 응답 특성을 측정할 수 있을 경우에는 진동 진폭을 축소시킬 수 있고 스위프 율을 규정 값 아래로 감소시킬 수 있다. 시험품의 지나친 체재시간(dwelling time)과 과도한 응력은 피해야 한다(A.3.1 참조)

시험품은 관련 규격에서 요구할 경우 진동 응답 조사 도중에 작동하고 있어야 한

다. 시험품이 작동하고 있기 때문에 기계적 진동 특정을 평가할 수 없을 경우에는, 작동하지 않는 시험품을 가지고 진동 응답 조사를 추가로 수행해야 한다.

진동 응답 조사 도중, 임계 주파수를 측정하기 위해 시험품과 진동 응답 데이터를 검토해야 한다. 이 주파수들과 인가된 진폭, 그리고 시험품의 행동을 시험 보고서에 명시해야 한다(A.1 절 참조). 관련 규격은 어떤 조치를 취해야 하는지를 명시해야 한다.

디지털 제어를 사용할 경우, 선택된 스위프 당 데이터 점(data point) 수의 결과로 인한 제한 또는 제어시스템 디스플레이 스크린의 식별 능력의 결과로 인한 제한으로 인해, 응답 곡선 도면

으로부터 임계 주파수를 측정할 때에는 주의를 해야 한다(A.3.1 참조).

어떤 상황에서는, 전후의 임계주파수를 그 다음에 비교할 수 있도록 관련 규격이 내구 절차의 종료와 동시에 추가적인 진동 응답 조사를 요구할 수도 있다. 관련 규격은 주파수 변화가 발생할 경우 어떤 조치를 취해야 하는지를 명시해야 한다. 양 진동 응답 조사 모두 동일한 방식으로 그리고 동일한 진동 진폭에서 수행하는 것이 필수적이다(4.1.5.3 및 A.3.1 참조).

8.2 내구 절차

관련 규격은 다음 내구 절차들 중 어느 것을 사용해야 하는지 규정해야 한다.

8.2.1 스위프에 의한 내구

이 내구 절차가 선호된다.

주파수는 관련 규격이 선택한 스위프 율, 진폭, 지속 기간으로 주파수 범위에 대해 스위프 되어야 한다(5.3.1 참조). 필요할 경우, 주파수 범위를 세분화 할 수 있다. 단 시험품의 응력이 그로 인해서 감소해서는 안 된다는 것을 전제로 한다.

8.2.2 고정 주파수에서의 내구

진동은 다음 둘 중 어느 쪽에나 인가되어야 한다:

a) 8.1의 진동 응답 조사에서 다음 방법들 중 하나를 사용하여 도출된 주파수.

1) 고정 주파수

- 중심공진주파수**

인가된 주파수는 항상 실제 임계주파수로 유지되어야 한다.

2) 거의 고정된 주파수

- 한정 주파수 스위프

실제 임계주파수가 명확하지 않을 경우, 예를 들면 잡음이 있거나 또는 많은 개별 시험품들을 동시에 시험할 경우, 효과를 확실하게 충분히 자극하기 위해 임계주파수의 0.8~1.2배 사이의 한정된 주파수 범위에 걸쳐 스위프하는 것이 편리할 수도 있다. 이것은 공진이 비선형인 경우에도 적용될 수 있다(A.1 참조).

b) 관련 규격에 명시된 사전 결정된 주파수

시험은 관련 규격에 명시된 진폭과 지속 시간 동안 실시해야 한다(A.3.2 참조).

주 - 시험품이 방진 장치에 설치된 경우, 이 내구에 대해 차단기 위에 있는 시험품의 공진 주파수를 선택해야 하는지 여부를 관련 규격이 명시할 필요가 있을 것이다(A.5 참조).

9 중간 측정

관련 규격에서 규정하는 경우, 총 시간 중 규정된 비율의 시간 동안의 시험 중에 시험품을 작동시키면서 그 성능을 점검해야 한다(A.3.2 및 A.8 참조).

10 후처리(recovery)

관련 규격에서 규정하는 경우, 시험 후 최종 측정 전에 시험품이 초기 측정을 위해서 존재했던 것과 동일한 조건들, 예를 들면 온도 등에 도달할 시간을 제공하는 것이 때때로 필요하다. 관련 규격은 정확한 후처리 조건을 규정해야 한다.

11 최종 측정

시험품은 관련 규격이 규정한 육안 검사, 치수 및 기능 검사를 받아야 한다.

관련 규격은 시험품의 합격이나 불합격이 바탕으로 해야 하는 기준을 제공해야 한다(A.9 참조).

12 관련 규격에 제공되어야 할 정보

이 시험이 관련 규격에 포함된 경우, 적용 가능하다면, 다음을 상술하되, 별표(*)가 있는 항목의 정보는 항상 필요하므로 특히 주의를 기울여야 한다.

	절 및/또는 소절
a) 감시점의 선택	3.2.1
b) 제어점의 선택*	3.3.2
c) 가로 운동	4.1.2.1
d) 회전 운동	4.1.2.2
e) 신호 허용차	4.1.3
f) 진동 진폭 허용차	4.1.4
g) 신뢰 수준	4.1.4
h) 1점 또는 다점 제어*	4.1.4.1
i) 설치(Mounting)	4.2
j) 알려진 경우 엄격도, 실제 환경	5
k) 주파수 범위*	5.1
l) 진동 진폭*	5.2
m) 특수 접힘점 주파수	5.2
n) 내구의 지속시간*	5.3 및 8.2
o) 전처리	6
p) 초기 측정*	7
q) 진동 축*	8
r) 힘 한계(force limitation)	8
s) 수행해야 할 시험 단계 및 순서*	8.8.1 및 8.2
t) 작동(functioning) 및 기능 점검*	8.1 및 9
u) 진동 응답 조사 후 취해야 할 조치	8.1
v) 최종 조사 수행 시 응답 주파수의 변동을 발견했을 때 취해야 할 조치	8.1
w) 지정된 주파수	8.2.2
x) 방진 장치에 부착된 시험품의 공진 주파수에서의 시험	8.2.2
y) 후처리	10
z) 최종 측정*	11
aa) 합격 또는 불합격 기준	11

부속서 A (정보제공용)

시험 Fc에 대한 지침

A.1 서 문

이 시험은 실제로 경험할 가능성이 있는 효과들과 유사한 효과들을 시험실에서 재현할 수 있는 방법을 제공한다. 근본적인 목적이 반드시 실제 환경을 재생하고자 하는 것은 아니다.

여러 명의 사람들이 아날로그 제어 기술이나 디지털 제어 기술을 사용하여 상이한 장소에서 시험을 실시했을 때 유사한 결과를 얻기 위해, 주어진 매개변수들은 표준화되어 있고 적절한 허용차가 선택되었다. 값의 표준화는 또한, 본 규격에서 주어진 일정한 진동 엄격도를 견딜 수 있는 능력에 해당하는 일정한 범주들로 부품을 분류할 수 있게 한다.

진동 시험에서, 이전 규격들의 일반적 접근법은 공진을 찾은 다음에, 시험품을 규정 시간 동안 공진 주파수로 진동시키는 내구 시험을 수행하는 것이었다. 불행하게도, 일반적인 정의를 사용해서는, 시험품이 장시간 진동할 때조차도, 사용 중 고장을 일으키기 쉬운 공진과 고장을 일으킬 가능성이 없는 공진을 구별하는 것이 어렵다

또한, 전술한 시험 절차들은 대부분의 현대 시험품들에 적용하기가 비현실적일 수 있다. 밀폐된 항목이나 현대적인 소형 어셈블리들의 진동 특성 측정에서는 직접 관찰이 거의 불가능하다. 진동 변환기(vibration transducer) 기술은 종종 어셈블리의 질량(mass)-강성(stiffness) 분포를 변경하지 않고서는 적용할 수 없다. 변환기를 사용할 수 있는 경우, 성공은 어셈블리에서 측정을 위한 적당한 점들을 선택하는 시험 엔지니어의 기술과 경험에 전적으로 달려 있다.

