

자동차용 윈도우 스위치의 신뢰성 평가기준

최만엽*·최범진*·백재욱**1)

자동차부품연구원*·한국방송통신대학교 정보통계학과**

Reliability Assessment Criteria of Window switch for automobiles

Manyeop Choi*·Beomjin Choi*·Jaiwook Baik** 1)

Corporation Support and Reliability Division, Korea Automotive Technology Institute* ·
Dept. of Information Statistics, Korea National Open Univ.**

Abstract

Automobile markets are so fierce in the world market that every major manufacturer assure the buyer of the car by give a provocative warranty plan for their cars. For instance Hyundai motor company offer 10 years and 100,000 miles of warranty whichever comes first. But in order for this effort to be successful every critical component such as window switch has to be proven to be reliable in an adverse environment. Therefore, in this article reliability assessment criteria for window switch are established in terms of basic performance test, environment test and life test.

Keywords : Window switch, basic performance test, environment test, life test, B_{10} life, Weibull distribution

1) 교신저자 jbaik@knou.ac.kr

논문접수일 : 2010년 10월 11일 논문수정일 : 2010년 11월 06일 게재확정일 : 2010년 11월 27일

1. 서론

근래 자동차 시장은 세계경쟁의 심화로 신뢰성이 좋은 차만이 살아남는 실정이다. 이에 각 자동차 회사는 경쟁적으로 자동차의 신뢰성 개선에 임하고 있다. 특히 현대자동차의 경우 북미시장에서 10년 10만마일의 보증정책을 내놓을 정도로 자신이 만드는 자동차에 대해 품질이나 신뢰성에 있어서 자신감을 보이고 있다. 하지만 이런 공격적인 보증정책이 성공을 거두기 위해서는 자동차용 윈도우 스위치 같은 조그만 부품에서도 오랜 동안 문제가 없어야 한다. 자동차용 윈도우 스위치는 자동차 윈도우 창문의 개폐 기능, 윈도우 창문 잠김 기능, 도어 잠김 기능, 사이드미러 폴딩 기능을 담당한다. 이는 운전자가 직접적으로 사용하는데 편리성을 주는 부품이지만 작동상의 문제점이 발견되면 소비자에게 큰 불만이 나타난다. 스위치는 점점으로 구성되어 있고 수시로 접점을 개폐시키게 되므로 점점 접촉 불량, 조작력 감소 등이 고장의 대표적인 요인이 된다. 따라서 본 논문에서는 자동차용 윈도우 스위치의 신뢰성확보를 위해 기본성능 시험, 내환경성 시험 및 수명시험을 어떻게 수행해야 하는지 알아보고자 한다.

2. 일반사항

2.1. 적용 범위

이 기준은 승용차에 사용되는 윈도우 시스템을 제어하는 스위치와 조합되어 동작되는 각종 기능스위치를 포함(이하 “윈도우 스위치”라 함)하여, 이들의 신뢰성평가 시험방법에 대하여 규정한다.

2.2. 인용 규격

다음에 나타내는 규격은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.

2.3. 용어의 정의

- a) 정격전압 윈도우 스위치가 정상적으로 작동하는 지정된 전압으로, AC 또는 DC로 표시하고, Volt[V] 단위로 나타낸다.
- b) 정격전류 윈도우 스위치 정상적으로 작동하는 지정된 전류로 Ampere[A] 단위로 나타낸다.
- c) 노브(knob) 스위치를 움직이게 해주는 장치
- d) 매뉴얼 스위치 1단 작동하여 윈도우 모터를 수동으로 동작시키는 스위치

- e) 오토다운 스위치(auto down switch) 2 단 작동하여 윈도우 모터를 자동으로 동작시키는 스위치
- f) 윈도우락 스위치(window lock switch) 윈도우 모터 작동을 강제적으로 멈춰주는 스위치
- g) 도어락 스위치(door lock switch) 도어를 강제적으로 닫치게 하는 스위치
- h) 폴딩 스위치(푸시리턴 타입) 사이드미러를 접어주는 스위치(스위치에서 전원이 직결)
- i) 폴딩 스위치(푸시락 타입) 사이드미러를 접어주는 스위치(시그널에 의해 전원이 전달)
- j) 계측기 오차 계측기 오차는 <표 1>과 같다.

