도어스위치의 가속수명시험

김상욱, 장영기, 문철희

삼성전자, 시스템가전사업부, Global CS Team,

GCS 운영그룹, 고장분석 LAB.

Accelerated Life Test for Door Switch

Sang Uk, Kim , Young Kee, Jang , Chul Hui, Moon

Failure Analysis LAB, GCS Administration Group

Global CS Team, System Appliance Division, Samsung Electronics

Abstract

Accelerated life test models and procedure are developed to assess the reliability of Door switch. The main function of door switch is to operate bulb lamp and fan motor. The accelerated life test method and test equipments are developed using the relationship between stresses and life characteristics of the products.

Using the developed accelerated life test method, the parameters of the ALT model and life time distribution are estimated and the reliability of the Door S/W at use condition if assessed. The proposed accelerated life test method and procedure may be extended and applied to testing similar kinds of products to reduce test time and costs of the tests remarkably

1. 서 론

신뢰성 엔지니어는 제품이 언제, 왜 고장이 나는지, 또는 신뢰성을 어떻게 개선할 것인지에 대한 해결책을 찾으려고 노려가고 있다. 이러한 목표를 효율적으로 달성하기 위해서는 재료 및 공정분석을 위한 기술적 평가, 잠재 고장부위와 고장메커니즘 규명, 가속수명시험, 유한요소해석, 그리고 고장분석 등의 활동이 종합적이고 유기적으로 수행되어야 한다.

신뢰성은 아이템이 규정된 조건에서 주어진 기간 동안 요구기능을 수행할 수 있는 가능성으로 정의한다.[1] 신뢰성은 설계단계에서 결정되는 품질특성 중 하나로, 설계 및 제조단계에서 신뢰성을 개선·보증하기 위한 시험을 실시하고 있다. 한편, 기술 발전속도가 빨라짐에 따라 제품 수명주기와 개발기간이 짧아지고 있고, 따라서 새로운 재료, 부품 및 기술에 대한 시험평가를 위한 충분한 시간이 부족하여 신뢰성이 문제가 되고 있다. 또한, 높은 신뢰성을 갖는 제품의 시험은 오랜 기간과 많은 비용이 소요되므로 신뢰성을 빨리 확인할 수 있는 가속수명시험(Accelerated Life Testing)에 대한 필요성과 요구가 계속 증가하고 있다. 가속수명시험은 제품의 고장을 가속할 수 있는 온도, 전압, 진동 등의 스트레스를 사용 조건보다 높게 설정한 시험으로, 수명분포와 수명-스트레스 관계를 이용하여 가속조건에서 관측된 수명 데이터를 분석하고, 이로부터 사용조건에서의 수명을 추정한다.

본 논문은 도어스위치에 대한 가속수명시험에 관한 것이다. 도어스위치의 수명을 정상 사용조건에서 시험을 통하여 평가하려면 장기간의 시간이 필요하다. 따라서 단기간에 수명을 평가 할 수 있는 가속수명시험이 수행된다. 기존의 도어스위치에 대한 연구는 스위치의 On/Off 반복작동에 대한 내구

성만을 설정하고 있으며, 실제 도어스위치의 사용 환경조건을 제대로 반영하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 필드에서 고장 난 도어스위치의 고장분석을 통하여 확인된 주 고장 메커니즘인 스위치 접점의 탄화(Carbonization) 현상에 영향을 미칠 수 있는 실 사용조건의 온도, 습도, 전압, 부하 등의 인자를 동시에 고려하여 가속수명시험을 설계하고, 시험을 통하여 측정된 고장데이터를 분석하여 도어스위치의 PL수명과 사용수명을 예측할 수 있게 한다.

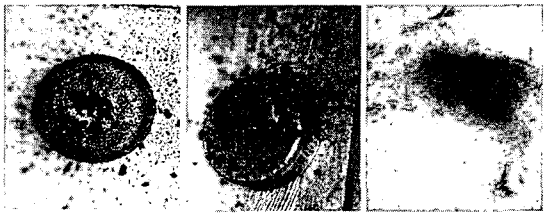
2. 도어스위치의 고장 메커니즘과 고장분석

도어스위치의 고장모드는 크게 두 가지의 형태가 있다. 구조적으로는 Push Switch의 마모에 의한 스위치 복귀불량, 그리고 전기적으로는 도어개폐에 의한 반복적인 On/Off 동작으로 인한 접점탄화(Carbonization) 가 있다. 크게 두 가지의 고장으로 인해 도어스위치의 수명이 결정된다.

