

진동에 대한 인체 응답-측정기

ISO 8041(Human Response to Vibration-Measuring Instrumentation)의 기술적 내용을 중심으로

韓 鍾 善*
Han, Jong Sun

검토배경

현재 국제적으로는 그린라운드 대책으로 인하여 소음진동에 대한 각종 규제조치가 취해지고 있다. 국내에서도 공해방지 대책의 일환으로 소음진동 규제법을 제정 각종 또는 시설물에 대한 진동을 규제하고 있다.

특히 정부에서는 1993. 12. 27자로 소음진동 규제법을 개정 이의 규제를 더욱 강화하고 있는 실정이다. 현대사회는 고속전철, 항공기, 자동차 각종 시설물 등이 첨단 대형화하고 고속으로 운행됨에 따라 전에는 대수롭게 생각되던 미미한 진동에 대해서도 앞으로는 엄청난 위험을 초래할 수 있다. 다행히 국내 제조업체들도 이러한 진동의 중요성을 새삼 인식하고 진동 정밀측정 설비 투자는 물론 방진 시설 등에도 많은 투자를 하고 있다. 대학을 비롯한 각 연구소 그리고 대기업 자체내에서도 진동 분야에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있고 정밀 측정에 대해서도 많은 관심을 갖고 있다.

그러나 진동에 대한 측정방법은 회사 또는 연구기관마다 제각기 달라 표준화 되지를 못하고 있다. 비단 이것은 국내뿐만 아니라 국제적인 공통 현상이다. 비근한 예로 기준 가속도의 정의가($a=10^{-6}m/s^2$) 또는 ($a=10^{-5}m/s^2$)으로 되어 있어 국내외적으로 많은 혼란을 초래하고 있다. 국제간에도 이러한 불편이 있음

을 감지하고 1990년에 국제규격으로 「진동에 대한 인체 응답-측정기」에 대한 사항을 ISO로 제정하였다. 초판으로 제정된 ISO 8041 규정 중에는 일부도표에서 수치상 모순된 사항도 있다. 그러나 전반적인 내용으로는 무난하다고 보며 국내에서도 동기준을 적용시킨다고 하더라도 큰 무리는 없을 것으로 본다. 일본에서는 동규격에 대하여 아직 JIS 규격으로 채택하지 않고 있다. 일본 국내법인 계량법과 본 ISO 규격과 상치되는 면이 있어 제정에 주저하고 있는 것 같다.

본문에서 우선 ISO 8041의 기술적 내용을 검토 소개코자 한다. 앞으로 언젠가는 국제사회는 이 규격에 따라 진동 측정방법이 표준화 될 것 같기 때문이다. 아울러 국내에서도 인체 진동 측정에 대한 측정기준을 미리 이러한 ISO 기준에 맞추어 대비해 두는 것이 여러면에서 유익하다고 생각된다. 참고로 여기에서 사용된 일부 신규용어는 임의적으로 제정 사용한 것임을 밝혀 둔다.

서문(序文) 사람이 감지할 수 있는 진동에 대하여, 무조건 비교하여 측정결과를 얻을 수 있는 진동계를 설계하는 것은, 현재로서는 불가능하다. 그렇지만 진동 측정자가 측정한 결과치는 언제나 명시된 허용오차와 일치할 수 있도록 규정된 측정진동에 맞추어 진동계를 규격화하는 것이 중요하다고 여겨진다. 이 국제

* 機械製作技術士, 國立工業技術院 工業研究官

규격에서 측정되는 진동계는 ISO 2631 및 ISO 5349에 준용한 측정법중, 적어도 한쪽의 필요 조건은 만족시킨 것이다.

1. 적용법위

이 국제규격은 인간이 지각할 수 있는 진동을 평가하기 위하여, ISO 2631-1에서 규정하는 주파수 범위의 진동계에 대하여 규정한다. 이 규격은 손·팔의 진동 및 전신진동의 진동계에 적용한다. 다른 방법으로 측정할 때에는 ISO 2631 및 ISO 5349로 조사하는 것이 바람직하다. 이 국제규격은 규정의 특성이 있는지의 여부를 확인하기 위한 전기, 진동 및 환경시험, 아울러 감도교정 방법에 대하여 규정한다. (4절 참조)

이 국제규격의 목적은 별도의 진동계에서 규정된 측정결과의 일치 및 양립성, 또한 측정의 재현성을 보정토록 한 것이다.

일정 조건하에서 손·팔 또는 전신진동의 측정 요구사항만을 실현하여도 좋다. 예를들면 z 축 방향에 대하여 목적을 명확히 규정하고, 이 국제규격의 적절한 요구사항을 만족해도 좋다. 스펙트라(spectral) 해석을 할 경우에는 적절한 필터 특성을 적용한다. (4절 참조)

2. 적용규격

이 규격에서 적용하고 있는 다음규격은 이 국제규격을 구성하는 재규정을 포함한다. 이들 규격은 출판 시기에는 유효하였으나, 이들 모두가 개정되고 있거나 재정 준비중에 있다. 이 국제규격을 운용하고자 하는 당사자는 규격의 최신판을 갖고 적용가능성을 조사할 필요가 있다. 우리나라는 IEC 및 ISO의 회원으로서 공업진흥청에 현행 국제규격을 비치하고 있다.