<표 1> 계측기 오차

측 정 값	오 차
전 압	±0.3%
전 류	±0.5%
회전 속도	±1.0%
온 도	±1.0℃

2.4. 샘플링방법

신뢰성평가에 필요한 시료는 제조공정을 대표할 수 있는 최소의 개수로 한다.

2.5. 신뢰성 평가기준

신뢰성 평가는 기본성능시험(표 2), 내환경성시험(표 3) 및 수명시험으로 이루어진다. 수명 시험은 기본성능시험 및 내환경성시험에 통과한 부품에 한해 실행한다.

3. 기본성능 시험

기본성능은 <표 2>의 평가 기준을 만족하여야 한다.

<표 2> 기본성능 평가 기준

시험 항목	시험방법	평가 기준	시료수
1. 조작력	3.1	지정된 기준을 만족하여야 한다.	12
2. 접점전압강하	3.2	0.3 V이하이어야 한다.	12
3. 절연저항	3.3	DC 500 V 절연 저항계로 5 MΩ 이상이어야 한다.	12

3.1 조작력 시험

3.1.1 시험 조건

지정된 요구사항에 따라 매뉴얼 스위치, 오토다운 스위치, 윈도우락 스위치, 도어락 스위치, 폴딩 스위치의 조작력을 측정한다.

3.1.2 시험 장치

- a) 푸쉬풀 게이지
- b) 토오크 게이지

3.1.3 시험 방법

- a) 스위치를 지정된 위치에서 작동하면서 조작력을 측정한다.
- b) 여기에 언급되지 않은 다른 형태의 스위치는 지정된 기준에 따른다.

3.1.4 기록

- a) 시험조건, 조작력
- b) 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상

3.2 접점전압강하 시험

3.2.1 시험 조건

스위치에 실부하를 접속한 후 시험전압을 인가하여 일정한 전류가 흐르도록 통전한다.

3.2.2 시험 장치

- a) 전원장치
- b) 전압계
- c) 부하장치

3.2.3 시험 방법

스วิต치를 작동시켰을 때 작동하는 접점단자 사이의 전압강하를 측정한다.

3.2.4 기록

- a) 시험 조건
- b) 전압 강하

3.3 절연 저항 시험

3.3.1 시험 조건

- a) 절연 저항 시험을 위해 시료는 신규 부품으로 한다.
- b) 시험을 위한 주위온도는 상온 조건에 따른다.

3.3.2 시험 장치

DC 500 V 절연저항계

3.3.3 시험 방법

- a) 시료 밑바닥과 시료는 충분한 절연이 되어 있어야 한다.
- b) 전압을 인가하고 1분 내지 2분 경과하여 지침이 일정할 때 절연저항을 측정한다.
- c) 윈도우 스위치의 외함과 전원선에서 측정한다.
- d) 시험 후 윈도우 스위치에 유해한 결함이 없어야 한다.

3.3.4 기록

- a) 절연 저항치
- b) 유해한 결함 여부

4. 내환경성 시험

기본성능 평가시험에 합격한 제품에 한하여 내환경성시험인 <표 3>의 평가기준을 만족하여야 한다.

