

## 온도 환경시험 표준규격에 관한 연구

이관훈 · 김준원\*

전자부품연구원 신뢰성평가센터  
\*국방품질관리소 국방벤처센터

## A Study on the Temperature Environmental Test Standards

Kwan-Hun Lee · Joon-Won Kim\*

Reliability & Failure Analysis Center, KETI  
\*National Defense Venture Center, DQAA

### Abstract

The required standards for environmental tests for communication and electronic equipment used currently are not standards into which the Korean climate and use environment are taken into consideration. But the most used environmental testing standards of the U.S. army(MIL-STD-810) has been used without taking into consideration the Korean domestic situation and conditions by simply translating the US standards.

Adherence to these standards may increase in the manufacturing costs according to excessively strict standards.

Therefore, this paper will propose a new environmental test standards for temperature.

## 1. 서 론

전기·전자장비류에 대하여 국내(민간 및 군)에서 가장 많이 사용하는 환경시험 표준규격은 한국적 기후와 사용환경을 고려한 규격이 아니며, 미군의 환경시험규격(MIL-STD-810)을 번역하여 국내 여건을 고려하지 않은 채 많이 사용하고 있다.

이와 같은 체계에서의 문제점은 지나치게 엄격한 규격에 의한 제조가격 상승을 가져올 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 국내 자연환경(고온, 저온) 분석 및 각종 환경시험 표준규격(MIL, KS, IEC) 분석을 통하여 한국적 기후환경에 맞는 환경시험표준(온도 극값, % 빈도 값) 및 이를 바탕으로 전기·전자 제품에 대한 저급시뮬레이션 조건을 제안한다.

## 2. 본 론

### 2.1 환경시험표준(고온, 저온) 현황

전기전자 제품에서 환경시험표준(고온, 저온)으로 가장 많이 참조하고 있는 규격은 다음과 같다.

- MIL-STD-810F(Environmental Engineering Considerations & Laboratory Tests)
- KS A IEC 60605-3-1 (옥내 휴대용장비)
- KS A IEC 60605-3-2 (기후 변화에 보호되는 장소에 사용하는 고정장비)
- KS A IEC 60605-3-3 (부분적으로 기후 변화에 보호되는 장소에 사용되는 고정장비)
- KS A IEC 60605-3-4 (비고정 휴대용장비)
- KS A IEC 60605-3-5 (지상 이동 장비)
- KS A IEC 60605-3-6 (옥외 이동 장비)

또한, 많이 활용하고 있는 환경시험 방법 규격은 다음과 같다.

- MIL-STD-202G(Test Method Standard Electronic & Electrical Component Parts)
- MIL-STD-883E(Test Method Standard Microcircuits)
- KS C 0221 (환경시험방법- 전기·전자 고온(내열성) 시험방법)
- KS C 0220 (환경시험방법- 전기·전자 저온(내한성) 시험방법)

그러나, 국내 자연환경을 체계적으로 분석하여 규격화한 경우는 아직까지 없으며, 주로 선진국의 국제화된 시험표준을 활용하고 있다. 또한, 이 과정에서 전 세계를 작전환경으로 하는 엄격도가 높은 미군의 규격을 많이 참조함으로써 생산비용이 상승하기도 한다.

## 2.2. MIL-STD-810F 분석

MIL-STD-810F에서는 전 세계적인 기후를 권역별로 그룹화하여 나누고 각 그룹에서의 대표적인 고온 온도(주변공기 온도) 및 유도 온도(밀폐공간 온도) 등을 <표 1>, 저온 온도를 <표 2>와 같이 제시하고 있다[1].

<표 1> 고온 낮 주기 온도 범위의 요약.

설계 유형	위 치	주변공기 ℃(°F)	유도 공기 ℃ (°F)
기본 고온 (Basic Hot)	미국, 멕시코, 아프리카, 아시아 및 호주, 남아프리카, 남아메리카, 남스페인 및 서남 아시아의 고온 범주로부터 확장되는 세계의 많은 부분.	30 - 43 (86 - 110)	30 - 63 (86 - 145)
고온 (Hot)	북아프리카, 중동, 파키스탄 및 인도, 미국 남동부와 멕시코 북부	32 - 49 (90 - 120)	33 - 71 (91 - 160)

<표 2> 저온 주기 범위의 요약.

