

MIL-STD-810과 IEC Pub. 60068 기후적 환경시험 규격의 비교

김혁진¹, 김명수²

한국산업기술진흥원¹, 수원대학교²

Comparison of Climatic Environmental Test Standards of MIL-STD-810 and IEC Pub. 60068

H. J. Kim¹, M. S. Kim²

Korea Institute for Advancement of Technology¹, The University of Suwon²

Abstract

This paper presents the comparison of climatic environmental tests of IEC Pub. 60068 and MIL-STD-810. Cold, dry heat, change of temperature, and heat-humidity cyclic tests are compared in terms of the types of tests and test severities. This study shows the difference between the standards, which will provide the useful information to the industries and be helpful in applying the standards.

Key Words : IEC Pub. 60068, MIL-STD-810, Environmental tests, Reliability

1. 서론

최근 빠른 기술발전과 개발기간의 단축, 제조물책임법(PL법 : Product Liability Law)의 실시 등 소비자의 권익 강화로 신뢰성의 중요성이 증대되고 있다. 제품의 고장은 다양한 원인으로 인하여 발생되지만, 그 중에서 높은 빈도를 갖는 것은 설계 단계에서 고려하지 못한 사용 환경에 노출되는 것이다. 예를 들어 휴대전화, TV, 자동차, 컴퓨터 등 많은 제품이 수송·저장·사용 중에 노출되는 저온·고온·진동·충격 등의 환경 요인으로 인해 고장이 발생한다. 따라서, 신제품을 개발하는 과정에서 제품의 수명주기(Life Cycle)동안 노출될 수 있는 환경에 대한 내성을 검증하기 위하여 환경시험(Environmental Tests)을 필수적으로 실시한다. 전영균 외(2009)

환경시험은 장소, 장비, 시험자 및 시기가 다르더라도 동일한 결과를 얻을 수 있도록 표준화된 방법을 통해 수행된다. 따라서, 환경시험 규격은 IEC, ISO, KS, MIL, JEDEC 등 국제, 국가 및 단체 규격으로 표준화 되어 있다. 환경시험 규격은 크게 장비에 대한 규격과 부품에 대한 규격으로 구분할 수 있다. MIL-STD-202, MIL-STD-750, MIL-STD-833, JEDEC 규격은 수동소자, 개별반도체, 집적회로 등의 특정 부품의 환경시험에 적용되고, IEC Pub. 60068은 일반적인 전기·전자부품과 장비에 모두 적용되며, MIL-STD-810은 주로 군용 장비에 적용된다. <표 1>은 대표적인 환경시험 규격의 종류와 내용을 요약한 것이다.

<표 1> 환경시험 규격의 종류와 내용

규격명	대상	내 용
IEC Pub. 60068	부품 및 장비	International Electrotechnical Commission에서 제정하는 환경시험 규격으로, 일반적인 전기·전자 부품 및 장비에 적용.
KS C ¹⁾	부품 및 장비	대한민국 국가표준으로 일반적인 전기·전자 부품 및 장비에 적용하는 환경시험규격. KS C는 IEC 60068 과 규격부합화가 진행 중.
MIL-STD -810	장비	미 국방부에서 제정한 환경시험 규격으로 군용 장비의 적합성을 평가하기 위해 적용.
MIL-STD -202	부품 (수동소자)	미 국방부에서 제정한 환경시험 규격으로 capacitor, resistor, switch, relay 등과 같은 수동소자에 적용.
MIL-STD -750	부품 (개별 반도체)	미 국방부에서 제정한 환경시험 규격으로 transistor, diode, rectifier 등의 개별 반도체 부품에 적용.
MIL-STD -833	부품 (집적회로)	미 국방부에서 제정한 환경시험 규격으로 monolithic, multichip, 필름, hybrid microcircuit, microcircuit, arrays, microelectric device에 적용.
JEDEC	부품 (집적회로)	단체 JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council)에서 제정한 환경시험 규격으로 주로 반도체 소자와 개별 반도체에 적용.