3. 용어의 정의 등

이 국제규격에서 사용하는 용어 등은 ISO 2041 및 ISO 5805에서 정의한 바와 같고 기타 사항은 다음과 같다.

3.1 감각보정 진동(Weighted vibration)

주파수로加重된 가속도 실효치, 단위는 m/s^2 로 표시한다. 측정결과는 가속도의 단위 (m/s^2) 또는 레벨 단위(dB) 중의 하나로 표시한다. dB 단위의 레벨은 기준가속도에 대한 감각보정 가속도(m/s^2)의 밀이 10인 대수의 20배이다.

감각보정 가속도는 표 1에 기재한 5개의 감

표 1 주파수 범위

진동의 특성(감각보정)	주파수 범위 Hz	국제규격
전신, 불패 z : W.B.S.D.z로 지정	0.1~1	ISO 2631-3
전신, x-y : W.B. x-y로 지정	1~80	ISO 2631-1
전신, z : W.B.z로 지정	1~80	ISO 2631-1
전신, 병합 : W.B 병합으로 지정	1~80	ISO 2631-2
손·팔 : H-A로 지정	1~1,000	ISO 5349

각보정중 하나로 하고 표 4-8에 따라 가중시킨다. 감각보정 가속도는 표 4-8로 가중한 가속도의 제곱값을 지정한 시정수를 가진 특성에 따라 지정함수로 가중하여 평균한 값의 피이크 값, 또는 지정된 시간으로 제곱평균한 값으로 유도한다. 감각보정가속도의 적용할 때에는 감각보정 및 시간 加重이 없거나(산술평균) 또는 지수함수에 따른 시간 加重을 표시한다.

비고 「감각보정진동」이란 말은 때로는 「감각보정 가속도」 또는 「진동」이라고도 한다. 속도 픽업 또는 변위픽업을 사용할 때는 적용하고자 하는 감각보정은 적절히 변경하는 것이 바람직하다. 사용하는 픽업의 형식은 항상 표기하는 것이 좋다.

3.2 기준 가속도(Reference Acceleration)

진동레벨을 나타내기 위한 기준 가속도는 ISO 1683에 의거 10^{-6}m/s^2 로 한다. 다른 기준 가속도를 사용할 때에는 그 기준 가속도를 표기한다.

3.3 등가지속진동치 및 등가지속진동레벨 (Equivalent Continuous Vibration Value and Level)

3.3.1 등가지속진동치 (Equivalent Continuous Vibration Value)

등가지속 감각보정가속도 a_{weq} , 다음식에 따라 rms 값으로 정의한다.

$$a_{weq} = \left\{ \frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 $a_w(t)$ 는 감각보정을 한 가속도의 순간치(m/s^2), T_m 은 평균시간(S), t 는 시간(S)이다.

3.2.2 등가지속진동 레벨 (Equivalent Continuous Vibration Level)

등가지속감각보정 가속도 레벨 L_{weq} 는 다음식으로 정의한다.

$$L_{weq} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \frac{[a_w(t)]^2}{a_0^2} dt \right\} \dots\dots (2)$$

여기서 a 는 기준가속도($a_0=10^{-6} \text{m/s}^2$), $a_w(t)$, T_m 및 t 는 3.3.1과 같다. 평균시간은 항상 명기한다.

3.4 파고율(Crest Factor) 규정시간에 측정된 신호의 rms값에 대한 피이크값의 비

비고 60초간 산술평균한 신호의 rms 값이 좋다.

3.5 신호(signal)

3.5.1 펄스충격계수(Pulse Duty Factor)

구형파인 펄스의 반복주기에 대한 펄스 계속 시간의 비

3.5.2 버스트 신호(Signal Burst)

1주기 이상의 주기를 완료한 싸인파. 이 국제규격에서는 신호의 파형이 영점을 기점으로 하여 발생하고 또는 종료하는 것으로 한다.

3.5.3 버스트 충격계수(Burst Duty Factor)

반복되는 단속신호파에 대하여는 반복주기에 대한 신호가 생기는 시간의 비

3.6 주지시범위(Primary Indicator Range)

진동계의 지시계가 지정하는 지시범위. 이 범위에서 진동계의 지시는 6.7에서 규정한 감도 직선성의 허용차 범위내에 들어있다.

3.7 감도의 직선성(Sensitivity Linearity)

진동계의 지시가 지정된 허용차내에서 입력 신호의 크기에 비례하는 것을 표시하는 용어

표 2 프리퍼드 기준 교정주파수

진 동 의 특 성	기 준 교 정 주 파 수		감 각 보 정
	w S ⁻¹	f Hz	
전신, 불패, z	2.5	0.398	0.666 (-3.53dB)
전신, x-y	50	7.96	0.254 (-11.92dB)
전신, z	50	7.96	0.905 (-0.87dB)
전신, 병합	50	7.96	0.581 (-4.71dB)
손-팔	500	79.6	0.202 (-13.89dB)

3.8 기준 교정주파수(Reference Calibration Frequency)

진동계의 감도교정용으로서 제조업자가 지정한 주파수. 프리퍼드(preferred)기준 교정주파수는 표 2와 같다.

3.9 기준 교정 가속도(Reference Calibration Acceleration)

진동계의 감도 교정용으로서 제조업자가 지정한 가속도.