도어스위치의 고장모드와 메커니즘을 규명하기 위하여, 실제 시장에서 사용된 샘플과 A/S에 의해 교환된 샘플을 수거, 고장분석을 실시하였다.

2.1 시장샘플 분석

당사에는 가전제품의 생산, 판매뿐 아니라 환경문제를 야기하는 폐가전제품의 수거 및 자원 재활용을 위한, Recycling 센터(아산소재)가 있다. 이 곳에서 Field에서 사용된 자사 및 타사의 도어스위치의 고장 및 사용 샘플을 수거할 수 있었다. 89년에서부터 99년 사이에 제조된 폐 제품에서 자사제품 46개, 타사제품 22개씩 총 68개를 수거하여 고장분석을 실시하였다.



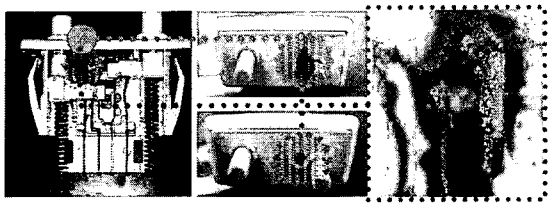
<그림 1> 접점탄화 (재활용센터 수거)

재활용센터에서 수거된 도어스위치를 분석한 결과 대부분의 스위치의 동작상태는 양호함을 보였다. 하지만 그림1. 에서 보는 바와 같이 샘플 접점의 탄화의 흔적이 있었고, 접점 주변의 플라스틱에서도 열에 의해 그을린 흔적을 대부분 발견할 수 있었다. 따라서 시장수거 샘플을 통해 도어스위치의 주요 고장모드는 전기적인 문제인 접점탄화로 볼 수 있고, 탄화의 성장에 의해 PL발생 가능성이 잠재할 수 있다는 것을 추측 할 수 있었다. 또한 도어스위치의 반복적 동작에 의한 마모로 인한 스위치 동작불량은 미비함으로 볼 수 있었다.

최근의 생활가전제품의 PL사고가 발생하고 있고, 시장샘플의 분석 결과 실제 화재 발생은 없었지만, 발생 가능성이 있는 점으로 보아 PL에 대한 대응(PLP:제조물책임예방)을 할 필요가 있다 판단된다. 따라서 도어스위치의 PL 발생에 관한 분석을 실시하였다.

당사의 품질에 관한 전반적인 업무를 담당하는 부서로부터 실제 PL이 발생된 도어스위치 5개를 수거할 수 있었다. 이 샘플들을 가지고 PL대응을 위한 고장분석을 실시하였다.

수거된 도어스위치는 2버튼 도어스위치 이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 수거 샘플

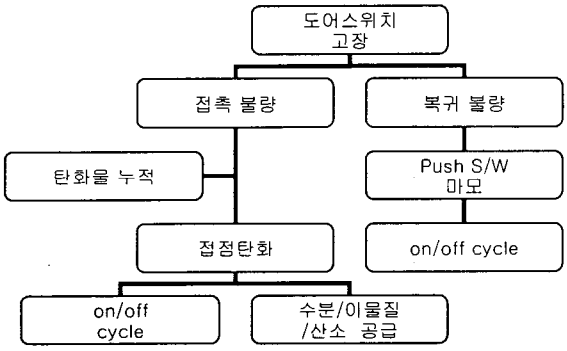


<그림 2> PL 소손스위치

5개 모두 도어 개폐 시 작동되는 스위치 주변에서 소손이 발생, PL 발생요소 중 하나는 스위치의 On/Off 사이클의 횟수라 판단할 수 있다. 또한 접점의 위치가 스위치 Push Button과 상당히 근접한 거리에 있어 버튼과 케이스 사이에 있는 틈을 통해 수분, 액상음식물, 공기중의 이물질, 그리고 산소 공급이 직접 접점과 닿을 수 있는 열악한 조건의 구조로 볼 수 있다. 그리고 접점 주변에 상당한 양의 탄화물이 누적되어 있어 이 탄화물 또한 도어스위치의 발화에 촉매 역할을 할 수 있는 요소라 할 수 있다.

2.2 고장 모드 및 메커니즘

상기 두 가지의 시장 샘플의 분석결과, 도어스위치의 주요 고장모드는 스위치 접점의 탄화로 인한 접점동작 불량이고, 탄화 진행이 누적되거나 악조건일 때에는 화재발생 가능성도 있다 하겠다. 또한 반복적인 on/off 동작으로 인한 기구물의 마모에 의한 복귀불량이 있다.