<표 3> 내환경성 평가기준

시험 항목	시험방법	평가 기준	시료수
1. 내마모성	4.1	표면의 손상이 약간 인지되나 눈에 띄지 않아야 한다.	2
2. 내광성	4.2	육안으로 확인되는 변색, 퇴색이 없어야 하며, 회색 스케일(Gray Scale) 3호 이상이어야 한다.	2
3. 진동	4.3	기계적인 변형이나 손상이 없고, 점점 전압강하는 0.4V 이하이고 그 외의 성능열화는 초기성능 지정치의 $\pm 20\%$ 이내 이어야 한다.	2
4. 내약품성	4.4	육안으로 확인되는 변색, 퇴색이 없어야 하며, 회색 스케일(Gray Scale) 3호 이상이어야 한다.	2
5. 열충격	4.5	변형, 파손이 없고, 점점 전압강하는 0.4V 이하이고 그 외의 성능열화는 초기성능 지정치의 $\pm 20\%$ 이내 이어야 한다.	2

4.1 내마모성 시험

이는 윈도우 스위치의 표면 마모 정도를 시험하기 위함이다. 본체에서 시험방법 및 평가기준은 KS K 1450 규격과 관련업체의 규격을 참고하여 작성하였다. 하중 4.9N, 스트로크 300mm, 마찰속도 30회/min, 범포재질은 중급 면 범포 #10(KS K 1450(2010)), 마찰횟수는 500회로 하였다.

4.1.1 시험 조건

- a) 하중 (5 \pm 0.2)N(마찰자 중량 포함)
- b) 스트로크(Stroke) (300 \pm 30)mm
- c) 마찰 속도 (30 \pm 5)회/분
- d) 범포 재질 KS K 1450(2010)의 중급면 범포 #10
- e) 반복 횟수 500회

4.1.2 시험 방법

4.1.1의 시험 조건으로 시험한다.

4.1.3 기록

- a) 시험 조건
- b) 윈도우 스위치 표면 손상 정도

4.2 내광성 시험

윈도우 스위치의 플라스틱 케이스와 스위치 재질에 대하여 일광, 온도 및 습도에 의한 열화 등에 대한 저항성을 측정하기 위한 시험으로서 크세논 아크에 의한 방법으로 시험하며, 판정기준은 회색 스케일(gray scale)에 따라 3호 이상으로 한다.

4.2.1 시험 조건

- a) 설정 조건 (126±5)MJ/m²
- b) 블랙 패널 온도 (89±2)℃
- c) 조내 습도 (50±5)% RH
- d) 조사 조도 (65~100) W/m²
- e) 파장 (300~400)nm

4.2.2 시험 장치

KS B 5549(1993)에 따른다.

4.2.3 시험 방법

- a) 크세논 아크(xenon arc) 시험 방법으로 시험한다.
- b) 시료는 시험 전에 (23±2)℃와 상태습도 (50±5)%에서 적어도 24시간 이상 방치한다.
- c) 4.2.1의 시험조건으로 조사한다.
- d) 시험 후 육안으로 확인되는 변색, 퇴색이 없는지 검사한다.

4.2.4 기록

- a) 시험온도 및 습도, 조사조도, 조사시간
- b) KS K 0911(2007)에 의한 색의 차이
- c) 시험이 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상

4.3 진동 시험

윈도우 스위치는 차량 주행 중 차체의 진동에 의해 영향을 받을 수 있으므로 진동에 대한 영향을 평가하기 위해 진동 시험이 필요하다. 업체에서는 진동형태가 주로 고정주파수 진동 시험을 하고 있으나 좀 더 엄격한 기준을 적용하기 위하여 랜덤 진동시험으로 한다. 시험 후 <표 2>의 기본 성능을 확인하여야 한다.

4.3.1 시험 조건

- a) 진동형태 랜덤
- b) 주파수범위 10~1,000Hz
- c) 스펙트럼 가속 밀도
 - 10Hz : 4(m/s²)/Hz
 - 20Hz : 10(m/s²)/Hz
 - 40Hz : 10(m/s²)/Hz
 - 800Hz : 0.2(m/s²)/Hz
 - 1 000Hz : 0.2(m/s²)/Hz
- d) 시험 시간 상하, 전후, 좌우 각 방향별 3시간 (총 9시간)

4.3.2 시험 장치

시험장치는 4.3.1의 시험조건을 만족할 수 있는 진동시험기로 한다.