여기서 선호되는 절차, 즉 스위프에 의한 내구는 이런 어려움을 최소화하며 유의한 공진을 정의하거나 공진을 손상시켜야 할 필요성을 막는다. 이 방법을 권장하는 것은, 환경 시험의 현상이 허락하는 만큼 잘 정의된 시험 방법 그리고 시험 엔지니어의 기술에 대한 의존도를 최소한으로 줄이는 시험 방법을 명시해야 할 필요성의 영향을 받았다. 스위프에 의한 내구는 관련 응력 사이클 수로부터 도출되는 스위프 사이클 수에 의해 주어진다.

그러나 내구 지속시간은, 작동 시 경험한 것과 유사한 진동 조건 하에서, 필요 작동

시간이나 무제한의 피로 수명에 해당하는 피로 수명을 보장할 정도로 충분히 길도록 되어 있다면, 어떤 경우에는 이 절차가 불편할 정도로 긴 시간을 초래할 수도 있다. 따라서 사전에 결정되거나 응답 조사 중 발견하는 고정 주파수에서의 내구를 포함한 다른 방법들이 주어졌다. 만일 진동 응답 조사중에 각 축에서 진술한 주파수들의 수가 작고 보통 4를 초과하지 않는 것으로 판명될 경우에는 고정 주파수 내구가 적용 가능할 것으로 예상된다. 만일 수가 4를 초과할 경우에는, 스위프에 의한 내구가 보다 적당할 것이다.

거의 고정된 주파수의 경우, 내구의 지속시간은 임계주파수에 대해 규정된 값들에 기초해야 한다. 그러나 그 선택된 값에는, 시험품의 임계주파수 범위에 의해 좌우되는 그 시간의 비율이 추가 되어야 한다(5.3.2.1 참조).

스위프에 의한 내구 그리고 고정 주파수에서의 내구의 시험 양자 모두를 수행하는 것이 적절할 수도 있다. 고정 주파수에서의 내구는 응용 시 여전히 어느 정도의 엔지니어링 판단을 요한다는 것을 기억해야 한다.

덧붙여서, 사전에 결정된 주파수의 경우, 관련 규격에 내구 시간이 주어져야 한다.

고정 주파수 내구는 임계주파수의 경우 시간으로 주어진다. 이 시간은 종종 예상 응력 사이클 수에 기초한다. 폭넓은 변이 형태들로 인해, 응력 사이클 수에 대해 어떤 현실적인 단일 숫자가 주어질 수는 없을 것이라는 것이 분명하다. 그럼에도 불구하고 10^7 이 일반 진동 시험을 위해 인용하기에 충분히 실용적인 상위 수이며 그 이상을 초과할 필요는 없다고 사료된다(5.3.2.1 및 5.3.2.2 참조).

불규칙(random) 또는 복잡한(complex) 성질 것일 수 있는 높은 수준의 배경 진동(background vibration)이 존재하는 경우, 정현파 시험이 적절하지 않을 수 있다. 따라서 정현파 시험만이 특정 응용에 적합한지를 결정하는 것은 사용자의 판단에 맡겨진다.

실제 환경이 본질적으로 랜덤 진동이라는 것이 알려져 있는 경우, 경제적으로 가능할 때에는 언제든지 내구 단계를 위한 랜덤 진동 시험을 이용해야 한다. 장비의 경우에 이것이 특히 적용 가능하다. 어떤 단순한 구조의 부품형 시험품의 경우, 정현파 시험이 보통 적당하다. 랜덤 진동 시험은 IEC 68-2-34*, IEC 68-2-35*, IEC 68-2-36*, IEC 68-2-37*에서 다루고 있으며 디지털 제어는 IEC 68-2-64에서 다루고 있다.

(*표한 규격은 1998년에 철회될 예정이다.)

A.2 계측과 제어

A.2.1 계측점

두 가지 중요한 계측점 유형은 3절에 명시되어 있다. 그러나 이 점들에서의 진동이 손상을 야기할 가능성이 없다는 것을 분명히 하기 위해 때로는 시험품 내 국부 응답을 측정하는 것이 필요할 수 있다. 설계 단계 중과 같은 상황하에서는, 시험품의 열화(고비용의)를 피하기 위해 심지어 전술한 계측점들의 신호를 제어 루프 속으로 통합하는 것이 필요할 수도 있다. 그러나 이 기술은 표준화할 수 없기 때문에 여기서는 권장되지 않는다는 것을 주의해야 한다(3.2 참조).

A.2.2 신호 허용차에 의한 오류

신호 허용차가 5% 미만일 경우에는 실제운동과 기본운동 사이에 실질적인 차이가 존재하지 않는다.

소형 크기 또는 저밀도의 시험품이 큰 진동 테이블과 함께 사용될 경우, 통상적으로 신호 허용차에 문제가 없어야 한다. 사실상, 진동 시스템이 새로 설치되었을 때에 시스템 신호 허용차를 측정한 경우, 원래 측정치들이 적용되는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 실험실은 대형 시험품들의 잠재적인 문제를 인식할 필요가 있다.

신호 허용차가 높을 경우, 측정 시스템은 필요 주파수 및 많은 불필요 주파수를 포함하기 때문에 부정확한 진동 수준을 표시할 것이다. 이것은 필요 주파수에서 규정된 진폭보다 낮은 진폭을 야기할 것이다. 4.1.3에 규정된 신호 허용차 값 이하에서, 이 오류는 허용될 수 있다. 그러나 이 값을 초과하는 경우에는 기본과 수준을 필요 진폭으로 회복시켜야 한다. 이를 수행하기 위한 많은 방법이 있지만 트래킹 필터를 사용하는 것이 권장된다. 기본과 수준이 회복되면, 필요 주파수에서 예정 응력을 시험품에 가하게 될 것이다.

이런 조건 하에서는 불필요한 주파수 역시 증가하게 되어 그 결과, 얼마간의 추가 응력을 초래할 수도 있다. 이것이 비현실적으로 높은 응력을 초래할 경우, 관련 규격에 규정된 신호 허용차 수준 요구를 적용하지 않는 것이 보다 타당할 것이다 (4.1.3 참조).

디지털 시스템의 경우, 신호를 분광분석기 속으로 통과시킴으로써 광대역 비여과 제어 신호에 관한 추가 정보를 얻을 수 있다. 그런 다음 규정 주파수 범위에 걸친 분석을 수행할 수 있는데, 이 분석은, 예를 들면, 채터링(chattering)과 임팩팅

(impacting)에 의해 초래된 기본파, 고조파 및 기타 잡음 내용을 보여 줄 것이다.

주 - 왜곡 D 와 신호 허용차 T 의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{D}{100} = \sqrt{\left(\frac{T}{100}\right)^2 + \frac{2 \times T}{100}}$$

여기서 D 와 T 는 백분율 값으로 표시된다.

(신호 허용차 $T = 5$ 를 위의 방정식에 대입하면, 왜곡 $D = 32$ 가 될 것이다.)

A. 2.3 제어신호의 추출

제어신호 추출을 위해 다양한 방법을 이용할 수 있다.

평균화한, 즉 산술 평균으로부터 도출된, 다점 제어 신호가 규정된 경우, 한 가지 방법은 각 감시점에서 최고(peak) 가속도 수준에 비례하는 직류 전압들을 처리함으로써 평균 신호를 얻는 경우이다.

각 감시점의 주기적 호출(periodic interrogation)을 분명히 하기 위해 시분할 다중화(time-division multiplexing) (IEC 60050 (721)의 721-04-11 참조)를 사용한 경우, 각 신호의 주기를 최소한 하나는 고려하는지 확인하기 위해, 호출 주파수는 구동 주파수보다 커서는 안 된다. 예를 들면, 4개의 변환기를 사용한 경우, 100 Hz에서 각 감시점에 대한 호출의 주기는 최소 0.01초이어야 한다. 그러나 트래킹 필터와 연계하여 진술한 시스템을 사용할 경우에는 문제가 있을 수 있으므로 충분한 주의를 기울여야 한다.]