설계 유형	장 소	온 도	
		주변공기 ℃ (°F)	유도 공기 ℃ (°F)
온화한 저온 (C0)	해안의 영향을 많이 받는 서유럽 연안, 호주 남동부, 뉴질랜드의 저지	-6 - -19 (21 - -2)	-10 - -21 (14 - -6)
기본 저온 (C1)	대부분의 유럽, 미국과 인접한 북부, 남부 캐나다, 고위도 해안(예: 알라스카 남부 해안), 저 위도의 고 고각	-21 - -31 (-6 - -24)	-25 - -33 (-13 - -27)
저 온 (C2)	북부 캐나다, 알라스카(내지 제외), 그린란드("냉극"제외), 북부 스칸디나비아, 북아시아, 고 고각(북반구 및 남반구), 알프스, 히말라야, 안데스	-37 - -47 (-35 - -51)	-37 - -46 (-35 - -51)
혹 한 (C3)	알라스카 내부, 유콘(캐나다), 북 아이슬란드 내부, 그린란드 만년설, 북 아시아	-51 (-60)	-51 (-60)

## 2.3. KS(IEC) 규격 분석

현재 전기전자 제품의 KS 표준시험조건은 IEC규격을 번역하여 국제규격부합화 과정을 통한 KS산업규격을 제정하고 있으며, 그 특징은 다음과 같다[2,3,4,5,6,7].

- 제품을 <표 3>과 같이 운용환경별로 6종으로 분리
- 제품의 표준시험조건을 저급시물레이션 조건으로 제시  
(저급시물레이션 : 고장의 결과가 안정성, 경제적 손실, 환경오염에 대하여 덜 심각한 경우)

<표 3> KS(IEC) 표준시험조건 분류

규격명	규격번호	비고
옥내 휴대용장비	KS A IEC 60605-3-1	2002년 국제규격 부합화
기후 변화에 보호되는장소에 사용하는 고정장비	KS A IEC 60605-3-2	2002년 국제규격 부합화
부분적으로 기후 변화에 보호되는 장소에 사용하는 고정장비	KS A IEC 60605-3-3	2002년 국제규격 부합화
비고정 휴대용장비	KS A IEC 60605-3-4	2002년 국제규격 부합화
지상 이동 장비	KS A IEC 60605-3-5	2002년 국제규격 부합화
옥외 이동 장비	KS A IEC 60605-3-6	2002년 국제규격 부합화

<표 4> KS(IEC) 표준시험조건(온도) 분석 결과

구분	옥내 휴대용장비	보정장비	부분보정장비	비고정 휴대용장비	지동장비	옥외이동장비
장비예	사무기기 벤치기기 옥내장비	통신장비 전신타자기 PC 공정,설계장치	통신용부스 보안시스템 폐쇄회로TV	현장용도구 송수신기 확성기	차량탑재측기 부착통신장비 휴대통신장비	휴대기상장비 시험장비
주위 온도	정상 19~27℃ 극단 13, 32℃	정상 16~33℃ 극단 5, 40℃	정상 -10~30℃ 극단 -40, 40℃	정상 -10~55℃ 극단 -25, 70℃	(내부장착) -50~70℃ (외부장착) -50~40℃	정상 -15~30℃ 극단 -25, 40℃
시험 온도	19~27℃	5~40℃	-10~40℃	-10~55℃	(내부장착) -40~55℃ (외부장착) -40~55℃	정상 -10~55℃
상대 습도	정상 36~54% 극단 25, 65%	정상 19~70% 극단 5, 85%	정상 20~70% 극단 10, 100%	정상 20~90% 극단 5, 100%	(내부장착) 15~100% (외부장착) 15~100%	정상 45~98% 극단 20, 100%
절차	On-Off 주기 동작시험	On-Off 주기 동작시험	On-Off 주기 동작시험	On-Off 주기 동작시험	작동-대기	동작시험
주기	24h x 7주기	168h	168h	168h	24h	168
기타	충격, 주전원, 배터리시험	진동, 과도현상, 주전원	진동, 간섭, 주전원,	자유낙하	전자파장애,진 동,공급전원	주전압, 과도전압, 자유낙하, 진동