4.3.3 시험 방법

- a) 시료를 차량부착상태와 유사한 조건으로 진동시험기에 장착한다.
- b) 시험조건에 따라 진동시험을 실시한다.
- c) 시험 중 외형상 파손, 변형, 풀림, 균열 등을 점검한다.
- d) 시험 완료 후 3장의 기본 성능 평가를 측정한다.

4.3.4 기록

- a) 시험 전·후 윈도우 스위치의 기본 성능 평가 측정 자료
- b) 진동 시험 조건 및 시험시간
- c) 시험 후 외형 관찰 결과

4.4 내약품성 시험

그리스, 광택제, 엔진오일 등 인수·인도 당사자간의 협정에 따라 결정된 약품을 적신 형깊이로 닦은 후 실온에서 1시간 방치한다. 이어서 70℃에서 3시간 방치 후 변색, 퇴색을 평가한다. 시험 방법 및 평가기준은 관련업체의 규격을 참고하여 작성한다. 판정기준은 회색스케일(gray Scale)에 따라 3호 이상으로 한다.

4.4.1 시험 조건

약품 종류는 그리스, 광택제, 엔진오일 등 인수·인도 당사자 간의 협정에 따라 결정할 수 있다.

4.4.2 시험 방법

- a) 윈도우 스위치를 4.4.1의 약품을 적신 형겔으로 닦는다.
- b) 실온에서 1시간 방치 후 70℃에서 3시간 방치한다.
- c) 시험 후 육안으로 확인되는 변색, 퇴색이 없는지 검사한다.

4.4.3 기록

- a) 시험온도 및 습도, 약품 종류
- b) KS K 0911(2007)에 의한 색의 차이
- c) 시험이 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상

4.5 열충격 시험

시료를 열충격 시험기에 넣고 <그림 1>과 같은 사이클로 20회 반복하여 실시한다. 시험 후 실온에서 2시간 방치하고, <표 2>의 기본성능 평가기준을 만족하는지 확인하고, 또한 외형상 변형, 균열, 작동상태 등으로 고장 발생하는지 확인하는 시험이다. 시험방법 및 평가기준은 관련업체의 규격을 참고하여 작성한다. 온도조건은 환경조건 및 작동조건을 고려하여 결정된 사항이다.

4.5.1 시험 조건 및 시험 사이클

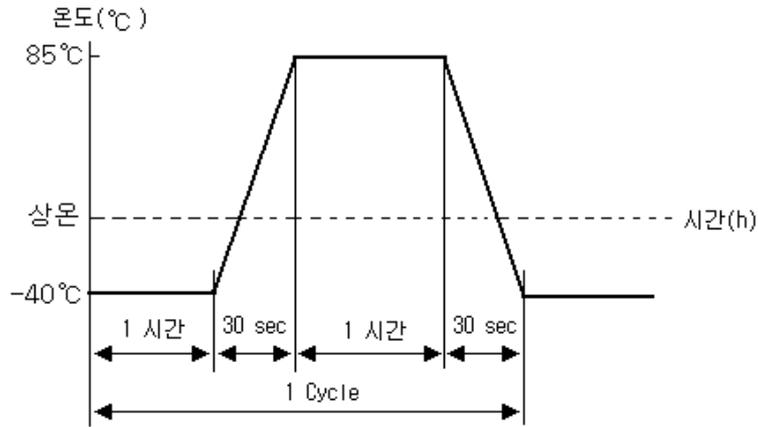
- a) 고온 조건 및 인가 시간 (+85±2)℃, 1시간
- b) 저온 조건 및 인가 시간 (-40±3)℃, 1시간
- c) 온도 변화 시간 30초 이내
- d) 시험 사이클 20사이클

4.5.2 시험 장치

4.5.1의 시험 조건을 만족할 수 있는 열충격 시험기로 한다.