2배 적분되는 가속도 신호가 신호 샘플간의 단계 차이에 의해 야기되는 신호 허용차 때문에 변위 진폭에 비례하지 않을 것이므로, 시험이 일정한 변위 진폭으로 제어되어야 하는 경우 시험 샘플 데이터 시스템이 문제를 초래할 수 있다(3.3.2 참조).

완전한 진동 시스템은, 인용된 대부분의 허용차를 시험 도중에 이용할 수 있도록, 잔류 잡음 레벨이 낮아야 한다는 것은 중요하다(4.1.4.1 참조). 일반적으로 0.5m/s^2 이 진동 시스템의 허용 잡음 임계치이다.

A.2.4 회전 운동(4.1.2.2 참조)

대형 크기 또는 고밀도 시험품은 진동 테이블의 트러스트 축에 대한 강체 덩어리 (rigid mass)의 관성력 편심율에 의해 또는 고유주파수에 상응하는 모드 형상의 관성력 분포에 의해 초래되는 반전 모멘트(overtuning moments)로 정현과 여자에 반응할 수 있다. 이 반전 모멘트는 기본 운동 방향과 직각을 이루는 평면 위에 놓인 축 주위로 회전운동을 유도할 수 있고, 그 결과 시험품에 얼마간의 추가 응력을 일으키게 된다. 이는 비현실적으로 높은 응력을 초래할 수 있다. 따라서 회전 운동을 감소시키거나 최소한 그 크기를 아는 것이 적절할 것이다. 시험품의 고유주파수 및 해당 모드 형상은 일반적으로 시험 전에는 알려져 있지 않으며 이 매개변수에 대해 대체로 가정하는 것이 어렵다.

시험품의 질량(m), 고정장치를 포함한 진동 테이블 이동 부품의 질량(m_1), 시험품의 무게중심과 진동 테이블의 트러스트 축 사이의 거리(d), 진동 테이블의 수평 트러스트 축에 대한 시험품 무게중심의 높이(h) 등을 고려함으로써 유용한 대략적인 기준을 어느 정도 얻을 수 있다.

이론상으로 강체인 시험품의 경우, 최대 여자 가속도 A 에서 예상 최대 반전 모멘트(M_0)를 다음과 같이 계산할 수 있다.

- 편심율을 가진 강체 덩어리: $M_0 = m \times d \times A$

- 수평으로 여자되는 높은 무게중심을 가진 강체 덩어리: $M_0 = m \times h \times A$

규정 주파수 범위의 공진을 가진 시험품의 경우, 위와 동일한 공식이 유효하지만, m 은 공진 질량을 나타내고 A 는 예상되는 최대 응답 가속도이다. 위의 경우에서 일관성 있는 단위를 사용 하는 것이 중요하다.

전기역학적 시험 장비와 서보-유압식 시험 장비 모두는 최대 반전 모멘트 한계를 가진다. 양 유형 어느 쪽이든지 단일 진동 생성기 시설의 경우, 최대 허용 반전 모멘트가 존재하며, 진동 생성기 손상을 피하기 위해 일반적으로 장비 제조자가 규정한다.

다중 진동 발생기 시설의 경우 반전 모멘트를 대등하게 하는 진동 테이블 최대 능력이 존재하고, 이를 초과한다는 것은 진동 테이블이 회전 운동(피치나 롤)을 한다는 것을 의미한다.

다음의 기준들이 적용될 수 있다.

비율 m/m_1 이 0.2 미만일 경우에는 점검이 필요하지 않으며, 그렇지 않은 경우에는

다음 점검이 적절할 것이다.

(슬립 테이블을 가지거나 가지지 않은) 단일 진동 시험 장비 및 기계적으로 유도되는 장비의 경우, 반전모멘트는 베어링의 탄성 부분에 의해 평형이 이루어진다. 따라서 시험품 반전 모멘트가 시험 장비의 최대 허용 반전 모멘트의 50%이상일 때에는 회전 운동만을 측정해야 한다.

다중 진동 생성기 및 많은 정도의 자유를 가진 장비의 경우, 제어 시스템에 의해 조정되는 진동 생성기에 의해 반전 모멘트가 평형을 이룬다. 따라서 시험품 반전 모멘트가 시험 장비의 최대 반전 모멘트보다 클 때에는 단지 회전운동을 측정하는 것만이 필요하다.

A.3 시험 절차

A.3.1 진동 응답 조사(8.1 참조)

진동 응답 조사는 많은 목적에 대해 유용한데, 특히 시험품이 선박, 항공기, 회전 기계 등에서 발견되는 것과 같은 주기적 성질의 상당한 진동을 경험할 것이라는 것이 알려져 있을 경우에 그러하다. 응답 조사는 또한 시험품의 동적 행동(dynamic behaviour)을 조사하는 것이 중요하다고 여겨질 경우와 피로도를 평가해야 하는 경우에도 역시 유용하다.

진동 응답 조사중에 사용되는 진폭에 대해서는 충분한 고찰을 해야 하는데, 이는 시험품의 동적 행동의 선형성과 관련하여 그리고 기능불량과 잡음이 시험 수준에서만 발생할 것이기 때문에 특히 그러하다.

내구 시험 전후에 적용되는 진동 응답 조사는 공진이나 기타 응답이 발생하는 주파수의 변화를 식별하기 위해 사용될 수 있다. 주파수의 변화는 피로가 발생했음을 나타내는 경우가 있다. 따라서 시험품은 작동 환경(operational environment)에 부적합할 수 있다.

진동 응답 조사를 규정할 때, 관련 규격은, 적절한 경우, 시험 동안과 그 후에 취해야 할 조치를 명확하게 규정해야 한다. 예를 들면:

- 스위프에 의한 내구를 필요로 하게 될, 동적 확대(dynamic magnification)의 특수값 -초과할 경우-
- 주파수의 변화

- 수용할 수 없는 응답 수준
- 전기적 잡음.

진동 응답 조사중에 내부 부품에 대한 영향을 탐지하기 위하여 하는 준비가 전반적인 시험품의 동적 행동을 전체적으로 현저히 변화시켜서는 안 된다는 것이 중요하다. 또한, 비선형 응답의 경우 시험품이 스위프 중 주파수 변동의 방향에 따라 상이하게 응답할 수 있음을 기억해야 한다. 시험품이 스위프의 하향 부분 동안 구조적으로 정착(안정)되었을 수도 있기 때문에 임계 주파수는 스위프 사이클의 상향 부분과 하향 부분에서 측정되어야 한다.

연화 또는 경화 스프링 비선형성이 존재하는 것으로 의심될 경우, 스위프 출발점은 f 대신 f 일 수 있다. 임계주파수 측정은 스위프의 상향 부분과 하향 부분에서 상이하다.

디지털 제어를 사용할 때에는, 각 공명 첨두와, 시험품의 각 임계 주파수를 설명하기 위해 f 과 f 사이에 충분히 많은 수의 데이터 점을 선택하는 것이 중요하다. 불충분한 데이터 점은, 특히, 시험품이 낮은 감폭비를 가지는 낮은 주파수 범위에서 임계 주파수의 부정확한 측정을 초래할 수도 있다. 일반적으로, 결합된 공진(associated resonance)의 -3 dB 대역폭 이내에 최소한 3개(가능하면 5개)의 데이터 점이 존재할 때 충분한 데이터를 획득한 것으로 간주된다. 그러나 충분한 데이터를 얻었지만 공진이 존재한다는 강력한 징후가 존재할 경우에는 공진 조사를 반복해야 할 필요가 있을 것이다. 그런 경우들에 있어서는, 제한된 주파수 범위에 걸쳐 스위프하는 것이 또한 필요할 것이다.

일부 시스템은 모든 데이터를 정확하게 표시하는 능력이 한정적일 수 있으므로 임계 주파수 측정 시 그래픽을 이용한 데이터 표현 방법의 선택으로부터 추가적인 오류가 발생할 수 있다. 그러므로 이 문제를 극복하기 위해 각 임계주파수 주위로 그래프를 확대해야 할 것이다.