환경시험은 환경 스트레스의 종류에 따라서 기후적 환경시험(온도, 습도, 온도변화 등)과 기계적 환경시험(진동, 충격, 자유낙하) 등으로 구분할 수 있다. 기후적 환경시험 중 온도와 습도 관련 시험은 대부분의 제품에 기본적으로 적용되는 시험이다. 본 논문에서는 장비의 환경시험에 적용되는 IEC Pub. 60068과 MIL-STD-810의 온도, 습도와 관련된 기후적 환경시험의 시험항목과 엄격도를 비교하여 제시한다.

2. 저온시험의 비교

저온시험은 부품 또는 제품을 저온에서 사용하거나 저장할 수 있는 능력을 조사하기 위한 시험이다. 본 절에서는 IEC 60068-2-1, Test A: Cold와 MIL-STD-810의 ‘Low Temperature’의 시험항목과 가혹도를 비교한다. IEC 6008-2-1(2007), MIL-STD-810F(2000)

2.1 시험항목

IEC 60068-2-1에서는 시험품을 발열이 없는 시험품과 발열이 있는 시험품으로 구분²⁾하고, ① 발열이 없고 완만한 온도변화를 수반하는 시험(Ab), ② 발열이 있고 완만한 온도변화를 수반(온도안정화 이후 전원인가)하는 시험(Ad), ③ 발열이 있고 완만한 온도변화를 수반(시험 시작과 동시에 전원인가)하는 시험(Ae)으로 시험항목을 구분하고 있다.

한편, MIL-STD-810에서는 시험품에 대한 구분은 없으며, 목적에 따라서 저온시험을 보관, 동작, 조종의 3가지 경우로 구분하고 있다. 보관은 저온 저장이 장비 성능에 미치는 영향을 조사하는 경우에, 동작은 저온에서의 장비의 동작성능을 조사할 경우에, 조종은 방한복을 입은 사람이 설치 및 해체할 수 있는지 여부를 조사하는 경우에 적용한다.

<표 2> IEC 60068-2-1과 MIL-STD-810의 저온시험 항목

IEC 60068-2-1	MIL-STD-810
Ab: 발열이 없고 완만한 온도변화	저장시험
Ad: 발열 ¹⁾ 이 있고 완만한 온도변화	동작시험
Ae: 발열 ¹⁾ 이 있고 완만한 온도변화	조종시험
1) 온도안정화 이후 전원인가, 2) 시험 시작과 동시에 전원인가	

1) KS C의 환경시험규격은 IEC Pub. 60068을 원문 그대로 번역하여 한국산업규격으로 채택한 것임.
 2) 발열이 없는 시험품과 발열이 있는 시험품의 구분은 시험품이 온도안정에 도달한 후, 자유공간상태(강제 공기 순환을 하지 않는 상태)에서 측정된 시험품 표면의 최고 온도점의 온도와 주위 온도의 차가 5K를 초과할 때, 시험품은 발열을 하는 것으로 간주한다. KS C 0210(1988)

2.2 가혹도

저온시험의 가혹도는 온도, 시험시간 및 온도변화율에 의해 결정된다. IEC 60068-2-1에서는 온도조건을 $-65^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ 까지 10단계, 시험시간은 2, 16, 72, 96시간의 4조건으로 표준화하여 구분하고 있으며, 허용차는 $\pm 2\text{K}$, 온도변화율은 5분 이내, 평균 $1\text{K}/\text{min}$ 이하로 규정하고 있다.

MIL-STD-810은 규정된 내용이 없으면 장비가 사용되는 기후조건과 운용조건 및 배치 장소를 고려하여 결정하며, 시험시간은 4, 24, 또는 72시간 이상으로 규정하고 있다. 또한 챔버의 온도변화율은 $3^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이하로 규정하고 있다. <표 3>는 IEC 60068-2-1과 MIL-STD-810의 가혹도를 비교한 것이다.