<그림 3> 도어스위치 고장모드/메커니즘

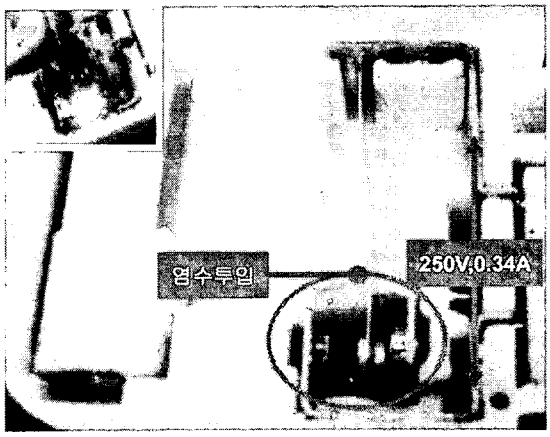
3. 파괴한계 시험

(DLT: Destructive Limitation Test)

도어스위치의 접점탄화에 의한 접점고장에 대한 수명가속시험을 하기 이전에, 가속시험의 신뢰성을 높이기 위해 파괴한계시험을 실시하였다. 파괴한계시험은 초가속 조건의 가속요소를 정하여 단기간에 고장을 발생시켜 본 가속수명시험의 가속요소 한계치 검증과 대략적인 고장 발생 과정을 볼 수 있다. 이 시험에서는 본 가속수명시험 대상의 도어스위치 이외에 당사가 사용하는 3종의 스위치와 2곳의 경쟁사 각각 1종을 대상으로 시험하여 비교하도록 하였다. 이 시험을 통해서 현재 사용중인 당사제품의 PL대응 성능이 경쟁사와 비교할 수 있게 하였고, PL 발생모드와 발생 메커니즘을 규명하여 PL을 대응할 수 있는 해결방안을 마련하는데 그 목적이 있다.

3.1 시험 설계

도어스위치의 주요 고장모드가 접점부분이라는 것을 정했기에 이번 시험의 주 부분인 접점부에 가속요건을 집중하였다.



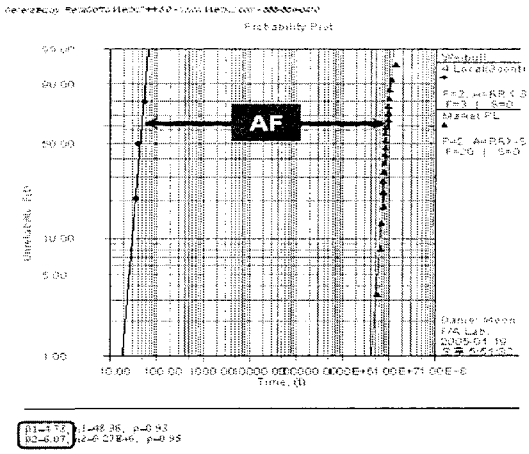
<그림 4> DLT 시험조건.

정상적인 도어스위치에 인가되는 전압은 220V, 그리고 도어스위치에 연결되는 고내 램프의 부하량은 250V 기준, 0.11A(당사 사용)이다. 이러한 환경에 DLT시험의 가속인자를 3개의 램프(0.34A)의 부하에 250V 인가, 접점부분에 5% NaCl 염수 0.1ml 투입시켰다. 그리고 접점부의 불꽃을 내기 위해 접점을 Disconnect되어있는 상태로 고정시켰다. 이러한 시험환경에서 전압인가 후 접점의 불꽃 생성까지의 시간을 기록, 6종의 도어스위치를 비교하였다.

시험에 사용되는 도어스위치 6종 중 2버튼 도어스위치가 실제 소손 발생으로 인한 PL건인 도어스위치와 동일 제품이기에 이 제품의 시험 데이터와 시장조건을 Weibull 분포도를 이용하여 가속계수를 검증하였다. Weibull 분포도에서 Beta 값(Shape Parameter)값이 시장은 6.07과 DLT는 4.78의 값으로, 많은 차이가 나지 않아 동일 제품으로 판단하였다. 그리고 Eta 값(평균수명: 고장율이 63%일 때의 수명)을 얻을 수 있다. 이 값을 통해 DLT의 가속계수가 191608이라는 값을 얻을 수 있었고, 이 값은 가속수명시험의 가속계수의 값을 생각할 때에 신뢰성이 없다 하겠지만, DLT의 목적에는 적합한 값이라 하겠다.