(주) IEC규격을 원용하여 주로 전기전자 제품에 적용됨.  
전자파, 진동조건, 습도, 시험주기 등은 관련 규격을 참조  
지상이동장비의 경우는 고급시물레이션으로 분류

### 2.3. 국내 기후환경(고온, 저온) 조사/분석

국내여건에 맞는 환경시험표준을 제시하기 위하여 국내기후 환경을 조사, 분석하였다. 국내 자연환경은 지상온도분포, 고층온도 분포, 강수량, 풍속, 지진, 낙뢰, 해면기압, 일교차, 습도 분석 결과 등 총 9개 항목에 대하여 국내 기후 환경 분석하였으나, 본 논문에서는 온도와 관련되는 항목(고온, 저온, 고층온도, 일교차)만을 우선적으로 분석한다.

국내 기후환경 조사, 분석에서는 남한지역의 기상청 자료, 공군기상전대 자료 및 기상총감 자료 등을 참조하였다. 또한 한반도 북부 지역인 북한지역의 자료는 선행연구자료를 참조하였다[8]. 기상자료는 1969년부터 2004년까지의 35년간의 기상청 데이터를 분석하였으며, 발생빈도와 극값, 1% 빈도값을 MIL시험표준과 비교하였다.

#### 2.3.1 한반도 온도분포(고온, 저온) 분석

한반도는 지리적으로 북반구의 극동지역에 위치하여, 온대성기후에 속하며, 사계절이 뚜렷하게 나타난다. 특히 추위와 더위의 차가 심한 대륙성기후 지역으로 기온의 연교차가 크다.

남한의 경우 전국 72개의 기상관측청에서 온도를 측정하고 있으며, 연평균기온은 6~16℃로 지역 차가 큰 편이다. 8월의 평균기온은 남부지방이 약 26℃, 중부에서 북서지방에 걸쳐서는 24℃, 개마고원은 18℃에서 22℃ 이다. 전국의 평균기온은 25℃로 매우 높으며 남북의 기온차도 4℃~8℃에 지나지 않는다.

남한지역에서 가장 더운 곳은 대구로, 8월의 평균일 최고기온(하루 중 최고기온의 평균)이 31.1℃ 이다. 겨울철에는 차갑고 건조한 북서 계절풍의 영향으로 대단히 추운 날씨이며 가장 따뜻한 제주도가 영상 5℃에서 영상 6℃, 남해안지방은 0℃에서 영상 2℃, 중부지방은 영하 2℃에서 영하 6℃, 북부지방은 영하 6℃에서 영하 18℃, 개마고원은 영하 18℃에서 영하 25℃에 이른다. 따라서 남북의 기온 차가 25℃에 이른다. 연교차가 가장 큰 곳은 중강진으로 42.5℃에 이른다[9, 10].

한반도에서의 최고, 최저 온도분포는 <표 5> <표 6>과 같다.

<표 5> 일 최고기온 최고순위(기상청 자료, 2004/09/02) ℃

순위 \ 지역	1위		2위		3위		4위		5위	
	값	날짜	값	날짜	값	날짜	값	날짜	값	날짜
대 구	40.0	42/08/01	39.7	42/07/28	39.6	42/07/13	39.6	39/07/21	39.5	77/07/31
강 룡	39.4	42/07/25	39.3	94/07/13	38.9	94/08/06	38.5	39/07/20	38.0	39/07/19
밀 양	39.4	94/07/20	39.2	94/07/21	39.1	94/07/18	38.8	94/07/19	38.4	94/07/15
마 산	39.0	94/07/20	38.4	94/07/21	38.4	94/07/24	37.1	90/08/01	36.3	96/07/19