<표 3> IEC 60068-2-1과 MIL-STD-810의 저온시험 가혹도 비교

시험 규격	엄격도		
	온도		시간
IEC 60068-2-1	$-65^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	$-55^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	5분 이내, 평균 $1\text{K}/\text{분}$ 이하
	$-50^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	$-40^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	
	$-33^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	$-25^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	
	$-20^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	$-10^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	
	$-5^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	$+5^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$	
MIL-STD-810	기후조건, 저온노출시간, 배치 장소를 고려하여 엄격도 결정		3 $^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 이하
			2시간 16시간 72시간 96시간
			4, 24, 72 시간 이상

3. 고온시험의 비교

고온시험은 부품 또는 제품을 고온에서 사용하거나 저장할 수 있는 능력을 조사하기 위한 시험이다. 본 절에서는 IEC 60068-2-2, Test B : Dry Heat와 MIL-STD-810의 ‘High Temperature’의 시험항목과 가혹도를 비교한다. IEC 60068-2-2(2007)

3.1 시험항목

IEC 60068-2-2에서는 저온시험과 마찬가지로 발열이 없는 경우와 발열이 있는 경우로 시험품을 구분하고, 시험항목을 ① 발열이 없고 완만한 온도변화를 수반하는 시험(Bb), ② 발열이 있고 완만한 온도변화를 수반(온도안정화 이후 전원인가)하는 시험(Bd), ③ 발열이 있고 완만한 온도변화를 수반(시험 시작과 동시에 전원인가)하는 시험(Be)으로 구분하고

있다.

한편, MIL-STD-810에서는 시험품에 대한 구분은 없으며, 목적에 따라서 고온시험을 보관과 동작 2가지 경우로 구분하고 있다. 보관은 고온 저장이 장비 성능에 미치는 영향을 조사하는 경우에, 동작은 고온에서의 장비의 동작성능을 조사할 경우에 적용한다.

<표 4> IEC 60068-2-2와 MIL-STD-810의 고온시험 항목

IEC 60068-2-2	MIL-STD-810
Bb: 발열이 없고 완만한 온도변화	저장시험
Bd: 발열1)이 있고 완만한 온도변화	동작시험
Be: 발열1)이 있고 완만한 온도변화	
1) 온도안정화 이후 전원인가, 2) 시험 시작과 동시에 전원인가	

3.2 가혹도

고온시험의 가혹도도 온도, 시험시간 및 온도변화율에 의하여 결정된다. IEC 60068-2-2에서는 온도조건을 +30℃~+1000℃까지 22단계, 시험시간은 2~1000시간의 8단계로 표준화하여 구분하고 있으며, 허용차는 ±2K, 온도변화율은 5분 이내, 평균 1K/분 이하로 규정하고 있다.

<표 5> IEC 60068-2-2과 MIL-STD-810의 고온시험 가혹도 비교

시험 규격	엄격도		
	온도		온도변화율
IEC 60068-2-2	+ 30℃±2K	+ 35℃±2K	5분 이내, 평균 1K/분 이하
	+ 40℃±2K	+ 45℃±2K	
	+ 50℃±2K	+ 55℃±2K	
	+ 60℃±2K	+ 65℃±2K	
	+ 70℃±2K	+ 85℃±2K	
	+ 100℃±2K	+ 125℃±2K	
	+ 155℃±2K	+ 175℃±2K	
	+ 200℃±2K	+ 250℃±2K	
	+ 315℃±2K	+ 400℃±2K	
	+ 500℃±2K	+ 630℃±2K	
	+ 800℃±2K	+ 1000℃±2K	
MIL-STD-810	기후조건, 저온노출시간, 배치 장소를 고려하여 엄격도 결정		3℃/분 이하
			최소 7주기 (168시간), 최소 3주기 (72시간)

MIL-STD-810은 규정된 내용이 없으면 장비가 사용되는 기후조건과 운용조건 및 배치 장소를 고려하여 결정하도록 하고 있으며, 시험시간은 저장시험의 경우 최소 7주기³⁾(168 시간), 동작시험인 경우는 최소 3주기(72시간)로 규정하고 있다. 또한 챔버의 온도변화율은 3℃/분 이하로 규정하고 있다. <표 5>은 IEC 60068-2-2와 MIL-STD-810의 가혹도를 비교한 것이다.