<표 1> DLT 가속계수 검증

ALT Factor	$AF_{NaCl} = \left\| \frac{S_t}{S_f} \right\|^n$	$AF_{Power} = \left\| \frac{W_t}{W_f} \right\|^n$	β	η
정상 조건	-	25W (220V)	6.07	9.27 E+6
가속 조건	NaCl 5% 0.1ml	85W (250V)	4.78	48.38
$AF_{Ref.}$	$AF = (\eta_2 / \eta_1) = (9.27E+6/48.38) = 191608$			



<그림 6> Weibull분포도(시장분포-시험값)

DLT에서의 주요 관찰요소는 첫째, 통전초기부터 섬광발생시작까지의 시간을 관찰하고 둘째, 섬광(Tracking)의 발생 정도와 지속시간을 관찰하였다. 이 두 가지를 통하여서 PL이 발생할 수 있는 시간, 발생 규모와 위험도를 유추해 볼 수 있다.

3.2 시험 결과

자사 4종, 경쟁사 2종의 DLT 결과, 자사 1종과 경쟁사 1종에서 도어스위치 PL 발생 가능성이 있는 데이터를 도출할 수 있었다.

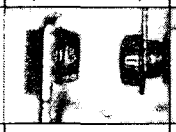
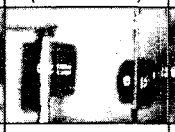
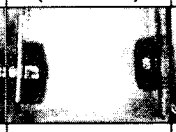
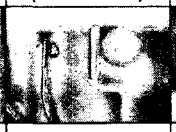
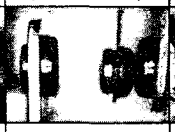
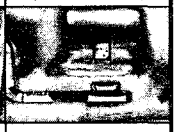
관찰 주요 대상인 섬광발생시작까지의 시간(η:Eta)에 섬광 지속시간, 섬광 정도의 관찰자의 주관적인 의견으로 조합된 섬광대비 η값을 비교하였다. 비교 결과 2개의 시료에서 상대적인 비교에서 떨어지는 수치를 얻었고 고장분석결과, 도어스위치의 3가지 설계요소(접점간 거리, 이동접점의 접촉면적, 습기침투가능 거리)에서 떨어짐을 보였다. 접점간의 거리가 가까울수록, Tracking발생 가능성이 높고, 이동접점의 접촉면적이 작을수록 접점에 가중되는 전하량이 크고, 습기 침투거리가 짧을수록 불꽃의 가속요소인 습기의 공급될 가능성이 크다. 육안관찰결과 문제시되었던 도어스위치 2종 모두 이

세가지 요소에 극히 떨어지는 성능을 보임을 알 수 있다.

향후 도어스위치 설계 시 DLT의 결과로 알아낸 접점간 거리, 이동접점의 면적, 습기 침투가능 거리, 재질 등을 고려, 설계되어야 할 것이다.

<표 2> DLT 대상 도어스위치 6종 비교표

실체현미경 ×40

	A사 (2 Contacts)	A사 (2 Contacts)	A사 (1 Contact)	A사 (3 Contacts)	B사 (2 Contacts)	C사 (1 Contacts)
접점사진						
ηs (s)	412	518	104	45	488	241
섬광 지속시간 (S)	0.4	0.5	0.2	3.7	1.2	2.3
섬광 정도 (1~5)	2	2	1	5	3	4
섬광대비 η	**206**	**259**	**104**	9	**162**	60
접점간 거리 (mm)	1.6	1.7	3.6	1.1	1.7	0.8
이동접점 접촉 (Φ)	1.6	1.5	1.8	0.6	1.2	0.7
습기침투 거리 (mm)	22	24	23	3	17	4
접점 성분	AgNi10 / Cu	Ag/Ag-Cu	Ag/Ag-Cu	Ag/CuNi30	-	AuAg+Ag+Cu Alloy
PL 위험도	◎	◎	○	X	○	X

4. 수명가속 시험

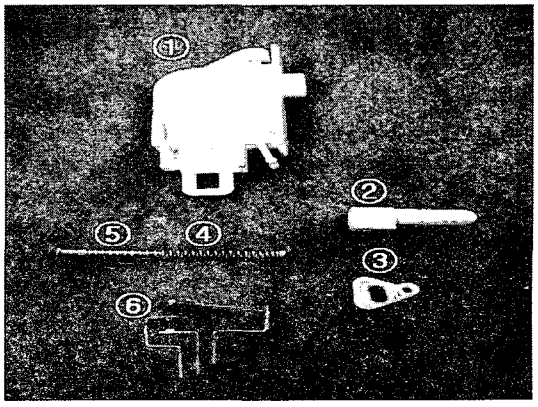
(ALT: Accelerated Life Test)

고장분석과, 파괴한계시험을 통해 도어스위치의 주요 고장모드는 접점부의 탄화로 인한 접촉불량이며 그 주된 메커니즘은 반복적 사이클동작, 수분 및 이물질 침투, 그리고 탄화물의 누적에 의한 접점탄화이다. 도어스위치의 접점불량에 대한 수명을 평가하기 위해 수명가속시험을 실시하였다.