<표 6> 일 최저기온 최저순위(기상청 자료, 2004/09/02) °C

순위 지역	1위		2위		3위		4위		5위	
	값	날짜	값	날짜	값	날짜	값	날짜	값	날짜
양 평	-32.6	81/01/05	-31.0	81/01/04	-31.0	81/01/06	-30.2	81/01/03	-27.8	81/01/07
대관령	-28.9	74/01/24	-27.6	78/02/15	-27.1	74/01/25	-26.7	78/02/16	-26.5	81/01/22
충 주	-28.5	81/01/05	-27.9	81/01/04	-27.9	81/01/06	-26.2	74/01/25	-26.0	84/01/05
홍 천	-28.1	81/01/05	-28.0	81/01/04	-27.2	81/01/06	-27.0	74/01/24	-26.9	86/01/05

온도 분석 자료는 고온인 경우 1969년부터 36년간의 8,928개 자료를 분석하였으며, 저온의 경우는 3,783개의 자료를 분석하였다.

### 2.3.2 한반도 고층 온도분포 분석

날씨의 변화를 좌우하는 대기의 흐름은 수평적으로는 물론 수직적으로도 각 고도마다 다르다. 따라서 앞으로의 날씨를 정확히 예측하기 위해서는 지표부근의 기상상태는 물론 상층의 기상상태도 관측하여야 한다. 고층기상관측은 상층의 기상상태를 알기 위하여 대형 수소풍선에 「레윈존데」(기압, 기온, 습도를 관측하는 레디오 윈드의 종합관측기기)란 전자장비를 매달아 띄운 후 30km 이상의 고도에서 송신하는 관측 값을 지상에서 수신 처리하는 형태로 이루어진다.

이러한 고층기상관측은 원칙적으로 하루에 4회(03, 09, 15, 21시) 실시토록 되어 있다. 우리 나라는 현재 오산, 광주, 포항, 제주 등 4개 지점에서 고층기상관측을 실시하고 있으며, 925, 850, 700, 500, 300, 200, 100hPa의 고층일기도를 만드는데 사용한다.

선행연구에서 제시된 남한의 고층온도 분석결과는 기상청으로부터 오산, 포항, 광주 및 제주지역의 최근 10년(88~97)의 고층기상자료 중 온도자료 및 고도 자료만을 추출하여 통계처리 하였다. 분석결과 8월의 값들은 지역에 따른 차이가 없으며, 1월의 값들은 지역별로 차이가 있는 것으로 판단되는데, 이는 우리 나라의 겨울기온이 지역에 따라 차이가 있음에 기인되는 것으로 판단된다. 이 지역별 차이는 고도가 상승함에 따라 차이가 점차 줄어들며, 약 10,000m 대에서 역전되고 있다.[12, 13, 14, 15]

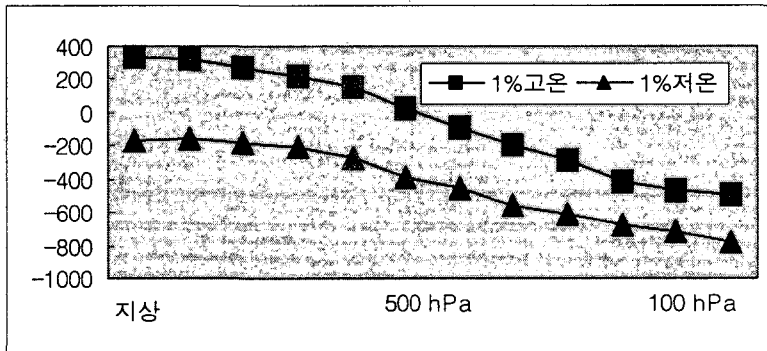
<표 7>는 포항, 광주, 제주지역의 분석결과 남한의 고층온도 분포를 기압고도별로 고온 및 저온 1%빈도값을 표시하고 MIL-STD-210C와 비교한 것이다.