관련 규격에서 진동 응답 조사를 요구하는 경우, 사용한 방진 장치의 유용성은 아주 중요하다. 방진 장치를 적용할 수 있는 경우, 종종 방진 장치를 제거하거나 차단한 채로 시험품의 임계 주파수를 측정하기 위해 첫 번째 조사를 수행한다.

그 다음에, 장착된 방진 장치가 자유로운 상태에서 진동 공진 조사를 반복하는 두 번째 단계를 또한 수행하여 시험품에 미치는 효과를 측정할 수 있다. 제1단계에서는 방진 장치의 전달률(transmissibility) 특성을 고려하기 위해 상이한 진동 진폭이 필요할 것이다(그림 A.1 참조).

차단기를 활용할 수 없을 경우에는 A.5.1 참조할 것.

A.3.2 내구(8.2 참조)

일반적으로 스위프에 의한 내구는 사용중 시험품에 가해지는 응력의 효과를 모의시험하기 위한 가장 적절한 방법이다(8.2.1 참조).

고정 주파수에서의 내구는 작업 현장이 기계의 영향을 받거나 그 설치가 하나 또는 몇몇 유형의 차량 및 항공기에 제한되는 시험품의 한정된 서비스 조건 범위에 적합하다. 이런 경우, 탁월 주파수(dominant frequency)는 보통 알려져 있거나 예측할 수 있다. 또한 그것은, 예를 들면 이동 수송 환경 중에 여자로부터 발행하는, 피로의 효과를 증명하기 위한 응력 사이클의 신속한 축적을 위해서도 적합할 것이다(8.2.2 참조).

어떤 경우, 진동을 견디는 시험품의 일반적인 능력을 입증하는 것뿐만 아니라 일부 이산 주파수에서 가능한 피로 측면(aspect)을 고려하는 것도 중요할 것이다. 이런 상황하에서는, 스위프에 의한 내구에 이어 고정 주파수에서의 내구를 실행하는 것이 적당할 것이다. 그러면 이는 가능한 최단 시간 내에 요구 정보를 제공할 것이다.

소형 부품의 경우, 55Hz나 100Hz 아래에는 공진이 존재하지 않는다는 신뢰성이 있을 경우, 상황에 따라 이 주파수들에서 내구를 개시하는 것으로 충분하다.

일반적으로 방진 장치 위에 설치된 장비의 내구 시험의 경우, 방진 장치가 보통 적당하다. 해당 방진 장치로 이를 수행하는 것이 불가능한 경우, 예를 들면 장비가 다른 장비와 함께 공통의 설치 장치 위에 설치된 경우, 관련 규격에 명시될 상이한 엄격도에서 차단기 없이 장비를 시험해도 된다. 이 진폭은 시험을 위해 사용되는 각 축의 진동 아이솔레이팅 시스템의 전달률을 고려하여 결정해야 한다. 방진 장치의 특성이 알려져 있지 않은 때에는 A.5.1을 참조한다.

최소 허용 구조 저항이 달성되었는지를 증명하기 위해 관련 규격이 외부 방진 장치들이 제거되거나 차단된 상태에서 시험품에 대한 추가 시험을 요구할 수도 있다. 이런 경우, 인가할 엄격도가 관련 규격에 주어져야 한다.

A.4 시험 엄격도(5절 참조)

A.4.1 시험 엄격도 선택

주어진 주파수와 진폭은 폭넓은 범위의 응용에 적합한 주파수 응답을 포락(envelop)하기 위해 선택되었다. 장비가 하나의 용도로만 사용하기 위한 것일 때에는 알려져 있는 경우 실제 환경의 진동 특성에 엄격도의 기초를 두는 것이 바람직하다. 장비에 대해서 실제 환경의 진동 조건들이 알려져 있지 않은 때에는 다양한 응용에 관련된 시험 엄격도의 실례들을 제공하는 부속서 C로 부터 적절한 시험 엄격도를 선택해야 한다.

시험 엄격도의 결정 시, 규격 작성자는 IEC 60721에 주어진 정보를 참작해야 한다 (5절 참조).

진동의 크기가 중첩 주파수에서 동일하도록 변위 진폭의 값이 대응하는 가속도 진폭의 값과 연결되는 것과 마찬가지로, 주파수 범위는 중첩 주파수에서 일정한 변위로부터 일정한 가속도로 변화하고 그 역으로 변화하면서 연속적으로 스위프될 수 있다. 8Hz와 10Hz 사이 그리고 58Hz와 62Hz 사이의 중첩 주파수들이 주어져 있다. 알려져 있는 경우 실제 환경을 모의시험 하는 것이 바람직하다면, 표준 중첩 주파수 외의 중첩 주파수가 필요할 수도 있다. 이것이 높은 중첩 주파수를 초래할 경우, 진동 발생기의 가능출력(capability)을 염두에 두어야 한다. 선택한 변위 진폭이 진동 시스템의 잔류 잡음 수준과 유사한 저주파수 영역의 가속도 진폭과 일치하지 않는 것이 중요하다. 필요하다면, 트래킹 필터를 사용하거나 아니면 시험이 모두 저주파수에서 수행되었다면 제어 루프의 변위 변환기를 이용함으로써 문제를 극복할 수 있을 것이다(5.2 참조).

A.4.2 부품을 위한 시험 엄격도 선택

많은 경우 부품을 어떤 장비에 설치해야 하는지 또는 부품에 얼마의 응력을 가해야 하는지가 알려져 있지 않기 때문에 부품을 위한 시험 엄격도의 선택이 복잡해진다. 심지어 부품이 장비의 특정 항목에 사용하기 위한 것이라는 사실이 알려져 있는 경우조차도, 구조 · 장비 · 하위조립체 (sub-assemblies) 등의 동적 응답으로 인해, 부품에 가해지는 진동 환경이 장비에 가해지는 진동 환경과 다를 수 있음을 명심해야 한다. 따라서 장비 엄격도에 관련된 부품 시험 엄격도 선택 시에는 주의를 기울여야 하며, 이 응답들의 영향에 대해 어느 정도의 여유를 고려하는 것이 필요할 수 있다.

진동으로부터 보호받는 방식으로 부품을 장비에 설치하는 경우, 장비 시험 엄격도 또는 아마도 낮은 쪽의 엄격도가 적절할 것이다.

부품 선택의 대안적인 접근법은, 장비 설계자가 자신의 응용에 적합한 부품을 선택

할 수 있도록, 부품을 시험하여 일정한 엄격도의 등급을 매기는 것이다.

다양한 응용에 관련된 엄격도의 실례들을 보이고 있는 부속서 B를 참조해야 한다.

A.4.3 스위프

스윕 중에는, 주파수가 다음과 같이 시간의 지수함수로 변해야 한다.

$$\frac{f}{f_1} = e^{kt}$$

여기서

f 는 주파수,

f_1 은 스위프 주파수 하한,

k 는 스위프율에 의해 결정되는 인수

t 는 시간.

이 시험에서, 스위프율은 분당 1옥타브이고(4.1.6 참조) 따라서 시간 단위가 분일 경우에는, $k = \log_e 2 = 0.693$ 이 된다.

스윕 사이클에 대한 옥타브 수는 다음에 의해 주어진다.

$$X = 2 \log_2 \left(\frac{f_2}{f_1} \right) = \frac{2}{\log_{10} 2} \log_{10} \left(\frac{f_2}{f_1} \right) = 6.644 \log_{10} \left(\frac{f_2}{f_1} \right)$$

여기서

X 는 옥타브 수,

f_1 은 스위프의 주파수 하한

f_2 는 스위프의 주파수 상한.

위 공식을 이용하여 산출한 결과가 표 A.1에 나와 있는데, 권장 스위프 사이클 수 및 주파수 범위와 결합된 반올림한 시간들을 보여준다(5.3.1 참조).