4.1 4-Step Program

도어스위치의 수명을 평가하기 위한 시험방법 선정을 위해 4-Step Program을 실시하였다.

1단계에서는 도어스위치의 구조를 파악하였고, 2단계에서는 1단계에서 파악된 세부부품에 대한 잠재적인 고장 메커니즘을 도출하였다. 3단계에서는 각 부품에 영향을 미치는 환경조건 파악과 부품에 대한 영향도를 가중치를 두었다. 마지막 4단계에서는 도어스위치에서의 시장과 같은 고장발생을 위한 적합한 시험을 정하였다. 이 단계에서 고려되었던 세 가지의 시험 모두 가속시험의 대상으로 정하였다.



<그림 7> Architecture

<표 3> Failure Mode including latent

NO	Failure Site	Material & Spec.	Potential Failure Mechanism
1	Case / Cover	PA66	A. 변형/ 파손
2	Push Switch	PA66	B. 변형/ 파손 C. 마모
3	Lever	PA66	D. 변형/ 파손 E. 마모
4	Spring	65Mn	F.탄성 저하
5	Spring Pin	45鋼	G. 부식
6	Contacts Terminals	AgNi10 / Cu H62Y2	H. 접점 탄화

<표 4> Failure Mechanism Extraction

※ 범례 : ◎ (5), ○ (3), △ (1)

Failure Site		Case / Cover	Push Switch		Lever		Spring	Spring Pin	Terminals
Potential Failure Mechanism / Environmental Conditions		A 변형 / 파손	B 변형 / 파손	C 마모	D 변형 / 파손	E 마모	F 탄성 저하	G 부식	H 탄화
온도	-20~10°C	◎	◎	○	◎	○	○	△	△
습도	0~85%	△	△	△	△	△		○	○
진동	0.2~0.24g								
전압	12V								◎
동작	On/Off			◎		◎	◎		○
Score		6	6	9	6	9	8	4	12

<표 5> Compliance Test

※ 범례 : ◎ (5), ○ (3), △ (1)

시 험 내 용			고온 고습 Test	동작 Test	과전압 Test
NO	Failure Mechanism	중요도			
1	탄화 (H)	12	○	○	◎
2	마모 (C,E)	9	○	◎	
3	탄성저하 (F)	8	△	◎	
4	변형/파손 (A,B,D)	6	○		
5	부식 (G)	4	△		
Total			93	121	60
Rank			2	1	3

4.2 멀티테스트(지수 값 검증)

가속수명시험에서 재료의 물성이 변하지 않고, 고장모드와 메커니즘이 사용조건과 동일하도록 가속조건의 수준을 결정하는 것이 중요하다. 이번 가속수명시험의 주요 가속요소인 온도, 습도, 그리고 전압에 의한 정확한 가속계수의 미지수 검증과 가속수준을 검증하기 위하여 멀티테스트를 실시하였다.

하기의 각 가속계수 산출을 위한 식에서 미지수 n과 Ea값을 검증하기 위해서는 각 가속요소의 차이를 가지고 시험을 실시, 결과값의 차이를 가지고 가속계수 미지수를 검증할 수 있었다.

<식 1> 가속인자의 가속계수 산출식

$$AF_{Power} = \left(\frac{W_f}{W_t}\right)^{-n}$$

$$AF_{Arrhenius} = \exp\left\{\frac{E_a}{K}\cdot\left[\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right]\right\}$$

$$AF_{Humidity} = \left(\frac{H_f}{H_t}\right)^{-n}$$

Ea :활성화 에너지 , K = 볼쯔만 상수 ,t:시험환경 ,f:정상환경

<표 6> 멀티테스트 시험조건

인 자 / 실 험	온도	습도	부하	시료
1	30℃	90%Rh	81W	20
2	30℃	90%Rh	108W	20
3	5℃	90%Rh	81W	20
4	30℃	30%Rh	81W	20

실험 1, 3을 통해 온도에 대한 활성화 에너지(Ea)값 0.03, 실험 1,4를 통해 습도에 대한 가속식 지수 값 0.52, 그리고 실험 1,2를 통해 부하에 대한 가속식 지수 값 2.44의 결과를 얻어내었다. 이 결과값을 가지고 가속수명시험 정확한 가속계수와 시험시간, 그리고 시험시료 수를 산출할 수 있다.