4. 온도변화시험의 비교

온도변화시험은 온도변화 또는 온도변화의 반복이 부품 또는 제품에 미치는 영향을 확인 하기 위한 시험이다. 본 절에서는 IEC 60068-2-14, Test N: Change of temperature와 MIL-STD-810의 ‘Temperatures Shock’의 시험항목과 가혹도를 비교한다. IEC 60068-2-14(2009)

4.1 시험항목

IEC 60068-2-14에서는 온도변화시험을 ① 온도급변, ② 정속온도변화, ③ 2액조 온도 급변시험으로 구분하고 있다. 온도급변 및 정속온도변화시험은 온도전달 매체로 가열 또는 냉각된 공기를 사용하고, 2액조 온도급변시험은 고온과 저온의 액체를 사용한다.

한편, MIL-STD-810에서는 일정상태시험과 주기적 시험으로 구분한다. 일정상태시험의 경우는 초기설계평가를 위해 보다 가혹한 충격이 필요한 경우에 적용하며, 주기적(Cyclic) 시험은 실제 환경을 모의 시험하는 경우에 적용한다. <그림 1>은 60068-2-14 온도변화 시험 프로파일, <그림 2>는 MIL-STD-810 온도변화시험 프로파일을 나타낸다.

<표 6> IEC 60068-2-14와 MIL-STD-810의 온도변화시험 항목

IEC 60068-2-14	MIL-STD-810
온도급변시험	일정상태시험
정속온도변화시험	주기적 시험
2액조 온도급변시험	

4.2 가혹도

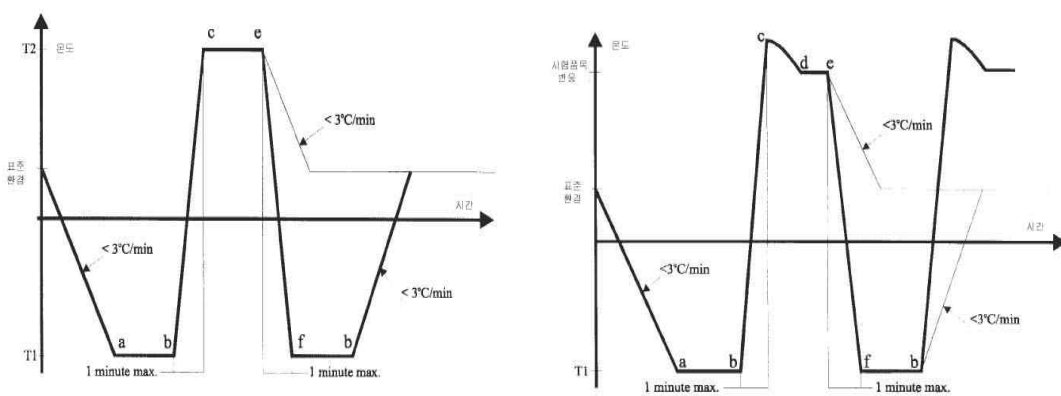
온도변화시험의 가혹도는 고온, 저온, 방치시간, 사이클수 및 온도변화시간에 의하여 결정 된다. <표 7>는 IEC 60068-2-14와 MIL-STD-810의 가혹도를 비교한 것이다.

3) 1 주기는 24 시간임.