비고 기준 교정가속도는 8Hz, 80Hz, 또는 160Hz에서는 1m/s², 0.4Hz에서는 0.1 m/s²가 좋다.

4. 특 성

인체응답의 측정기는 일반적으로 진동픽업, 감각보정을 행한 증폭기 및 특성이 제어된 검파기-평균화 회로-지시계를 조합한 진동계이다. 5절 및 6절에서는 진동계에 대한 각부분의 규격을 표시하였다. 허용차는 진동계의 2형식을 대상으로 하였다. 어떤 부속품(콤팩터, 케이블 및 전치 증폭기 등)도 진동계가 필요한 부분으로 보지 않는다. 제조업자는, 교정을 실효성 있도록 하기 위해 접속 케이블을 지정할 수 있다. 픽업의 부착 및 교정에 대하여는 ISO 5348 및 ISO 5347-0 참조한다.

비고 이 국제규격에서는 아날로그 또는 디지털신호처리중 어느 것이 우월하다

고 기술하지는 않고 있다. 이러한 사항은 이 국제규격에서만 양립되어 있다.

이 국제 규격에서 고려할 진동계의 특성은 다음과 같다.

- a) 감각보정 특성
- b) 대역제한
- c) 시간의 가중, 검파기 및 지시계의 특성
- d) 각종 환경에 대한 감도

이 국제규격에서 규정하는 진동계는 스펙트라 해석에 사용해도 좋다. 이 경우 필터의 특성은 IEC 225의 규정에 따른다.

4.1 허용차

형식 1 또는 형식 2의 진동계 규격은 같은 공칭값을 갖지만, 허용차는 다르다. 일반적으로 형식 2보다 형식 1의 진동계쪽이 허용차가 좁으며 제조원가에 따라서 2형식은 달라진다.

4.2 응용

형식 1의 진동계는 진동환경을 엄밀하게 규정할 수 있거나 제어할 수 있는 경우 어떤 규격을 평가하거나 만족시키고자 하는 곳에 사용한다. 형식 1의 진동계에서 측정가능한 정확도는 보통 조건에서는 일반적으로는 실현할 수 없다. 형식 2의 진동계는 일반적인 응용에 적용한다.

4.3 감각보정특성

4.3.1 감각보정

인체응답의 진동계는 다음과 같이 지정하는 하나 이상의 감각보정 특성을 갖는(생략한 표현에 대하여는 표 1 참조) 것으로 한다. 즉, 0.1 Hz-1Hz(W.B.S.D.z) : 1Hz-80Hz(W.B. x.y 및 W.B.z) : 1Hz-80Hz(W.B. 병합) : 8Hz-1000Hz(H.A)이다. 다른 임의의 감각보정 특성을 포함하여도 좋다. 임의의 감각보정으로서는 "평탄(平坦 : flat)"을 지시하는 경우 예를들면 가속도 또는 속도에 대하여 입력신호에 관한 주파수 응답은 일정하지만 적절한 대역제한 특성을 갖는다. 평탄특성은 진동계를 전치증폭기(보조장치)로 동작시키거나, 또는 감각보정을 하지 않은 신호측정을 가능케 한다. 감각보정 회로 및 증폭회로는 5.1의 요구사항을 만족시킨다. 제조업자는 평탄특성을 사용하고자 할 때는 주파수 범위와 허용차를 지정한다. 허용차는 표 4-8의 감각보정 특성에 표시한 값보다 크게 하지 않는다.

4.3.2 시간의 가중

인체응답의 진동계는 적어도 다음의 시정수(時定數) 및 기능을 가진것으로 한다.

- a) 시정수 1S
- b) 산술평균으로 60s 이상 제곱평균값을 가진 기능

기타 시정수를 부가할 때에는 $\frac{1}{8}$ s 또는 8s가 좋다. 진동계가 픽업값을 지시할 특성을 구비한 때에는 진동적인 신호의 플러스, 마이너스에 관계없이 최대 피크 값을 지시하도록 한다. 산술평균에서 얻은 2승 평균치는 지수함수로 가중하고 평균한 값에 가까운 근사치로 평가도 할 수 있다. 이 경우에 제조업자는 사용한 시정수를 명기한다.

비고 지정된 평균시간은 인체의 평균시간을 반드시 표기하지 않아도 좋다.

4.4 기준조건의 지시

3.3, 3.9, 7.3 및 7.4에서 규정한 바와같이 기준조건에서, 진동계의 지시정확도는 제조업자가 지정한 어떠한 예열시간후에도 형식 1 및 형식 2의 진동계에 대하여 각가 $\pm 8\%$ (± 0.7 dB) 및 $+12\% -11\%$ (± 1 dB) 이내로 한다. 기준 주파수에서 교정값의 검정 및 유지가 가능토록 한다. 이것은 제조업자가 작성한 취급 설명서에 기재하는 적절한 방법에 따라도 좋다.

4.5 전지로 작동하는 진동계

진동계가 전지로 작동할 경우에는 규격범위 내에서 적절히 작동시키므로 전지의 전압 및 안정도를 조사할 수 있도록 한다.