4.5.3 시험 방법

- a) <그림 1>과 같은 사이클로 20회 실시한다.
- b) 시료를 상온에 2시간 방치 후 **3장**의 기본 성능 평가를 측정한다.



<그림 1> 열충격시험 사이클 구성

4.5.4 기록

- a) 시험온도 및 시험시간
- b) 시험 전·후 윈도우 스위치의 기본 성능 평가 측정 자료
- c) 시험이 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상.

5. 수명 시험

수명시험은 기본성능시험과 내환경성시험에 통과한 6개의 시료에 대하여 실시한다. 시험 후 점점전압강하는 0.4V 이하이고, 그 외의 성능열화는 초기성능 지정치의 $\pm 20\%$ 이내를 만족하여야 한다. 이 평가기준을 만족하는 경우 신뢰수준 90%로 10년 또는 160,000km의 B_{10} 수명을 보증한다.

5.1. 전제조건

자동차부품인 경우 정비지침서상 교환 또는 정비주기가 없는 부품은 자동차 수명과 동일하다고 가정할 경우 사용되고 있는 자동차수명에 근거하여 10년 또는 160,000km를 보증하는 것으로 간주한다.

5.2. 시험 조건

- a) 시험 온도 저온 (-30±2)℃, 고온 (80±2)℃, 상온 (23±2)℃
- b) 윈도우 스위치의 각 기능별 작동 횟수

<표 4> 윈도우 스위치의 각 기능별 작동 횟수

구 분	작동 횟수(신뢰수준 90%, B ₁₀)
매뉴얼 스위치	30,000회
오토다운 스위치	30,000회
윈도우락 스위치	15,000회
도어락 스위치	60,000회
폴딩 스위치 (푸쉬리턴 타입)	15,000회
폴딩 스위치 (푸쉬락 타입)	15,000회

- c) 윈도우 스위치의 각 기능별 작동 주기

<표 5> 윈도우 스위치의 각 기능별 작동 주기

구 분	작동 주기
매뉴얼 스위치	위쪽 방향 동작(2초) → 위쪽 방향 구속(1초) → 휴지(5초) → 아래쪽 방향 동작(2초) → 아래쪽 방향 구속(1초) → 휴지(5초)
오토다운 스위치	위쪽 방향 동작(2초) → 위쪽방향 구속(1초) → 휴지(5초) → 아래쪽 방향 동작(2초) → 휴지(5초)
윈도우락 스위치	동작(1초) → 휴지(5초)
도어락 스위치	동작(1초) → 휴지(5초)
폴딩 스위치 (푸쉬리턴 타입)	동작(1초) → 휴지(10초)
폴딩 스위치 (푸쉬락 타입)	동작(3초) → 구속 동작(1초) → 휴지(10초)

5.3 시험 장치

<표 4>와 <표 5>의 시험조건을 만족할 수 있는 작동내구시험기로 한다.

5.4 시험 방법

- a) 윈도우 스위치를 시험장치에 부착하고 실부하를 연결한다. 실부하를 연결할 수 없을 경우

의사부하를 연결한다.

- b) <표 5>의 시험조건으로 <표 6>과 같은 작동 순서로 실시한다.
- c) <표 6>의 순서로 시험을 실시한 후 <표 2>의 기본성능 시험을 확인한다.
- d) 상기 시험까지 완료된 윈도우 스위치를 상온조건에서 <표 5>의 조건으로 고장 발생 시 또는 <표 4>의 작동 횟수까지 계속 진행한다.