시험 항목	시험 프로파일
(1) 온도급변시험	
(2) 정속온도변화시험	
(3) 2액조 온도급변시험	

* t_1 : 유지시간, t_2 : 온도변화시간

<그림 1> 60068-2-14 온도변화시험 프로파일



(1) 일정상태시험

(2) 주기적시험

<그림 2> MIL-STD-810 온도변화시험 프로파일

(1) 온도

- IEC 60068-2-14에서는 고온조건을 $30\pm 2^{\circ}\text{C}\sim 200\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 10 단계로, 저온조건을 $+5\pm 3^{\circ}\text{C}\sim -65\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 7 단계로 구분하고 있으며, 고온 및 저온조건을 조합하여 온도시험조건을 결정한다.
- MIL-STD-810에서는 규정된 내용이 없으면 장비가 사용되는 기후조건과 운용조건 및 배치장소를 고려하여 결정하도록 하고 있다.

(2) 유지시간

- IEC 60068-2-14에서는 온도급변시험과 정속온도변화시험의 유지시간은 3, 2, 1시간, 30분, 10분 중에서 선택하고, 2액조 온도급변시험은 제품규격에 규정된 유지시간을 적용하도록 규정하고 있다.
- MIL-STD-810에서는 규정된 유지시간이 없으면 기후조건, 노출지속시간, 배치장소를 고려하여 결정하도록 규정하고 있다.

(3) 사이클 수

- IEC 60068-2-14에서는 온도급변시험은 5사이클, 정속온도변화시험은 2사이클, 2액조 온도급변시험은 10사이클을 하도록 규정하고 있다.
- MIL-STD-810에서는 일정상태와 주기적 시험 모두 1~3사이클로 규정하고 있다.

<표 7> IEC 60068-2-14과 MIL-STD-810의 고온시험 가혹도 비교

시험 규격	엄격도				
	고온	저온	방치시간(t_1)	사이클수	온도변화시간(t_2)
IEC 60068-2-14	$200\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-65\pm 3^{\circ}\text{C}$	3, 2, 1시간, 30분, 10분 규정이 없으면 3시간	5	2~3분
	$175\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-55\pm 3^{\circ}\text{C}$			20~30초
	$155\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-40\pm 3^{\circ}\text{C}$		제품 규격에 t_1 값을 규정	10
	$125\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-25\pm 3^{\circ}\text{C}$	5분 이내 평균에서 $1\pm 0.2^{\circ}\text{C}/\text{분}$ $3\pm 0.6^{\circ}\text{C}/\text{분}$ $1\pm 0.2^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 선택		
	$100\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-10\pm 3^{\circ}\text{C}$			
	$85\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-5\pm 3^{\circ}\text{C}$	유지시간(t_1)에 따라 t_2 가 정해짐. $5\text{min}\leq t_1<20\text{min}$ → $t_2=8\pm 2\text{s}$ $15\text{s}\leq t_1<5\text{min}$ → $t_2=2\pm 1\text{s}$		
	$70\pm 2^{\circ}\text{C}$	$+5\pm 3^{\circ}\text{C}$			
	$55\pm 2^{\circ}\text{C}$				
	$40\pm 2^{\circ}\text{C}$				
	$30\pm 2^{\circ}\text{C}$				
MIL-STD-810	규정된 내용이 없으면 기후조건, 노출 지속시간, 배치 장소를 고려하여 엄격도 결정		온도안정 상태에 이르는 시간	1~3	상온→저온: $3^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 저온→고온: 1분 이내 고온→저온: 1분 이내 저온→상온: $3^{\circ}\text{C}/\text{분}$