4.3 가속수명시험 계획

소비자의 정상 사용환경에 대비, 가속 정도를 결정하였다. 일반적인 도어스위치의 사용환경은 평균온도 4℃, 습도 65%Rh, 그리고 220V에서 1개의 고내램프(25W)와 연결되어있고, 소비자들은 하루평균 30번의 도어개폐를 한다는 가정아래 10년 동안 총 109,500사이클의 On/Off 동작이 이루어 진다. 정상사용환경을 기준으로 가속수명시험의 가속환경을, 온도 30℃, 습도 65%Rh, 그리고 245V에서 3개의 고내램프(81W)의 가속시험환경을 정하였다. 또한, On/Off 시간은 5초의 인터벌을 주어 주기를 주었다. 멀티테스트에서 검증한 습도와 전압의 지수값과 온도의 활성화 에너지 값을 사용하여 식 1에 대입, 각 가속인자의 가속계수 값을 구할 수 있었다.

<표 7> 가속인자의 가속계수

ALT Factor	정상사용조건	N.Ea	AF Data
$AF_{Power} = \left(\frac{W_t}{W_f}\right)^n$	25W (220V)	2.44	$(25/81)^{-2.44}$ =17.6
$AF_{Arrhenius} = \exp\left[\frac{E_a}{K}\cdot\left[\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right]\right]$	Max 10 ℃ (-5 ~ 10℃)	0.03	T_1=10 T_2=30. AF=1.08
$AF_{Humidity} = \left(\frac{H_t}{H_f}\right)^n$	Max 85%RH (0~85%RH)	0.52	$(85/90)^{-0.52}$ =1.03
$AF_{Ref.}$	$AF_{power} \times AF_{arrhe} \times Af_{humi}$ =17.6×1.08×1.03 =19.7		

※ Where n=1, Ea=0.03eV, β = 2(Assumption).x=0.005, K=8.617 x10^{-5}eV

가속인자의 가속계수의 검증 후 가속수명 시험의 시험시간 및 시험시료 수를 정하였다. 총 19.7의 가속계수를 가진 시험에서 10년 기준 정상 사용 횟수 109,500 cycles을 기준으로, 시료 20개를 48,900 cycles 동안 시험하여 고장시료 1개 이하이면 도어스위치의 $B_{0.5}$수명이 10년을 보증한다.

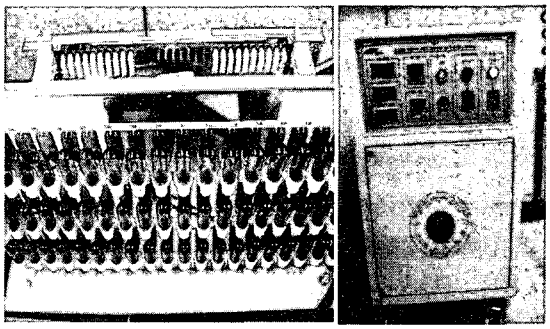
<식 2> 가속수명시험 시료수, 가속시간 선정

$$n = (r+1)\cdot\frac{1}{x}\cdot\left(\frac{L_B}{AF\cdot h}\right)^{\beta}$$

$$= (1+1)\cdot\frac{1}{0.005}\cdot\left(\frac{109{,}500}{19.7\cdot 48{,}900}\right)^{2} = 19.1 \cong 20$$

4.4 시험장치

<그림 8>은 도어스위치의 가속수명시험을 위해 제작한 on/off 사이클 동작 장치와 동작장치를 컨트롤할 수 있는 장비로 구분된다. 동작부 에서는 시료 수 선정 식에서 얻은 20개의 시험 샘플을 장착할 수 있게 하고 Push S/W를 On/Off 할 수 있게 하였다. 시험조건에서 보듯이 항온/항습 유지를 위해 항온항습기 안에 동작부가 들어갈 수 있게 설계하였고, 램프부하 각 도어스위치에 1~3개까지 연결 가능하다. 모든 동작부의 동작은 항온항습기 밖에 설치된 컨트롤부에서 On/Off Timer, 동작 Counter, 그리고 전압가변을 위한 SLIDACS를 장착, 제작하였다. 주요 고장모드인 탄화접점을 판단할 수 있는 기준으로 동작 시 부하로 사용된 램프의 점등 불량과, 접점부의 접촉저항의 기준(50mΩ) 이상의 경우 고장의 판단으로 하였다.