디지털 시스템의 경우, 외부 아날로그 신시사이저나 내부적으로 디지털 데이터 프레임으로부터 정현파 신호의 일부를 포함하는 아웃풋 사인 곡선을 만들어 낼 수 있다.

첫 번째 경우, 순수한 연속 사인곡선이 생성된다. 이것은 아날로그 시스템과 디지털 시스템간에 아무런 차이도 존재하지 않는 결과를 가져온다.

두 번째 경우, D/A 변환기가 만들어 낸 아날로그 드라이브 프레임이 평활 하지 않고, 많은 작은 계단으로 구성된다. 이 계단들을 평평하게 하고 본질적으로 순수한 정현파 모양을 만들기 위해서 신호에 작용하는 평활용 필터가 필요하다. 또한, 평활한 사인 곡선을 만들도록 빈드시 드라이브 프레임들이 연결되게 하는 것도 중요하다.

표 A.1 - 스위프 사이클 수 및 연관된 측 당 내구 시간

주파수 범위 Hz	스위프 사이클 수						
	1	2	5	10	20	50	100
1~35	10min	21min	50min	1h 45min	3h 30min	9h	17h
1~100	13min	27min	1h 5min	2h 15min	4h 30min	11h	22h
10~55	5min	10min	25min	45min	1h 45min	4h	8h
10~150	8min	16min	40min	1h 15min	2h 30min	7h	13h
10~500	11min	23min	55min	2h	3h 45min	9h	19h
10~2 000	15min	31min	1h 15min	2h 30min	5h	13h	25h
10~5 000	18min	36min	1h 30min	3h	6h	15h	30h
55~500	6min	13min	30min	1h	2h	5h	11h
55~2 000	10min	21min	50min	1h 45min	3h 30min	9h	17h
55~5 000	13min	26min	1h 5min	2h 15min	4h 15min	11h	22h
100~2 000	9min	17min	45min	1h 30min	3h	7h	14h

주 :

1. 표에 나와 있는 내구 시간은 분당 1옥타브의 스위프율에 대해 계산하여 반올림(내림)한 것이다.
이로 인한 오류는 어떤 경우에도 10%를 넘지 않는다.

2. 밑줄 친 숫자들은 부속서 B 및 C로부터 도출되었다.

1 스위프 사이클($f_1 \rightarrow f_2 \rightarrow f_1$)에 대한 응력 사이클 수(N), 옥타브 수(X), 스위프 지속시간 (T) 등의 추정치를 다음으로부터 얻을 수 있다:

$$N = \frac{(f_2 - f_1) \times 60 \times 2}{\log_e 2 \times SR} \quad (\text{응력 사이클})$$

$$X = \frac{\log_e \left(\frac{f_2}{f_1} \right) \times 2}{\log_e 2} \quad (\text{옥타브})$$

$$T = \frac{X}{SR} = \frac{\log_e \left(\frac{f_2}{f_1} \right) \times 2}{\log_e 2 \times SR} \quad (\text{분})$$

여기서

f_2 는 스위프의 주파수 상한,

f_1 은 스위프의 주파수 하한,

SR 은 옥타브/분으로 표시한 스위프 율(sweep rate).

이 응력 사이클 수 추산법은 표 B.1, C.1, C.2 등에도 유효하다.

A.4.4 트래킹 필터

A.4.4.1 아날로그 필터

이러한 필터는 일정한 대역폭(CB)이거나 일정한 백분율 대역폭(CPB)일 수 있다. 각각의 경우에 응답 시간(T_r)은 다음에 의해 주어진다.

$$T_r = \frac{1}{BW}$$

여기서

T_r 은 초,

BW 는 대역폭(단위:Hz).

예를 들면,

10Hz 대역폭으로 설정된 CB 필터 유형의 경우,

$$T_r = \frac{1}{10} = 100\text{ms로 전 회전 범위에 걸쳐서 일정하고,}$$

예를 들어 동조 주파수에서 10%로 설정된 CPB 필터 유형의 경우,

$$BW = 0.1 f$$

$$\text{동조 주파수에서 } T_r = \frac{1}{BW} = 10 \text{ 주기 이다.}$$

제어 루프 내에서 트래킹 필터를 사용할 때에는, 응답 시간이 매우 중요하다. 긴 응답 시간은 전체 제어 응답을 더디게 할 수 있으며 불안정이나 심지어는 제어 상실을 초래할 수도 있다. 아울러, 응답 시간은 스위프 사인 시험(swept sine tests)에서, 특히 T_r 가 수십 초 될 수 있는 CPB 유형의 낮은 주파수에서 스위프 속도를 제한할 수도 있다.

이런 이유로 많은 트래킹 필터는 동조 주파수에 의해 자동 스위칭되는 다중 CB 설정을 갖추으로써 절충하거나 또는 일정 주파수까지의 저주파수에서는 CB 응답을 갖고 그 이상에서는 CPB 응답을 갖기도 한다.

일반적으로, 트래킹 필터는 상호작용을 방지하고 불안정을 제어하기 위해 컨트롤러

압축 속도 보다 최소한 5배 빨리 응답해야 한다. 필터 대역폭은 언제나 작업 동조 주파수(working tuned frequency)보다 작아야 할 필요가 있을 것이다.

응답 시간은 표 A.2와 표 A.3을 참조할 것.

표 A.2 - CB 응답 시간

대역폭 Hz	시간 초
0.1	10
0.5	2
1	1
5	0.2
10	0.1

표 A.3 - CPB 응답 시간

주파수 Hz	대역폭 %		
	1	5	10
	시간 초	시간 초	시간 초
5	20	4	2
10	10	2	1
50	2	0.4	0.2
100	1	0.2	0.1
500	0.2	0.04	0.02
1000	0.1	0.02	0.01
2000	0.05	0.01	0.005

A.4.4.2 디지털 필터

디지털 시스템은 아날로그 트래킹 필터에 해당하는 것을 재생하기 위해 수치 알고리즘 기법(numerical algorithm technique)을 사용한다. 최종 결과는 기본 신호 추출이라는 점에서 다르지 않지만, 디지털 제어의 경우에는 루프 응답시간 증가라는 대

가를 치루고서 이루어질 수 있을 것이다. 이는 보다 높은 주파수에서 제어의 정확도에 영향을 미칠 수 있다.

A.4.5 제어 신호 추정

디지털 시스템은 데이터를 디지털화 하기 전에 안티-에일리어징 필터(anti-aliasing filter)를 사용한다. 이 필터는 주파수 스위프가 진행됨에 따라 주파수 범위를 따라고 주파수 구성요소들을 점차 제거하는 효과를 갖는다. 이의 결과로, 디지털 시스템의 신호는 보다 낮은 실효값을 가질 수 있는데, 이는 대등한 아날로그 제어 시스템과 비교할 때 디지털 시스템이 보다 높은 수준에서 시험을 제어하는 결과를 가져올 수 있을 것이다. 디지털 제어 시스템과 아날로그 제어 시스템 모두와 함께 트랙킹 필터를 사용하면 이 문제를 극복할 수 있을 것이다.

A.5 보통 방진 장치와 함께 사용하는 장비

A.5.1 방진 장치의 전달률 요소

정상적으로는 시험품이 방진 장치 위에 설치되어야 하지만, 방진 장치를 활용할 수 없고 그 특성이 알려져 있지 않으며 게다가 관련 규격이 이런 상태를 고려하지 않았을 때에는, 보다 현실적인 진동 입력을 시험품에 제공하는 방식으로 규정 수준을 수정해야 한다. 아래에 설명한 그림 A.1의 곡선들로부터 취한 값을 이용하여 이 수정된 수준을 도출할 것을 권장한다.

- a) 곡선 A는, 싱글 자유도로 간주했을 때, 10Hz를 넘지 않는 고유주파수를 갖는 고 탄성복원(resilience)의 장하 방진 장치(loaded vibration isolator)와 관계가 있다.
- b) 곡선 B는, 위와 같은 제한에서, 10Hz~20Hz 범위에서 고유 주파수를 갖는 중간 정도 탄성 복원의 장하 방진 장치 유형과 관계 있다.
- c) 곡선 C는, 위와 같은 제한에서, 20Hz~35Hz 범위에서 고유주파수를 갖는 저 탄성복원의 장하 방진 장치 유형과 관계 있다.