(4) 온도변화시간

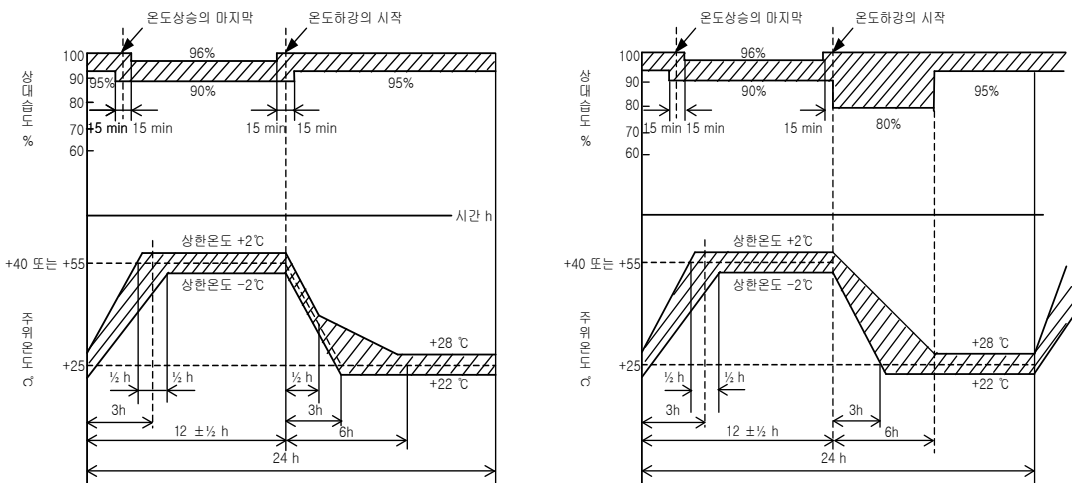
- IEC 60068-2-14의 온도급변시험은 온도변화시간(t2)을 2~3분, 20~30초, 10초 미만 중에서 선택하고, 정속온도변화시험은 5분 동안 $1 \pm 0.2^\circ\text{C}/\text{분}$, $3 \pm 0.6^\circ\text{C}/\text{분}$, $1 \pm 0.2^\circ\text{C}/\text{분}$ 중에서 선택하며, 2액조 온도급변시험은 유지시간(t1)에 따라 온도변화시간이 정해진다. 유지시간이 $5\text{분} \leq t1 < 20\text{분}$ 인 경우는 온도변화시간을 $8 \pm 2\text{초}$ 로, 유지시간이 $15\text{초} \leq t1 < 5\text{분}$ 인 경우는 온도변화시간을 $2 \pm 1\text{초}$ 로 규정하고 있다.
- MIL-STD-810에서는 <그림 2>와 같이 상온→저온: $3^\circ\text{C}/\text{분}$ 이내, 저온→고온: 1분 이내, 고온→저온: 1분 이내, 저온→상온: $3^\circ\text{C}/\text{분}$ 이내로 규정하고 있다.

5. 온습도사이클 시험의 비교

온습도사이클시험은 온도변화가 반복되는 고습조건과 시험품의 표면에 물방울이 맺히는 조건에서 부품 또는 제품을 사용하거나 저장할 수 있는 능력을 조사하기 위한 시험이다. 본 절에서는 IEC 60068-2-30, Test Db : Damp heat, Cyclic(12+12-hour cycle)과 MIL-STD-810의 'Humidity'의 시험항목과 가혹도를 비교한다. IEC 60068-2-30(2005)

5.1 시험항목

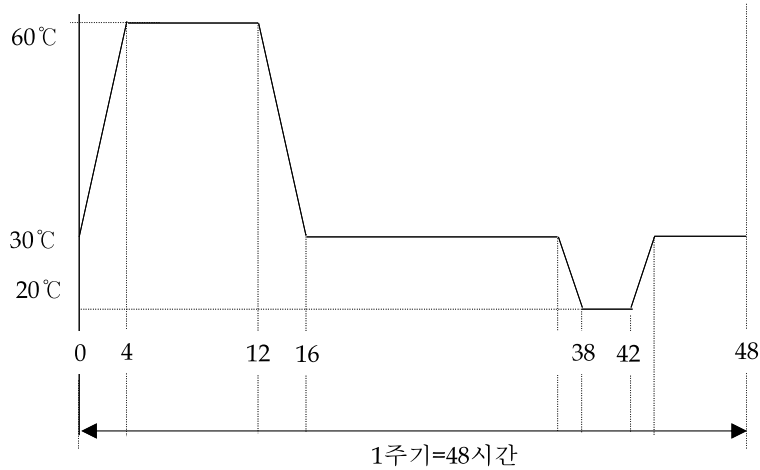
IEC 60068-2-30에는 <그림 3>과 같이 2가지 시험방법이 규정되어 있다. 온도하강시 방법 2의 상대습도 및 온도하강 비율의 허용차가 방법 1보다 큰 것을 제외하면 두 방법은 동일하다. 한편, MIL-STD-810에는 <그림 4>와 같이 습도시험 주기가 규정되어 있다.