5.5 기록

- a) 온도 조건 및 작동 주기
- b) 각 단계별 기본성능 및 이상 유무 확인
- c) 수명 분석결과

<표 6> 윈도우 스위치의 각 기능별 작동 순서

구 분	작동 순서
매뉴얼 스위치, 오토다운 스위치	a) 상온조건에서 표 5의 조건으로 12,600회 실시한다. b) 고온조건에서 표 5의 조건으로 2,400회 실시한다. c) 저온조건에서 표 5의 조건으로 2,400회 실시한다. d) 상온조건에서 표 5의 조건으로 12,600회 실시한다.
도어락 스위치	a) 상온조건에서 표 5의 조건으로 25,200회 실시한다. b) 고온조건에서 표 5의 조건으로 4,800회 실시한다. c) 저온조건에서 표 5의 조건으로 4,800회 실시한다. d) 상온조건에서 표 5의 조건으로 25,200회 실시한다.
윈도우락 스위치, 폴딩 스위치 (푸쉬리턴 타입), 폴딩 스위치 (푸쉬락 타입)	a) 상온조건에서 표 5의 조건으로 6,300회 실시한다. b) 고온조건에서 표 5의 조건으로 1,200회 실시한다. c) 저온조건에서 표 5의 조건으로 1,200회 실시한다. d) 상온조건에서 표 5의 조건으로 6,300회 실시한다.

6. 신뢰성 샘플링 이론적 배경

와이블 분포에서 샘플수는 다음과 같다.

$$n \geq \frac{\chi_b^2 [2(C+1)]}{2F(t)} \tag{1}$$

여기서 n : 샘플수
 $\chi_b^2 [2(C+1)]$: 카이제곱 분포

b : 소비자 위험(2중 오류)

C : 합격 판정 개수

$F(t)$: 누적 고장률

B_{100p} 수명을 보증할 경우 위치모수가 0 이고, 누적 고장률이 적을 때(20% 이하) 누적 고장률은 식 (2)와 같고 샘플수는 식 (3)과 같다.

$$F(t) = \left[\frac{t \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)}{MTTF} \right]^\beta = \left[\frac{t \cdot \ln(1-p)^{-\frac{1}{\beta}}}{B_{100p}} \right]^\beta \quad (2)$$

$$n \geq \frac{\chi_b^2 [2(C+1)]}{2 \left(\frac{t}{B_{100p}} \right)^\beta \cdot \ln(1-p)^{-1}} \quad (3)$$

여기서

t : 시험 시간

$\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$: 감마 함수

β : 형상모수

$MTTF$: 평균수명

p : 불신뢰도 (B_{10} 수명이면 $p = 0.1$)

B_{100p} : 보증 수명

이때 샘플수는 시험시간(보증하고자하는 B_{100p} 수명과의 비)과 형상모수, 신뢰수준, 합격 판정개수에 의하여 정하여진다. 또한 샘플수를 정하고 이에 대한 시험시간을 정할 수도 있다.

$$\frac{t}{B_{100p}} \geq \left[\frac{\chi_b^2 [2(C+1)]}{2 \cdot n \cdot \ln(1-p)^{-1}} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

무고장인 경우($C = 0$)에는 $\chi_b^2 [2] \doteq -2 \ln(b) = -2 \ln(1-CL)$ 이므로

$$n \geq \frac{\ln(1-CL)}{\left(\frac{t}{B_{100p}} \right)^\beta \cdot \ln(1-p)} \quad (5)$$

$$\frac{t}{B_{100p}} \geq \left[\frac{\ln(1-CL)}{n \cdot \ln(1-p)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (6)$$

여기서 CL : 신뢰수준 .

와이블 해석을 하려면 5개 이상의 데이터가 필요하다. 본 규격에서는 샘플수는 6개로 가정한다. 와이블 분포에서 형상모수를 1로 가정하고, 신뢰수준 90%, 샘플수가 6개이면 무고장 시험시간은 다음과 같다.

$$\frac{t}{B_{10}} \geq \left[\frac{\ln(1-0.9)}{6 \cdot \ln(1-0.1)} \right]^{\frac{1}{1}} \approx 3.64$$

즉, 6개의 샘플로 보증하고자 하는 B_{10} 수명의 3.64배 시험을 하여 6개 모두 고장이 없으면 B_{10} 수명을 90%의 신뢰수준으로 보증할 수 있다.