곡선 B는, single degree의 자유를 고려할 때 약 15Hz의 고유주파수를 갖는, 전부 금속으로 만들어지고 고도로 감쇄된 마운팅을 갖춘 전형적인 항공기 장비에서 행하는 진동 측정으로부터 도출된다.

곡선 A와 C로 표시되는 방진 장치의 경우 극소수의 데이터를 얻을 수 있었다. 그것들은, 각각 6Hz 및 25Hz의 고유주파수를 고려하면서, 곡선 8에서의 외삽법에 의

해 도출했다.

전달률 곡선들은 부착법에 의해 생기는 몇 개의 모드가 결합한 전달 특성을 포함하도록 개산한 것이다. 따라서 이들 곡선을 사용할 때에는, 병진 운동과 회전 운동이 결합했을 때 시험품의 바깥쪽에서 증가하는 진동 수준을 고려한다.

최적의 전달률 곡선은 그림 A.1에서 선택해야 하고 규정 진동 수준은 요구 주파수 범위에 걸쳐 이 곡선으로부터 취한 값을 곱해야 한다. 이 값들의 곱은, 실험실에서는 재현이 가능하지 않을 수도 있는 시험 수준으로 귀착될 것이다. 이 경우에, 시험 엔지니어는 전체 주파수 범위에 걸쳐서 언제나 최대 가능 수준이 달성되도록 수준들을 조정해야 한다. 사용된 실제값들을 시험 보고서에 명시하는 것이 극히 중요하다.

A.5.2 온도의 영향

많은 방진 장치가 온도 의존성 재료를 사용하고 있다는 것에 주의하는 것이 중요하다. 방진 장치 상의 시험품의 기본 공진 주파수가 시험 주파수 범위 내에 있을 경우는, 내구 적용 시간 길이 결정 시 반드시 주의를 기울여야 한다. 어떤 상황에서는 후처리 없이 연속하여 여기 하는 것이 불합리한 수가 있다. 이 기본 공진 주파수에 조우하는 실제 시배분(actual time distribution)을 알고 있는 경우에는, 그것을 모의시험 하는 것이 바람직하다. 만일 실제 시배분을 모르는 경우, 5.3을 고려해 넣으면서, 엔지니어링 판단을 필요로 하게 될 방식으로 여기 기간을 제한함으로써 지나친 과열을 피해야 한다.

A.6 지속시간

A.6.1 기본 개념(5.3.1 참조)

많은 기존 규격들은 동적 시험의 스위프 내구 단계를 간 지속의 관점으로 기술한다. 공진이 여기되는 경우의 횟수가 서로 다르게 될 것이기 때문에, 이는 주파수 범위가 다른 경우에는 하나의 공진 시험품을 또 다른 것과 상호 관련시키는 것을 사실상 불가능하게 만든다. 피로와 기계적 변형과 같은 진동의 누적 효과를 견디어 내는 항목의 능력이 증명되어야 할 경우에는 시험은 필요한 응력 사이클들을 누적하기에 충분한 지속시간을 가져야 한다. 무제한의 피로 수명의 증명을 위해서는 일반적으로 총 10^7 응력 사이클이면 충분한 것으로 간주된다.

A.7 동적 응답

손상의 주요 원인은 시험 시험품 내에 만들어지는 동적 응력이다. 고전적인 실례가 단순 스프링/질량 시스템(simple spring/mass system)이, 질량의 관성에 대하여 관성이 큰 진동체에 부착될 때 그 시스템 내에 만들어지는 응력이다. 공진 주파수에서 스프링/질량은 운동 진폭의 증가로 반응하면서, 스프링에 증가된 응력을 유도한다. 그런 공진 주파수에서의 내구 시험 수행은 많은 엔지니어링 판단을 요한다. 어려움은 주로 어떤 공진들이 유의한지를 결정하는 데 있다. 추가적인 문제가 공진에서 구동 주파수를 유지하는 문제일 수 있을 것이다.

보다 높은 주파수들에서 특히, 공진들은 그다지 분명하지 않을 수 있지만 그럼에도 불구하고 높은 응력 수준이 국부적으로 발생할 수 있다. 동적 확대(dynamic magnification)를 위한 임의의 값에 의해 공진의 엄격도를 규정하려고 하는 규격들도 있긴 하지만, 본 시험에서는 이 방법이 채택되지 않았다.

이 문서에 주어진 절차는, 시험품의 동적 반응에 관계없이 진동 진폭(변위 또는 가속도)이 규정된 값으로 유지되어야 함을 함축한다. 이는 표준화에 적합한 일반적인 종류의 진동 시험의 기술 상태에 따른 것이다.

시험품이 공진 주파수에서 여기될 때에 시험품의 겉보기 질량이 작동중인 부착 구조물의 질량

보다 커진다는 것이 흔히 알려져 있다. 그런 경우, 시험품의 반응은 상당할 수 있다. 구조물의 구동력과 기계 임피던스는 일반적으로 알려져 있지 않으며 이 매개변수를 일반적으로 가정하는 것은 보통 매우 어렵다.

상기의 문제를 경감하는 수단으로 힘의 제어가 고려되는데 절차, 측정, 허용차 등에 관한 정보를 제공하는 것이 현재 가능하지 않기 때문에 힘의 제어는 시험에 포함되지 않는다. 관련 규격이 그런 시험을 요구할 때에는, 힘 변환기(force transducer)를 사용하거나 구동 전류의 측정에 의존하는 것이 가능하다. 전류는 시험에 규정된 주파수 범위의 일부에 대해 힘에 비례하지 않을 수도 있기 때문에 이 후자의 절차는 약간의 결점이 있다. 그럼에도 불구하고, 특히 제한된 주파수 범위를 포함하는 경우에는, 전류 측정을 이용하는 방법을 적절한 기술 판단과 함께 사용할 수 있다.

따라서 힘 제어 시험(force-controlled test)이 매력적으로 보일 수도 있지만, 그 이용에는 반드시 주의를 기울여야만 한다. 예를 들면 부품의 경우, 진폭 제어 시험(amplitude controlled test)이 거의 언제나 더 적합하다(8절 참조).

A.8 성능 평가

시험의 전체 기간 중 또는 시험의 적절한 단계에서 가능하다면 시험품은 그 기능을 대표하는 조건에서 작동시키는 것이 바람직하다. 내구 시험 중의 적절한 간격 또는 시험 종료 부근에서 시험품의 기능 검사를 하기를 권장한다.

진동이 스위치 온 및 스위치 오프 기능(예: 릴레이의 작동에 대한 간섭)에 영향을 줄 가능성이 있는 시험품의 경우, 이 문제에 대한 성능을 실시하기 위하여 시험 진동수 범위의 오버 또는 간섭이 일어나기 쉬운 진동수중 어느 하나로 그러한 기능을 반복하여 검사하는 것이 바람직하다.

시험이 잔존(survival)만을 실증하기 위한 것일 경우, 진동 내구 시험 완료 후에 시험품의 동작 성능을 평가하는 것이 바람직하다(8.2 및 11절 참조).

A.9 초기 측정 및 최종 측정

초기 측정 및 최종 측정의 목적은 진동이 시험품에 미치는 영향을 평가하기 위하여 특정 파라미터를 비교하는 것이다.

측정에는 육안 검사와 마찬가지로 전기적 및/또는 기계적인 동작 특성과 구조적 특성이 포함될 수 있다(7절, 11절 참조).

부속서 B (정보제공)

주로 부품에 적용하는 엄격도의 보기

5절이 허용하는 사용 가능한 엄격도의 수는 대단히 많다. 이 표준의 적용을 단순화하기 위해, 주로 부품에 적용하는 엄격도들의 보기를 본 시험의 5절에 규정한 내구를 위한 권장 파라미터에서 선택하여 표 B.1에 수록했다. 시험 조건은 본 규격에 규정한대로 한다.