표 3 1시간 이내의 작동중 지시의 최대변화

형 식 1		형 식 2	
%	dB	%	dB
3.5	0.3	6	0.6

4.6 지시의 최대 변화

제조업자가 지정하는 예열시간(10분이내) 후에 진동계의 지시는 1시간이내의 연속작동 중에 표 3에 표시한 값 이상으로 변화되지 않도록 한다.

4.7 픽업의 수감축(受減縮 : Sensitivity Axis)

제조업자는 픽업의 수감축 및 횡감도를 명시한다. 이에따라 수감축 감도를 $+6\%$ ($+0.5$ dB)가 되도록 횡진동의 크기를 명시한다.

5. 감각보정 및 증폭기 특성

5.1 일 반

이 국제규격에서 규정하는 진동계는 픽업, 증폭기 및 감각보정 회로 및 검파회로-지시계로 구성된 것으로 하고 표 4-8에 표시한 한개의 특성 및 허용차를 갖는 것으로 한다. 또한

표 4-8에 상당하는 그래프 및 해석적인 표현은 각각 부속서 B 및 C에 표시한다. 외부필터 접속 규정을 포함하여도 좋다.

5.2 감도 또는 레벨레인지 절환기

감도 또는 레벨레인지 절환기가 있을 때에는 제조업자가 지정하는 레인지 설정에 관한 동작 범위에서 이미 설정된 주파수에 대하여 형식 1의 진동계에 대하여는 $\pm 3.5\%$ ($\pm 0.3\text{dB}$) 이상, 형식 2의 진동계에 대하여는 $\pm 6\%$ ($\pm 0.5\text{dB}$) 이상의 절환 오차가 생겨서는 안된다. 기준 레인지는 3.9에서 규정하고 있는 교정진동(기준 교정 가속도)를 포함한다. 이 교정진동을 상기의 허용차를 검사한다.

5.3 수동감도 절환기 또는 수동레벨 레인지 절환기

진동계가 수동(手動)인 감도 또는 레벨 레인지 절환기를 구비하고 있을 때에는 주지시범위는 레인지 절환기의 단계가 10dB인 경우에는 적어도 0.6배(5dB)정도 무겁게 하고 레인지 절환기의 단계가 10dB을 넘을 경우에는 적어도 0.3(10dB) 무겁게 한다.

5.4 파고율에 관한 특성

증폭기는 6.2의 요구사항을 만족하는 파고율에 관한 특성을 갖는것으로 한다. 자동 레인지의 절환기를 구비할 때에는 절환시간을 명시한다.

5.5 과대입력신호 표시기

과대입력신호 검출기는 연속된 증폭기중 필요한 곳에 설치하고 신호의 크기가 직선성의

한계를 넘을 때에 표시되도록 한다. 과대입력 신호에 따라 오지시가 생기는 경우에는 과대입력 신호표시를 한다. 진동계의 산술평균을 수행하는 장치에는 기억형의 과대입력신호 표시기를 설치한다.

5.6 SN 비(Signal-to-Noise Ratio)

모든 측정범위에서 내부잡음의 최대 레벨은 그 레인지에서 측정가능한 지정의 최소진동이 적어도 1.8분의 1(5dB)이하로 한다.

5.7 전기출력의 특성

진동계가 신호과형 감시용 출력단자를 구비한 때에는 각각보정된 설계 진동진폭 상한의 0.3배(10dB) 이하인 시험신호에 대하여는 2% 이상의 응력이 생겨서는 안된다. 제조업자가 기술한 진동크기의 상한값에서 진동성의 입력과 신호출력과의 사이에 생기는 모든 고주파 응력은 그 레인지와의 주파수에서도 10% 이하로 한다. 제조업자는 모든 각각보정에 대하여 각각의 주지시범위 상한에서, 진동성의 입력과 신호출력 사이에 비선형 응력에 따라 생기는 오차가 $\pm 12\% \sim 11\%$ ($\pm 1\text{dB}$) 이하인 주파수 범위를 기술한다.

6. 검파기 및 지시계의 특성

6.1 진동계의 지시

검파기-지시계를 구비한 진동계의 지시특성은 실효치형으로 한다. 신호의 피크치 지시를 포함할때에는 시정수 또는 평균시간을 명시한다.

6.2 검파기-지시계의 특성

표 9 실효치 검파기-지시계의 계의 최대오차

진동계의 형식	다음의 파고율에 대한 최고오차					
	<3		<5		<10	
	%	dB	%	dB	%	dB
1	6	0.5	12	1	19	1.5
2	12	1	12	1	-	-

표 10 시험 버스트 신호에 대한 응답

검파기-지시계의 특성	시험 버스트 신호의 계속시간	지속신호에 대한 응답을 기준으로 한 시험버스트 신호에 대한 최대응답		진동계의 다음형식에 대한 최대 응답(공칭치 기준)의 허용차			
		%	dB	1		2	
				%	dB	%	dB
-	지속	0	0	-	-	-	-
1 S	500	-37	-4.1	+12 -11	±1	+26 -21	±2
S	62.5	-37	-4.1	+12 -11	±1	+26 -21	±2
S	4000	-37	-4.1	+12 -11	±1	+26 -21	±2
피이크 ($\leq \frac{0.2}{fu}$)*	[0.5fu(kHz)의 1/2 싸인파, 플러스, 마이너스의 한쪽 극성]	41	1.41**	+12 -11	±1	+26 -21	±2