한반도 고층온도 분포는 <표 8>과 같다

<표 7> 고층온도 분포(남한)

단위(0.1 °C)

기압(hPa)	1000	920	850	700	500	400	300	250	200	150	100	
고도(m)	77 ~ 201	753 ~ 825	1468 ~ 1496	3116 ~ 3733	5442 ~ 5855	7024 ~ 7577	8960 ~ 9699	10300 ~ 11226	11602 ~ 12454	13457 ~ 14248	16058 ~ 16692	
0.1°C	고온 극값	330	274	226	166	50	-77	-185	-267	-409	-433	-499
	1% 고온	320	274	216	148	20	-91	-193	-287	-417	-471	-499
	MIL 1%	-	400		170		60	-50	-130	-220	-300	-370
	1% 저온	-161	-179	-211	-275	-391	-459	-563	-615	-681	-715	-781
	MIL 1%	-	-530		-410	-480	-660		-740	-730	-750	-86
	저온 극값	-181	-179	-233	-285	-413	-475	-569	-673	-699	-721	-781



<그림 1> 남한의 고층온도 분포도

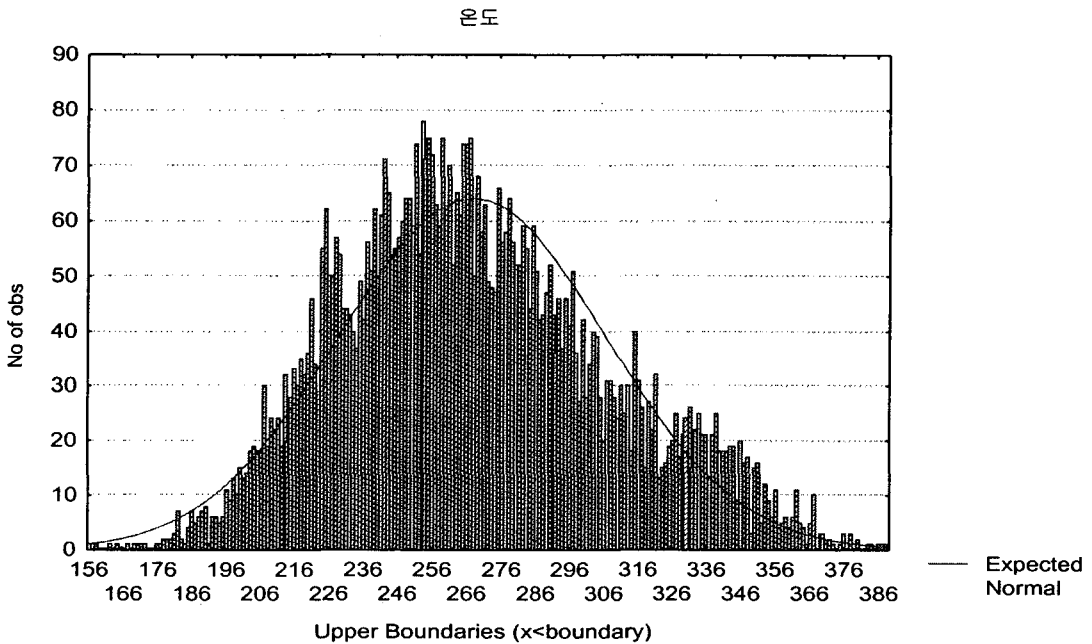
2.3.3 한반도 고온 1% 빈도값 산출

% 빈도값은 MIL-STD-810F에서 사용하고 있는 기후 발생빈도를 나타내는 값의 한 형태로서, 시간자료에 기초한다. 즉, 기후요소의 어떤 값에 도달하거나 또는 초과하는 총 시간에 대한 발생 확률 빈도값을 의미한다. 예로서, 만일 어떤 온도가 31의 달(744 시간)에서 평균 7시간 정도 발생되거나 또는 초과되면, 그 온도는 대략 그 달의 1% 발생빈도값이 된다.

그러나 국내 기상청의 자료는 3시간 단위로 측정되므로 정확한 %발생빈도값의 산출은 어렵다. 선행연구를 살펴보면 공군기상청의 측정자료를 바탕으로, 1시간별로 처리한 1%값

과 3시간별로 처리한 1%값의 차이가 대략 0.5℃ 이내로 나타나 3시간별 자료를 바탕으로 발생빈도값을 얻는데 큰 무리는 없다고 판단된다. 본 연구에서는 대구와 양평 지역에 대해 고온과 저온의 가장 가혹한 기간(대구 : 7/15~8/15, 양평 : 12/25~1/25) 한달간의 36년간의 측정자료를 이용하여, 먼저 온도의 변화가 시간에 대한 연속적인 분포이므로 36년간의 자료의 정규성을 검정하였다.