표 B.1 - 스위프에 의한 내구 -
상한 쪽 중첩 주파수의 예

주파수 범위 Hz	각 축의 스위프 사이클 수			적용 사례
	진폭 ¹⁾ 1.35mm 또는 50m/s ²	0.75mm 또는 100m/s ²	1.5mm 또는 200m/s ²	
10 ~ 55	10	10		공업용 대형 발전기, 대형 회전 기계, 강압연기, 대형 상선 및 함정용 부품
10 ~ 500	10	10		범용 지상설치 반송기계, 육상 수송 차량, 소형 고속선(군용 또는 민간용), 일반 항공기용 부품
10 ~ 2000		10	10	우주용 발사대(200 m/s ²). 항공기의 엔진 장착 부품
55 ~ 500	10	10		55Hz 미만에 공진이 없는 소형의 강성 부품에 대하여 10Hz~500Hz를 적용하는 경우.
55 ~ 2000		10	10	55Hz 미만에 공진이 없는 소형의 강성 부품에 대하여 10Hz~2000Hz를 적용하는 경우.
100 ~ 2000		10	10	수지 밀봉 트랜지스터, 다이오드, 저항 및 콘덴서, 집적회로의 초소형 부품에 대하여 55Hz~2000Hz를 적용하는 경우.
주 - 규정된 주파수 범위에 대해 하나 이상의 진폭이 존재할 경우, 하나만 사용된다. 1) 중첩 주파수 미만의 변위 진폭과 중첩 주파수를 초과하는 가속도 진폭. 접합점 주파수는 58Hz~62Hz 이다 (5.2 및 표5 참조).				

응력 사이클 수의 추산 방법은 A.4.3 참조할 것.

고정 주파수에서의 내구

각 임계 주파수에서의 내구에 대한 대표적인 지속시간은 10분, 30분, 90분 및 10시간이다.

거의 고정된 주파수에 관해서는 A.1 참조할 것.

지정된 주파수의 경우, 규정된 각 주파수·축 조합에 대해 10^7 응력 사이클 상한이 적용되도록 내구 시간을 선택해야 한다. 환경 조건을 알고 있는 경우 고정 주파수에서 적용될 지속시간은 정규 수명 동안 발생하는 응력 사이클의 수에 기초해야 한다.

부속서 C (정보제공)

주로 기기에 적용하는 엄격도의 보기

실제 진동 엄격도를 알고 있을 때는, 그것을 사용해야 한다(A.4.1 참조). 엄격도를 알고 있지 않을 때는, 임의로 선택할 필요가 있는데, 본 부속서에는 적용 보기 별로 엄격도가 일반화되어 있으므로 되도록 유사한 적용 보기를 선택할 필요가 있다.

주파수 범위, 진동 진폭 및 내구 지속시간의 몇 개의 조합을 주로 하여 기기 및 기타 부품의 시험에 적용하는 것을 의도한 엄격도의 보기로서 주어진다(표 C.1과 표 C.2 참조). 이 엄격도는 본 표준 5절에 규정한 내구를 위한 권장 파라미터들 중에서 선택한 것이며, 보다 일반적인 진동시험 응용들을 포함하는 것으로 생각된다. 여기에서는 완전한 목록을 만들려고 시도하지는 않았으며, 본 부속서에 포함되지 않은 요건은 본 규격의 다른 권장 엄격도들 중에서 선택해야 하고 관련 규격에 명시해야 한다.

어떤 응용에서, 스위프에 의한 내구를 사용하는 것은 불가능할 수 있고, 임계 주파수에서 시험을 수행해야 할 수도 있다. 이러한 시험은 관련 규격이 본 표준의 해당 절에 따라 본 부속서를 지침으로 삼아 규정해야 한다.

표 C.1 - 스위프에 의한 내구 - 하한 중첩 주파수의 예

		각 축 스위프 주파수 수			응용 사례
주파수 범위 Hz	가속도 m/s^2	5	10	20	
10~150		50	-	-	대형 컴퓨터와 압연기와 같은 장시간의 노출을 받는 고정 장비.
10~150		20	-	-	대형 트랜지스터, 에어컨 같은 간헐적 노출을 받는 고정 장비.
10~150		-	20	20	선박, 철도, 육상 차량 등에서의 설치나 수송을 위한 장비
주 - 규정 주파수 범위에 대해 하나 이상의 진폭이 존재할 경우, 하나만 사용한다.					

응력 사이클 수의 추산 방법은 A.4.3 참조할 것.

고정주파수에서의 내구

각 축에서 각 임계주파수에서의 내구에 대한 전형적인 지속시간은 10분, 30분, 90분 및 10시간이다.

거의 고정된 주파수의 경우는 A.1 참조할 것.

지정된 주파수의 경우에는, 규정된 각 주파수·축 조합에 대해 10^7 응력 사이클 상한이 적용되도록 내구 시간을 선택해야 한다. 환경 조건들을 알고 있을 경우 고정 주파수에서 적용될 지속시간은 정규 수명 동안 발생하는 응력 사이클의 수에 기초해야 한다.

표 C.2 - 스위프에 의한 내구 - 상한 중첩 주파수의 예

	각 축의 스윙프 사이클 수				응용 사례
주파수 진폭 범위 Hz	0.15mm 또는 20 m/s ²	0.35mm 또는 50m/s ²	0.75mm 또는 100m/s ²	1.5mm 또는 200m/s ²	
1~35 ²⁾	-	100	100	-	대형 회전 기계 가까이에 설치하는 기기
10~55 ²⁾	10 20 100	- 20 -	- - -	- - -	대형 발전 장치 및 일반 공업용에 사용하는 기기
10~150	10 20 100	- 20 -	- - -	- - -	대형 발전 장치 및 일반 공업용에 사용하는 기기로서, 55Hz를 초과하는 주파수 성분이 확인되어 있는 경우
10~500	10	10	-	-	일반 항공기용 기기, 높은 쪽의 값은 엔진 컴파트먼트 가까이의 기기에 적용하는데, 엔진 컴파트먼트 내의 기기는 제외한다.
10~2000	-	10	10	- 10	고속 항공기용 기기, 높은 쪽의 값은 엔진 컴파트먼트 가까이의 기기에 적 용하는데, 엔진 컴파트먼트 내의 기기 는 제외한다. 항공기의 엔진 컴파트먼트 내의 기기
주 - 규정된 주파수 범위에 대해 하나 이상의 진폭이 존재할 경우에는 하나만 사용해야 한다. 1) 중첩 주파수 미만의 변위 진폭과 중첩 주파수를 초과하는 가속도 진폭. 58Hz~62Hz (5.2 및 표5 참조). *** 2) 일정 변위 진폭 시험					

응력 사이클 수의 추산 방법은 A.4.3 참조할 것.