* fu = 상한 주파수. ** 싸인파 신호의 파고율

표 11 산술평균의 허용차

싸인파 단속신호의 버스트 충격계수	싸인파 단속신호의 실효치에 대한 싸인파 지속신호 실효치의 비(최대치는 같다)	진동계의 형식에 대한 허용차			
		형식 1		형식 2	
		%	dB	%	dB
10 ⁻¹	3.16	6	0.5	12	1
10 ⁻²	10.0	6	0.5	12	1
10 ⁻³	31.6	12	1	25	2

6.2.1 지시함수에 따른 시간의 가중 rms 정확도(Accuracy) 및 시간의 가중특성에 대하여는 8절에서 규정한 시험을 한다. 여러종류의 신호파고율에 대한 허용차는 표 9와 같다. 검파기-지시계의 시간중복 특성은 표 10의 3열에서 규정하는 버스트 신호 및 자연인 가하는 신호, 혹은 진폭이 스텝모양인 신호에 대하여는 수행하지 않고 최대 12%(1dB)가 초과하는 곳에서 응답하는 것으로 한다. 인가된 신호가 갑자기 끊어질 때 피이크 검사기를 제외한 지시계는 시정수가 1s인 경우에는 2.3s가 경과한 후에, 시정수가 8s인 경우에는 18.4s가

경과한 후에 각각 10dB 지시가 감쇄되어야 한다.

6.2.2 산술평균

산술평균한 싸인파의 단속신호 실효치에 대한 싸인파 지속신호의 실효치 비는 표 11의 허용차를 넘지 않아야 한다.

6.3 피이크치 지시계의 특성

피이크 검파기는 진동의 순간절대치의 최대 값을 가진것으로 한다. 일련의 최단 펄스폭인 펄스가 검파된 피이크치의 오차는 무시할 수

있으므로 분기 시간(risetime)은 어떠한 경우에도 상한 주파수의 1주기보다 짧아서는 안된다. 이것은 표 10에서 규정한 펄스로 시험한다. 지시 감속시간은 매분 6%(0.5dB) 이하로 한다. 피이크치의 유지는 최소 300ms 간격으로 수동 또는 자동조작으로 재설정 가능토록 한다.

비고 사용자는 피이크치의 불확도가 진동계의 위상특성에 영향을 미치는 것을 아는 것이 좋다. 피이크 응답을 시험하기 위한 표 10의 시험 펄스는 피이크값이 위상응답에 그다지 영향을 미치지 않는 방법으로 선정한다. 피이크치 지시계의 정확도는 유효감도로 하고 제조업자가 지정한 최저한계를 제외한 다이내믹레인지의 어떠한 부분에서도 플러스 또는 마이너스의 피이크에 대하여 $\pm 6\%$ ($\pm 0.5\text{dB}$)이내로 한다. 피이크치 지시모양으로 분기하는 시간은 진동계의 전기회로 부분의 제조업자가 명시한다.

6.4 지시계의 지시범위

지시계의 지시범위는 아날로그이든 디지털이든 관계없이 최소한 1대 5.6(15dB)으로 한다. 최소 1대 3.2(10dB)의 범위에서는 제조업자가 주지시범위로 하여 명시한다.

비고 산술평균 장치를 충분히 사용가능토록 하기 위해 지시계에 넓은 지시범위를 요구하여도 좋다.

6.5 아날로그 지시계의 눈금

아날로그 지시계를 구비할 때에는 그 눈금이 최소한 1대 5.6(15dB)의 범위에서는 1눈금의 간격은 12%(1dB) 이내이어야 한다. 눈금 간격은 최소 1mm로 한다. 제조업자는 기준주파수에서 정도를 보정하기 위한 교정절차를 명기한다. 준 아날로그 지시계(연속표시기, 예를들면 단계적으로 레벨이 변하는 발생 다이오드 및 액정표시기)를 준비한 경우에는 형식 1인 진동계의 분해능은 적어도 1dB 형식 2인 진동계의 분해능은 2dB로 한다. 교정 수단은 형식 1인 진동계는 0.1dB, 형식 2인 진동계는 적어도 0.5dB의 재현성을 보정하는 것으로 한다.

6.6 디지털 지시계의 표시

디지털 지시계는 시간으로 가중하는 형태로 하여 최소 순간치를 표시하여야 한다. 따라서 최대치를 표시하여도 좋다. 지시계의 분해능은 형식 1인 진동계에 대하여는 0.1dB, 형식 2인 진동계에 대하여는 0.5dB 이하의 값으로 한다.

6.7 직선성

검파기-지시계 및 수동 또는 자동 레인지 전환기로 이루어진 시스템은 직선성을 시험하여, 표 12의 요구사항을 만족하여야 한다. 직선성 시험은 기준진동으로 한다.

7. 각종 환경에 대한 감도

진동계는 특별한 상태에서 응용할 경우에는 7.1에서 7.4까지의 요구사항을 만족하여야 한다.

표 12 기준진동 및 기준주파수를 기준으로 한 감도의 직선성에 대한 허용차

지시	형식 1 진동계		형식 2 진동계	
	%	dB	%	dB
주 지시범위내	± 8	± 0.7	± 12 -11	± 1
주 지시범위외	± 12 -11	± 1	± 19 -16	± 1.5

7.1 진 동

픽업을 뺀 진동계는 다음 환경조건에서 규정된 범위내에서 작동하여야 한다.