(1) 시험방법1

(2) 시험방법2

<그림 3> IEC 60068-2-30 온습도사이클(12+12시간 사이클) 시험



<그림 4> MIL-STD-810 습도시험주기

- IEC 60068-2-30에서는 안정화기간을 거쳐 <그림 3>의 시험방법1 또는 시험방법2와 같이 시험한다.
- MIL-STD-810에서는 <그림 4>와 같이 1주기를 48시간으로 규정하고 있다. 0~4시간 동안은 최소 8°C/hr의 온도변화율로 온도를 상승시키고, 4~12시간동안에는 상대습도 95%, 60°C로 유지하며, 12~16시간에는 최소 8°C/hr의 온도변화율을 적용하여 온도를 하강시킨다. 16~37시간에는 상대습도 95%, 30°C로 유지하며, <그림 4>와 같이 20°C로 온도를 하강시켰다가 30°C로 다시 상승시킨다. 그 이후 48시간까지 30°C를 유지하는 것이 한 사이클이며, 최소 5사이클을 반복하도록 규정하고 있다.

5.2 가혹도

온습도사이클 시험의 가혹도는 상한온도와 사이클 수의 조합으로 결정된다. IEC 60068-2-30과 MIL-STD-810에서 규정하고 있는 상한온도와 사이클 수는 <표 8>와 같다.

<표 8> IEC 60068-2-30과 MIL-STD-810의 온습도사이클시험 가혹도 비교

시험 규격	엄격도	
	상한온도	사이클 수
IEC 60068-2-30	40, 55°C	시험방법1: 2, 6, 12, 21, 56
		시험방법2: 1, 2, 6
MIL-STD-810	60°C	5 이상

6. 결론

본 논문에서는 장비의 대표적 환경시험 규격인 IEC Pub. 60068과 MIL-STD-810의 기후적 환경시험인 저온, 고온, 온도변화 및 온습도사이클 시험의 비교를 다루었다. 시험 항목과 엄격도를 비교·분석하여 규격간의 차이점을 제시하였다. 본 논문은 IEC Pub. 60068과 MIL-STD-810의 기후적 환경시험의 차이점을 이해하고, 장비의 기후적 환경시험을 효과적으로 적용하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 이중휘 외(2004), 기후적 환경시험 Guideline, 수원대학교 신뢰성혁신센터.
- [2] 김혁진(2005), 환경시험규격 비교 연구, 수원대학교 석사학위논문.
- [3] 전영균, 김명수, 나운균(2009), IEC Pub. 60068 기후적 환경시험 규격의 개정 전·후 비교, 대한설비관리학회지, 제14권, 제2호, pp. 95-101.
- [4] MIL-STD-810F(2000), Department of Defense Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, Department of Defense.
- [5] IEC 60068-2-1(2007), Basic Environmental testing procedures Part 2 Tests-Tests A : Cold, IEC.
- [6] IEC 60068-2-2(2007), Basic Environmental testing procedure Part 2 Tests-Tests B : Dry Heat, IEC.
- [7] IEC 60068-2-14(2009), Basic Environmental testing procedures Part 2 Test N: Change of temperature, IEC.
- [8] IEC 60068-2-30(2005), Basic Environmental testing procedure Part 2 Tests-Tests Db and Guidance : Damp heat, Cyclic(12+12-hour cycle), IEC.
- [9] KS C 0210(1988), 환경 시험 방법(전기·전자) 통칙.