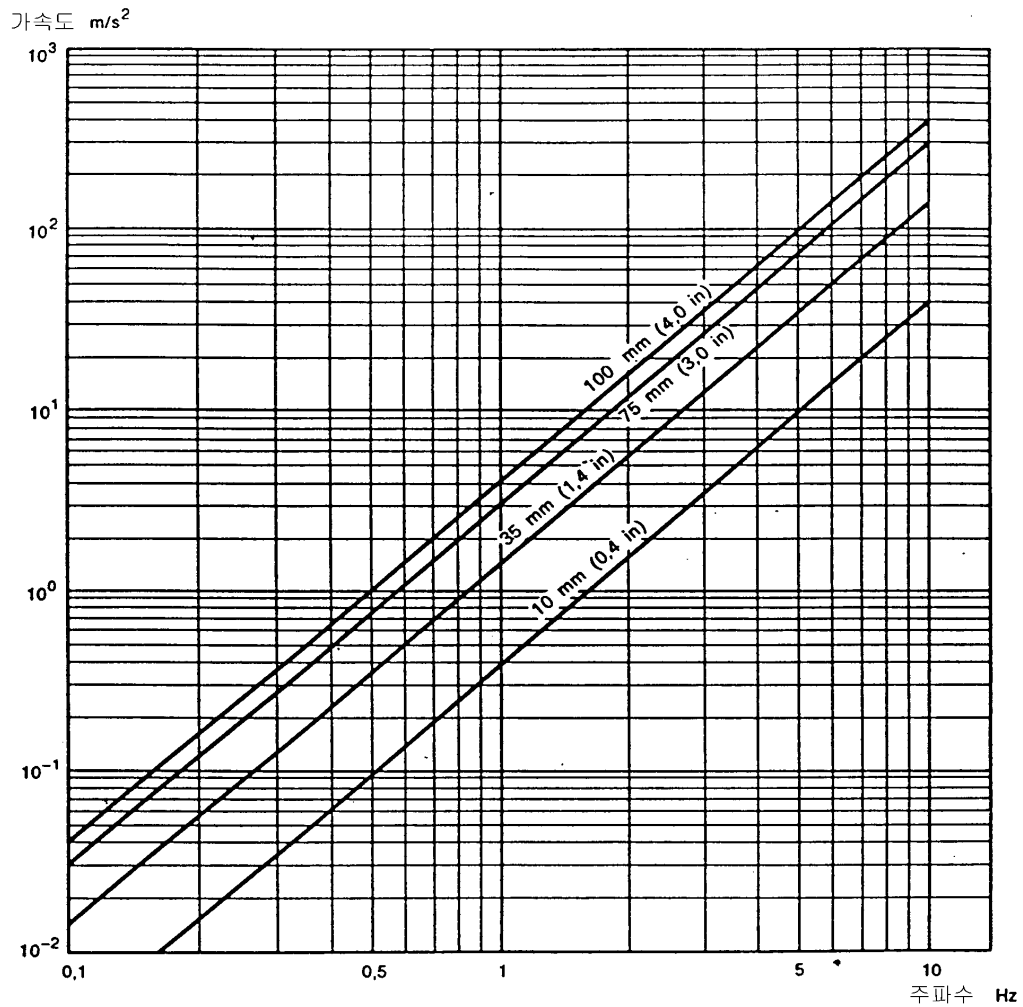
고정 주파수에서의 내구

각 축의 각 임계 주파수에서의 내구에 대한 전형적인 지속시간은 10분, 30분, 90분 및 10시간이다.

거의 고정된 주파수에 관해서는 A.1 참조할 것.

지정된 주파수의 경우에는, 규정된 각 주파수·축 조합에 대해 10⁷ 응력 사이클 상한이 적용되도록 내구 시간을 선택해야 한다. 환경 조건들이 잘 알려져 있는 때에

는 고정 주파수에서 적용될 지속시간은 정류 수명 동안 발생하는 응력 사이클의 수에 기초해야 한다.



주 - 이 그래프가 엄격도를 정확하게 표현하고 있는 것으로 간주해서는 안 된다.

그림 3 - 주파수에 대한 진동 변위 진폭의 관계를 나타내는 그래프(10Hz 상한 주파수의 주파수 범위에 대해서만 적용)

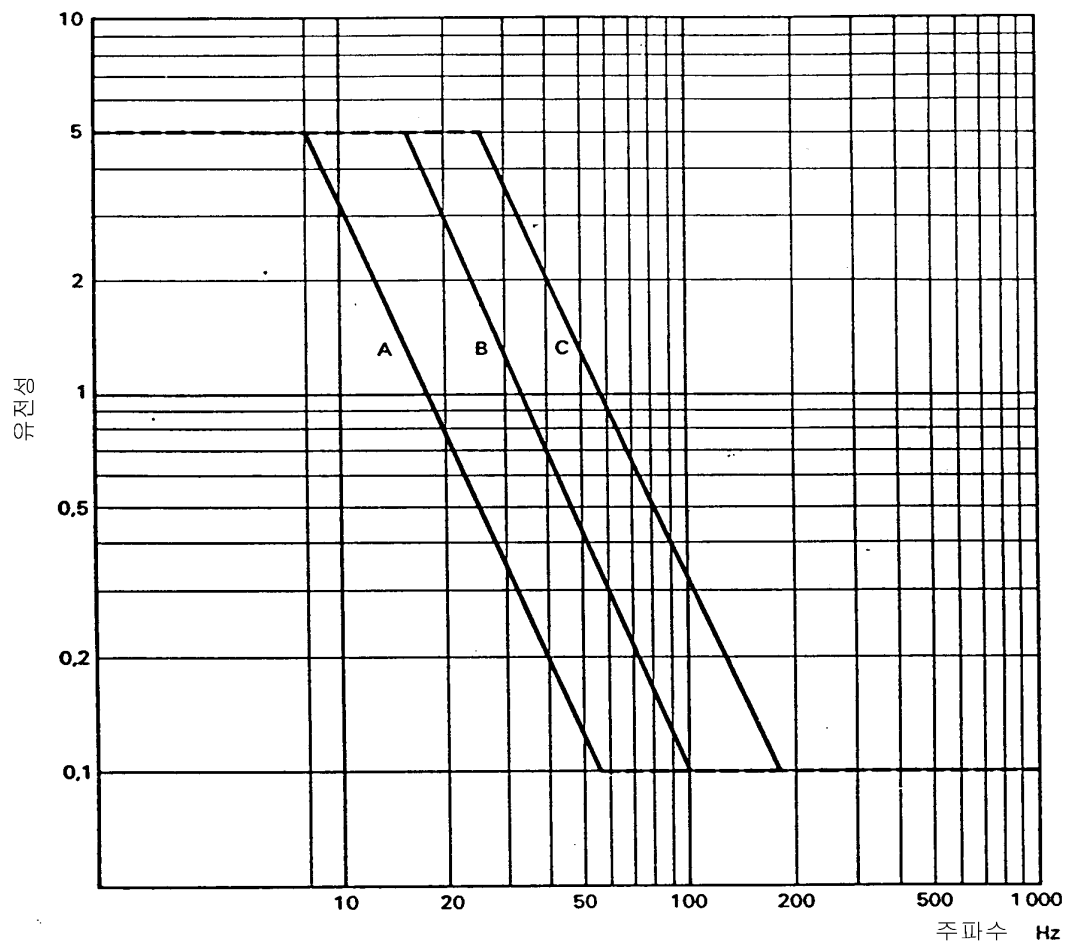


그림 A.1 - 방진 장치에 대한 일반화된 전달률

환경 시험 -
제2부 : 시험 - 시험Fc : 진동(정현파)

정오표

8절의 기존 첫 단락을 다음과 같이 다섯 개의 새로운 단락으로 대체할 것:

8 시험

관련 규격은 시험품을 진동시켜야 할 축의 개수 및 그 상대 위치를 명시해야 한다. 관련 규격에 명시되어 있지 않는 한, 시험품은 결함이 가장 잘 나타나도록 차례로 선택해야 하는 3개의 상호 수직인 축에서 진동시켜야 한다.

기준점에서의 제어 신호는 감시점에서 신호로부터 취출해야 하며 다점 제어 또는 1점 제어에 대해 사용해야 한다(A.4.5의 소절을 참조할 것).

적용해야 할 시험 절차는 관련 규격을 통해 아래에 주어진 단계로부터 선택해야 한다. 지침은 부속서A에 주어져 있다. 통상적으로, 시험 단계는 동일한 축에서 순서대로 수행해야 하며 이후 다른 축에서 반복 시행해야 한다(A.3 참조).

방진 장치와 함께 사용하도록 고안된 시험품에 대해 방진 장치 없이 시험을 행해야 하는 경우, 각별한 주의를 기울여야 한다(A.5 참조).

관련 규격에서 규정하고 있는 경우, 규정된 진동 진폭의 제어는 진동 장치에 인가되는 구동력의 최대 한도에 의해 보완되어야 한다. 힘 제한법은 관련 규격에 반드시 명시해야 한다(A.7 참조).