주파수 범위는 5Hz~13.4Hz, 일정 변위진폭은 1mm 또는 주파수 범위는 13.4Hz~150Hz, 일정가속도가 7m/s^2 인 싸인파의 진폭조건으로 시동계의 동작시험 및 내구시험을 한다. 두 시험에서 픽업은 등가전기(等價電氣) 임피던스로 바꾸어 임의의 레인지 및 상태로 설정하고 1/2 지시에 상당하는 입력신호(전기신호)를 가한다.

진동계는 가진 테이블에 적절하게 부착하여 서로 수직한 3축 방향으로 시험한다. 진동계는 동작시험중에 전원스위치를 넣는다. Loctave/min의 스위프(Sweep) 속도로 5Hz에서 150Hz까지 다시 150Hz에서 5Hz까지 1회 스위프하는 동안 진동계의 출력지시는 허용차내에서 안정되어야 한다. 내구시험중에 진동계의 전원스위치를 차단한다. 각 3방향에 대하여 2시간의 싸인파 스위프 시험에 견디어야 한다. 상태가 나빠지거나, 또는 기계적 손상이 없이 내구시험을 완료한때에는 그 진동계는 내구시험에 합격한 것으로 한다. 야외에서 사용하지 않는 진동계는 보다 수월한 진동시험에 대한 시방을 인정할 수 있다. 제조업자는 시험조건 및 합격기준을 포함한 시험 시방서를 준비하여야 한다.

7.2 磁界 및 電界

자계 및 전기의 영향은 가능한 한 감소시킨다. 픽업을 부착한 진동계는 50Hz 또는 60Hz에서, 80A/m의 자계로 시험한다. 픽업을 부착한 진동계는 최대지시를 표시하는 방향으로 향하여 각 감각보정 특성마다 지시값을 기재한다.

7.3 온도범위

제조업자는 형식 1 및 형식 2의 진동계(픽업을 포함한다.)에 대하여 그 교정치가 $\pm 6\%(\pm 0.5\text{dB})$ 이상 영향을 미치지 않는 온도범위

(20℃의 온도에서 지시값을 기준으로 한다.)를 지정한다. 야외에서 사용하는 진동계는 교정값의 변화가 $-10^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$ 의 온도범위에서 $\pm 6\%(\pm 0.5\text{dB})$ 를 넘을 때에는 제조업자는 보정에 대한 정보를 마련해야 한다. 온도시험은 기준주파수로 한다.

비고 온도시험을 할 때에는 상대습도를 명시하는 것이 바람직하다. (7.4 참조)

7.4 습도범위

제조업자는 픽업을 포함하여 진동계가 연속 작동할 수 있는 습도범위를 기재한다. 야외에서 사용하는 진동계에 대하여 적용하고자 하는 입력신호(전기신호)는 기준 주파수로 상대습도는 30% 및 90%의 사이에서 변환되는 것이 좋다. 상대습도는 65%를 기준점으로 하고 사용할 때에는, 지정 습도범위에서 진동계의 지시값이 $\pm 6\%(\pm 0.5\text{dB})$ 이상 변화되지 않는 것이 좋다.

8. 진동계의 기본 특성의 교정 및 검사

8.1 일 반

8.5 및 8.6에 기재한 시험은 5.5, 5.6 및 6.2.1의 요구사항에 대한 만족상태를 조사한다.

8.2 기본조건

기본조건은 3.8 및 3.9에 따른다.

8.3 요구사항의 수행

감각보정 특성 및 검파기-지시계의 특성은 보통, 진동계 내부의 특별한 회로를 결합하므로써 가능하지만 6절의 요구사항을 수행하기 위하여는 픽업을 포함한 진동계만을 대상으로 한다. 이 방법은 진동계의 여러 가지 요소간의 상호작용을 고려해야 하기 때문이다.

8.4 픽업을 제외한 시험

제조업자는 픽업을 제외하고 진동계를 시험할 때에는 픽업의 신호를 대응하는 방법을 명

시한다.

6, 8.5 및 8.6절의 시험은 픽업을 제외하고 실시하여도 좋다.

8.5 과대입력 신호 및 검파 특성의 시험

6절에 대한 진동계의 과대입력 신호 및 검파기 특성의 시험은 8.5.1 및 8.5.2에서 각각 규정한 구형 펄스 및 버스트 신호로 한다.

8.5.1 구형 펄스 시험(그림 1 참조)

수검진동계 및 참값의 실효치응답을 가진 기준전압계가 접속된 감각보정 회로망 N(표 4-8에 표시된 허용차로 시험한 진동계가 이에 상당한다)에 동시에 싸인파 신호를 넣는다. 기준전압계의 지시에 주의 기울여야 한다.

구형파 신호를 넣어 기준 전압계(실효치형)가 싸인파 신호와 같은 값을 지시하도록 구형파 신호의 진폭을 조정한다. 이때 수검진동계는 표 9에서 규정한 허용차내의 값을 지시하여야 한다. 이 시험은 주지시범위 전역에서 진동계가 정상으로 작동되어야 한다. 구형펄스의 파고율 $\frac{\hat{u}}{u}$, 및 펄스 충격계수의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{\hat{u}}{u} = \sqrt{\frac{T}{tu} - 1}$$

여기서 \hat{u} 는 신호 피이크값, 순간값을 수학적 평균에 대하여 측정한다.

u 는 신호의 rms 값, 순간값을 수학적 평균에 대하여 측정한다.