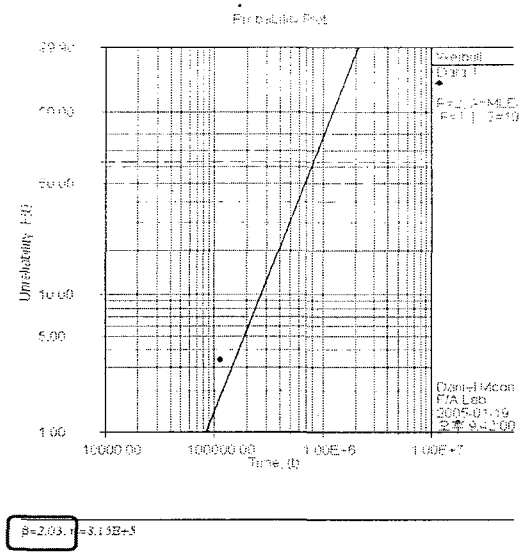
<그림 8> 가속수명시험장치 사진.

4.5 시험 결과

수명가속시험을 위한 시료와 시험환경을 가지고, 가속 식에 의한 가속횟수 50,000 cycles까지 시험을 진행하였다. 하지만, 램프 점등불량과 접촉저항의 기준치 이상 수치가 발견되지 않아, 기준된 가속시험시간 이상의 시험을 진행하였다. 정확한 고장 판단을 위해, 2,000cycles마다 접촉저항 값을 기록했으며, 가속시험의 115,000cycles 이었을 때에 20개 중 1개의 샘플에서 접촉저항의 규격 이상을 발견, 고장으로 판단하였다. 다른 샘플의 고장발생 유무를 위해 추가 시험을 진행, 190,000cycles까지 시험을 진행하였지만 추가적으로 나타난 램프점등불량이나 접촉저항의 규격이상의 데이터는 발견되지 않았다.

상기의 시험 데이터를 가지고 Weibull 분포도를 살펴보았다. 기존 가속수명시험의 설계 시 추정되었던 형상모수 값이 실제 시험 에서도 유사한 2.03의 결과치를 보였다. 또한 평균고장율 Eta값은 815,000cycles의 결과치가 나왔다. 이 결과치를 가지고 가속

수명시험을 통해 시험된 도어스위치의 수명을 계산하였다.



<그림 9> Weibull 분포도 (ALT)

10년을 기준으로 고장율 5,000PPM을 보증하는 도어스위치의 수명은 75년의 결과치를 나타내었다. 또한 10년 경과시의 스위치의 고장율은 100PPM의 안정된 신뢰성 결과를 얻을 수 있었다.

<식 3> 도어스위치 수명식 ($L_{B0.5}$)

$$L_{Bx} = \left[x \cdot \frac{1}{(r+1)} \cdot n \cdot (AF \cdot h)^{\beta} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$= \left[0.005 \cdot \frac{1}{(1+1)} \cdot \left(1 \cdot (19.7 \cdot 115143)^2 + 19 \cdot (19.7 \cdot 190000)^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 823614 \ cys = 75 \ years$$