남한지역의 고온 극지역은 대구지역으로 1969년부터 2004년 까지 총 8,928개의 시간-온도 자료가 분석에 사용되었다. 대구는 북한을 포함하는 한반도 전체의 고온 극지역이다. K-S Test(정규성 검정)분석결과 가혹한 1달간의 온도분포는 정규분포를 따르지 않는다.



STAT.	K-S Test, Lilliefors Probabilities (대구)		
BASIC	(Mean & std.dev. estimated from data)		
Variable	N	max D	p
온도	8928	.045536	p < .01

<그림 2> 남한의 고온 빈도표

위의 본문에 정리되어 있는 국내 환경 기후에 대한 환경분포나 온도 분포에 대하여 MIL-STD-810 규격은 국내의 환경 기후 조건과 차이를 보이고 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 총 8,928개의 온도자료에 대해 빈도분석을 실시하였다. 구간은 1℃단위로 구분하였으며, 빈도분석 결과 대구지역의 7월15~8월15일 간의 36년동안의 1% 빈도값은 약 36.1℃이다. 분석결과는 다음 <표 8>과 같다.



<표 8> 대구지역 온도분포의 빈도분석표

Category(°C)	Count	Cummul. Count	Percent Cummul.	Percent
15.7000<=x<158.000	1	1	.015944	.0159
15.8000<=x<159.000	1	2	.015944	.0319
32.5000<=x<326.000	19	5659	.302934	90.2264
32.6000<=x<327.000	20	5679	.318878	90.5453
35.8000<=x<359.000	5	6195	.079719	98.7723
35.9000<=x<360.000	6	6201	.095663	98.8680
36.0000<=x<361.000	4	6205	.063776	98.9318
36.1000<=x<362.000	6	6211	.095663	99.0274

2.3.4 한반도 저온 1% 빈도값 산출

북한지역의 저온 극지역은 선행연구결과 삼지연으로 발생빈도 1% 값은 -31°C이다[8]. 기상청 자료의 분석결과와 선행연구결과를 종합하여 남북한 온도의 극값 및 1% 발생빈도 값을 산출하면 다음과 같다.

- 고온 발생빈도 1%값은 대구의 36.1°C
- 저온 발생빈도 1%값은 삼지연의 -31°C
- 고온 발생빈도 극값 대구 40.0°C
- 저온 발생빈도 극값 중간진 -43.6°C 이다.

<표 9> 한반도 극값 및 % 빈도값 비교

한반도 자연환경표준			동 아시아	MIL-STD-210C				혹 한
범 위	남 한	북 한		전세계	권역 환경			
					기 본	고 온	저 온	
극 값	40.0, -32.6	39.6 -43.6	/	58 -68	/	/	/	- -68
1%빈도값	36.1 -21.8	- -31.0	37.7 -32.9	49 -61	43.3 -31.7	49 -	- -45.6	- -61
3%빈도값	34.7 -17.8	/ / / / /	/ / / / /	/	해당사항 없음			/
5%빈도값	34 -15.4			46 -57				-57
10%빈도값	32.6 -12.6			45 -54				-54
20%빈도값	30.2 -9.6			/				-
				-51				-51

한국의 저온 발생빈도 1%값은 MIL-STD-210C(현재는 MIL-HDBK-310으로 대체) 기본권역의 저온 발생빈도값 -32℃와는 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 반면 고온 발생빈도 1% 값은 MIL-STD-210C 기본권역의 값 43℃와는 약 7℃의 차이를 나타내고 있다. 이는 한국의 겨울이 다른 지역에 비해 상대적으로 춥기 때문으로 판단된다. 이점은 기본권역내 중동지방의 고온값과 한국의 고온값과는 상당한 차이가 있다는 것을 나타낸다. 다음 <표 9>는 한반도 온도분포와 MIL-STD-210C에 정의된 온도규격을 비교한 내용이다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 국내(한반도)의 자연환경조건(고온, 저온)을 분석하여 우리 실정에 맞는 환경시험표준(극값 및 %빈도값)을 산출하였다. 또한 MIL-STD의 환경시험표준과 비교하였다. 제안 규격은 IEC규격을 비교하여 다음과 같은 전기·전자 제품의 저급시물레이션 규격을 제안한다.