T 는 신호의 기본주기이다.

tu 는 신호가 피이크값 u 를 지속하는 시간이다.

8.5.2 버스트 신호시험

8.5.1의 구형펄스 발생기는 적절한 파고율의 버스트 신호발생기로 대체한다. 이 경우 파고율 및 펄스 충격계수 관계는 다음식과 같다.

$$\frac{\hat{u}}{u} = \sqrt{\frac{2T}{ti}}$$

여기서 u , u 및 T 는 8.5.1에서 정의한 것과 같다. ti 는 신호가 발생하는 시간이다.

8.6 SN 비(Signal-to-Noise)의 검사

픽업이 등가전기 임피던스에서 치환할 때 지시계의 지시값은 각 감가보정 특성곡선에 대하여 적어도, 측정가능토록 규정된 최소감각보정 진동의 0.6배(5dB)이하로 한다.

9. 정격 정보 및 취급 설명서

9.1 진동계의 표기

이 국제규격에 따른 진동계는 그 형식(1절 참조), 제조업바명, 형식 번호 및 제조번호를 표기하여야 한다.

9.2 취급설명서

취급설명서에는 적어도 다음 정보를 포함시켜 진동계와 함께 공급한다.

- 1) 특별 형식의 진동계인 경우에는 허용차를 만족하는 픽업의 종류 및 부착방법
- 2) 이 진동계는 측정가능한 감각보정 진동의 크기에 대하여 이 규격의 허용차범위 내에서 측정할 수 있도록 설계되어 있다. 그 한계는 필요에 따라 각 감각보정특성마다 개별로 기재한다.
- 3) 사용하는 기준가속도가 $10^{-6}m/s^2$ 이외의 값일때에는 그 값
- 4) 3.8에 규정한 기준교정 주파수
- 5) 3.9에 규정한 기준교정 진동
- 6) 평탄한 응답을 구비한 때에는 그 주파수 범위 및 허용차
- 7) 평균화된 방법이 시정수에 따른 것인지에 대한 정보(4.3.2 참조)
- 8) 정확한 지시가 얻어질 때까지 4.6에서 규정하는 예열시간
- 9) 자동 레인지 절환기를 구비한 때에는 그

- 절환시간(5.4 참조)
- 10) 과대입력 신호에 따른 오지시의 가능성에 대하여(필요한 경우)
 - 11) 측정가능한 진동의 상한값
 - 12) 각각의 주지시범위 상한에서 진동입력과 신호출력간에 비직선 응력으로 생기는 오차가 +12 -11%(±1dB) 이하인 주파수 범위
 - 13) 6절에 규정하는 검파기-지시계의 특성을 기재(1/8 S, 1S, 8S, Lweq 및 피이크, 해당하는 경우)
 - 14) 7.1의 시험에서 진동계의 작동중 영향 및 진동계가 7.1 야외사용에서의 요구사항을 만족하는지에 대하여 기재
 - 15) 7.2의 시험에 따른 자계의 영향
 - 16) 7.3의 시험에 따른 온도의 영향 및 필요한 7.3의 야외사용을 위한 보정
 - 17) 7.4의 시험에 따른 습도의 영향
 - 18) 진동계가 영구적으로 손상될 수 있는 온도 및 습도의 상한
 - 19) 픽업이 연장케이블을 사용할 경우 교정치의 보정이 필요할 때에 그 보정치
 - 20) 픽업을 부착한 경우 자기흡착과 같은 권장 부착장치의 영향
 - 21) 4.4에서 규정한 정도유지에 필요한 교정 절차
 - 22) 진동계에 외부필터 또는 해석장치를 접속하여 사용할 경우, 진동계를 최적동작조건으로 동작시키는 절차(진동계에서 외부로 신호가 출력되는 경우)
 - 23) 출력 콘버터를 설치할 경우 접속가능한 전기 임피던스의 한계
 - 24) 형식 1인 진동계는 대표적인 연속 주파수 응답곡선
 - 25) 시험목적으로 픽업 대신 사용하는 전기 임피던스
 - 26) 6.4에서 규정하는 주지시범위
 - 27) 전원에 대한 요구사항 및 허용한계
 - 28) ISO 8042 규정에 의한 픽업 시방서

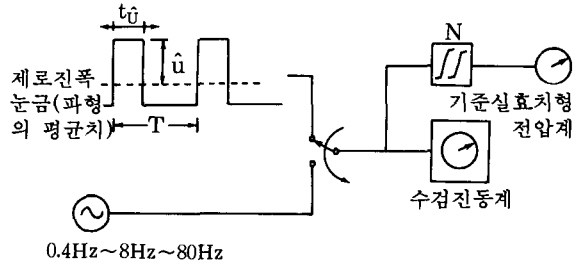


그림1 구형펄스시험

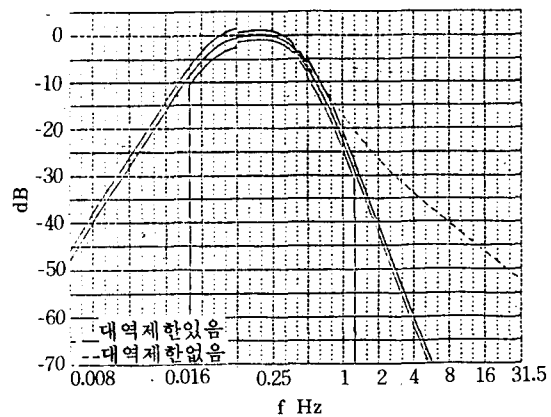


표4 전신, 불패, Z축, 0.1-C.63Hz용 감각보정(진폭)