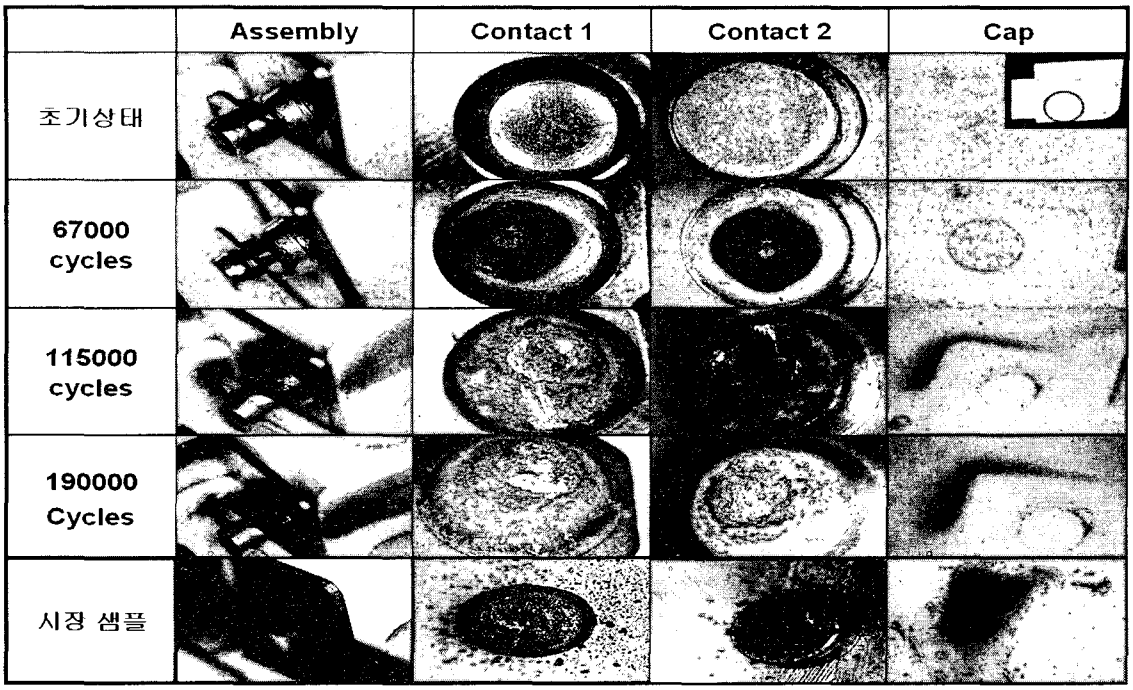
where, $n \cdot (AF \cdot h)^{\beta} = \sum_{i=1}^{n} (AF \cdot h_i)^{\beta}$ $x = 0.5\%, r = 1, AF = 19.7, \beta = 2$

이번 도어스위치는 당사의 해외 거점에서 적용 예정인 도어스위치 이다. 이번 가속수명시험을 통해서 10년 이상 부품의 신뢰성을 만족시키는 결과를 얻어 제품적용이 가능하다 본다.

4.5 시험 결과 분석

도어스위치의 고장모드로 구조적인 스위치 복귀 불량 및 전기적인 접점 접촉불량으로 선정하였다. 이 두 가지의 분석을 실시하였다. 먼저 시험 종료 때까지 Push 스위치의 복귀불량, 스위치의 동작불량은 나타나지 않았으며, 가속시험의 초기에 버튼의 압출력과 시험 후의 동일한 조건으로 측정한 압출력 또한 크게 저하되지 않았다. 하지만, 가속수명시험의 주요관찰요소였던 접점접촉불량은 직접적으로 관찰되지 않았지만, 1개의 샘플에서의 과도한 접점탄화 징후를 볼 수 있었다. <표 8>을 보는 바와 같이 초기상태의 스위치 접점에서 시험이 진행되면서 탄화흔적이 성장, 접점의 성능에 저하되는 결과물을 발견하였다. 또한, 접점 주위의 사출물의 흔적에서도 그을린 흔적이 발견, 도어스위치의 화재 발생 가능성이 잠재돼있다 볼 수 있었다. 이에 따라, DLT에서 검증, 만들었던, 설계기준을 기초와 사출물의 난연 재질의 변경을 해서 도어스위치의 향상 조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

<표 8> 접점탄화 진행, 시장샘플과의 비교표.



5. 결 론

본 논문에서는 도어스위치의 가속수명시험을 다루었다. 스위치의 고장분석 결과 주요 고장 메커니즘이 반복적인 스위치 작동에 따른 접접 탄화로 인한 접점 동작불량으로 확인되었으며, 이러한 고장 메커니즘을 재현할 수 있도록 실사용 조건을 반영 온도, 습도, 부하를 동시에 적용시킨 가속수명시험을 설계·진행하였다. 시험결과를 통해 시험대상 도어스위치는 수명과 성능에 안정적이었으며, DLT를 통한 결과에서도 스위치 소손에도 안정적인 결과를 보였다.

Reference

[1] 산업자원부 기술표준원(2003), 신뢰성 용어 해설서, 10-11.

[2] Dongsu Ryu, Seogweon Chang(2005), "Novel concepts for reliability techn - ology", Microelectronics Reliability, 45,

[3] Dongsu Ryu(2005),"An Introduction to the Reliability Technology ", RARC Hanyang Univ

[4] Dana Crowe & Alec Feinberg(2001), "Design for Reliability", CRC Press,,

[5] Kwon,Young-il, You,Young-chul (2004),"Design and Analysis of ALT for small power relays",信賴性活用研究 4th, 1-14