<표 10> 전기·전자 제품 저급시물레이션(안)

구 분	옥내 휴대용장비	보호 고정 장비	부분 보호 고정 장비	비고 고정 휴대용장비	지 이 동 장 비	옥외이동장비	
장비에	사무기기 벤치기기 옥내장비	통신장비 전신타자기 PC 공정,설계장치	통신용부스 보안시스템 폐쇄회로TV	현장용도구 송수신기 확성기	차량탐계측기 부착통신장비 휴대통신장비	휴대기상장비 시험장비	
환경에	실내 이동 실내 사용	사무실 가정 제어실	보호부스 빌딩입구, 외벽	실외작동 실외이동작동	차량내부장착 차량외부장착	휴대장비 휴대단말	
주 위 온 도	IEC	정상 19~27℃ 극단 13, 32℃	정상 16~33℃ 극단 5, 40℃	정상 -10~30℃ 극단 -40, 40℃	정상 -10~55℃ 극단 -25, 70℃	(내부장착) -50~70℃ (외부장착) -50~40℃	정상 -15~30℃ 극단 -25, 40℃
	제안	0~36℃	0~40℃	-32~43℃	-32~71℃	-51~71℃	-51~71℃
	비고	빙점~1%고온	빙점~ 극값고온	1%저온 ~ 극값고온	1% 저온 ~ 고온 유도극값	극값저온 ~ 고온 유도극값	1% 저온 ~ 고온 유도극값

단, 분류체계는 IEC규격을 따른다.

단, 본 제안은 IEC규격과 마찬가지로 인증시험, 기능적성능시험, 환경시험과을 대체하기 위한 것이 아니다. 또한, 저급시물레이션 기준으로 시험품의 고장의 결과가 안정성, 경제적 손실의 심각, 환경오염 등에 심각한 영향이 없는 경우 추천한다. 예를 들면 가정용 텔레비전, 라디오 등이다.

결론적으로 본 제안은 국내에서 운용되는 전기·전자 장비의 운용환경 조건 설정 및 각종 개별 시험규격의 참고자료로 활용 가능할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] MIL-STD-810F, Environmental Engineering Considerations & Laboratory Tests, DoD USA(2000)
- [2] KS A IEC 60605-3-1(2002), 옥내 휴대용장비
- [3] KS A IEC 60605-3-2(2002), 기후 변화에 보호되는장소에 사용하는 고정장비
- [4] KS A IEC 60605-3-3(2002), 부분적으로 기후변화에 보호되는 장소에 사용하는 고정 장비
- [5] KS A IEC 60605-3-4(2002), 비고정 휴대용장비
- [6] KS A IEC 60605-3-5(2002), 지상 이동 장비
- [7] KS A IEC 60605-3-6(2002), 옥외 이동 장비
- [8] 김인수, “온도규격 설정을 위한 한국의 온도 분석”, 국방과학 연구소, 1997.
- [9] 기상청, “한국기후표 제Ⅱ권, 극값과 순위 (1991~1960)”, 기상청, 1991.
- [10] 김인수, 강치우, “유도무기체계 온도규격설정에 관한 연구”, 국방과학 연구소, 1997.
- [11] MIL-STD-210C, Climatic Information to Determine Design and Test Requirements for Military Systems and Equipment, 9 Jan., 1987.
- [12] 이종범, 전상호, “한국의 기후구분에 관한 연구 - Comfort Index에 의하여, 한국기상 학회지, Vol. 18, No. 1, 1982.
- [13] 기상총감, “기상총감”, 공군본부 작전삼본부, 1979.
- [14] 기상총감, “기상총감 통계”, 공군 제 73기상전대, 1994.
- [15] 기상총감, “기상총감 이론”, 공군 제 73기상전대, 1994.