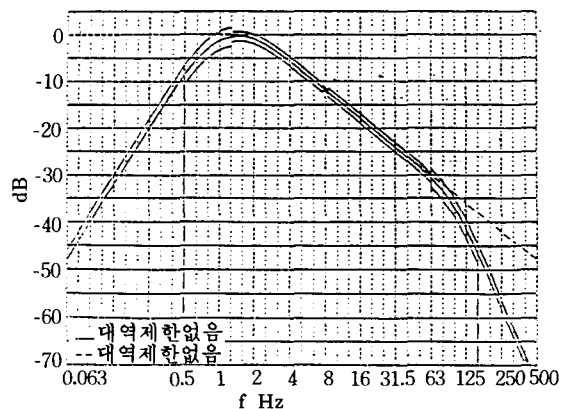


표5 전신, X축 및 Y축, 1-80Hz용 감각보정(진폭)

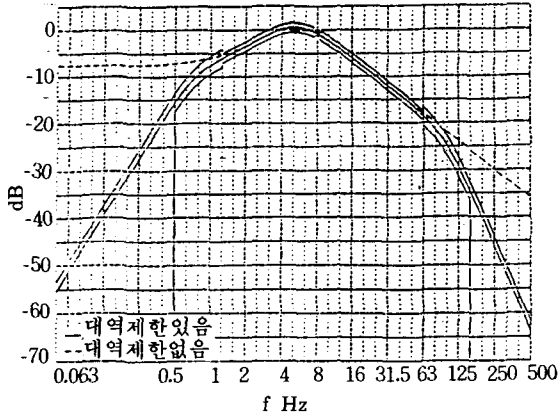


표6 전신, Z축, 1-80Hz용 감각보정(진폭)

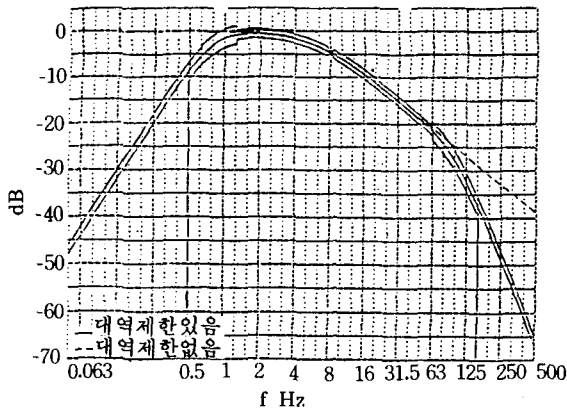


표 7 전신, 병합, 1-80Hz용 감각보정

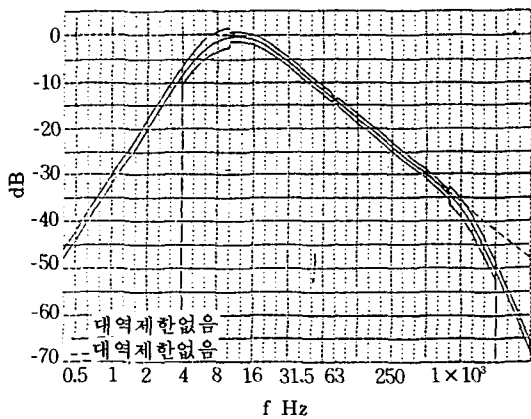


표 8 손-팔, 80-1000Hz용 감각보정(진폭)

참 고 문 헌

○ 진동관련국제규격

ISO 266 : 1975, Acoustics-Preferred frequencies for measurements.

ISO 1633 : 1983, Acoustics-Preferred reference quantities for acoustic levels.

ISO 2401 : (1), Vibration and shock-Vocabulary.

ISO 2631-1 : 1985, Evaluation-of human exposure to whole-body vibration-Part 1 : General requirements.

ISO 2631-2 : 1989, Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 2 : Continuous and shock-induced vibration in buildings(1 to 80 Hz)

ISO 2631-3 : 1985, Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 3 : Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0.1 to 0.63 Hz

ISO 5347-0 : 1987, Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups-Part 0 : Basic concepts.

ISO 5348 : 1987, Mechanical vibration and shock-Mechanical mounting of accelerometers.

ISO 5349 : 1986, Mechanical vibration-Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration.

ISO 5805 : 1981, Mechanical vibration and shock affecting man-Vocabulary.

ISO 8042 : 1988, Shock and vibration measurements-Characteristics to be specified for seismic pick-ups.

ISO 225 : 1966, Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations.

주(1) 출판 예정. (ISO 2041의 개정판 : 1975)

(제 2판은 1990년 8월에 출판되었다)