본 기준에서는 수명 데이터로부터 형상모수를 추정하므로 고장이 발생할 때까지 시험을 하여야 하며 추정된 형상모수가 1이 아닐 경우 식 (6)을 이용하여 시험시간을 다시 계산하고, 6개의 수명 데이터가 모두 시험시간을 초과할 경우에 신뢰수준 90%로 B_{10} 수명을 보증한다. 샘플수가 6개, 신뢰수준 90%일 때 형상모수와 무고장 시험시간과의 관계는 해설서 <표 7>와 같다.

<표 7> 형상모수와 무고장 시험시간과의 관계

형상모수	시험 시간 (보증하고자하는 B_{10} 수명과의 비)
1	3.64
2	1.91
3	1.54
4	1.38

7. 결 론

근래 자동차 시장은 일본에서 생산되는 고급 브랜드와 중국에서 생산되는 싼 자동차로 신뢰성이 좋은 차만이 살아남는 실정이다. 이에 각 자동차 회사는 경쟁적으로 자동차의 품질은 물론 신뢰성 개선에도 전략을 다하고 있다. 이에 본 연구에서는 모든 자동차에 들어가는 윈도우 스위치에 대한 신뢰성평가기준을 정리하였다. 자동차용 윈도우 스위치는 자동차 윈도우 창문의 개폐 기능, 윈도우 창문 잠김 기능, 도어 잠김 기능, 사이드미러 폴딩 기능을 담당하는 중요 부품으로 운전자가 직접적으로 사용하는데 편리성을 주지만 일단 문제점이 발견되면 소비자에게 큰 불만을 야기한다. 이에 본 연구에서는 신뢰성인증을 위해 기본성능 평가기준, 내환경성 평가기준 및 수명시험 평가기준을 마련하였다. 기본성능 시험항목으로는 조작력 시험, 점접전압강하 시험, 절연저항 시험, 스위치 작동전압 시험, 스위치 작동기능 시험이 있으며, 이들 각각에 대한 시험기준을 마련하였고, 내환경성 항목으로는 내마모성 시험, 내광성 시험,

진동 시험, 내약품성 시험, 열충격 시험, 내수성 시험, 복사방출 시험, 전도방출 시험, 흡수제 장착실 시험, 전원선 전도내성 시험, 정전기 시험이 있으며, 이들에 대해서도 시험기준을 마련하였다. 마지막 수명시험으로 고장모드와 메커니즘을 분석하고, 그 결과를 설계에 반영하여 신뢰성 있는 부품 설계 및 제조에 기여할 수 있도록 하였다. 하지만 기본성능 시험의 경우 시료수가 12개, 내환경성 시험의 경우 시료가 2개, 수명시험의 경우 시료가 6개로 한정되어 있고 수명분포로 와이블분포를 가정하고 있다. 하지만 현실적으로 시료의 수가 더 적을 수 있으며, 아이템의 수명이 와이블분포가 아닌 로그정규분포 등의 다른 분포를 따를 수 있다. 이런 경우 신뢰성인증기준이 어떻게 바뀌어야 하는지 추후 연구에서 살펴보고자 한다.

참고문헌

- [1] KS A 0006 (2001), 시험장소의 표준상태.
- [2] KS B 5549 (1993) 크세논 아크 램프식 내광성 및 내후성 시험기
- [3] KS C CISPR 16-1 (2004), 전기 자기 장애·내성 측정 장비 및 측정 방법 - 제1부 : 전기 자기 장애 및 내성 측정 장비.
- [4] KS C CISPR 25 (2004), 차량용 수신기 보호를 위한 전기자기 장애 특성 측정 방법 및 측정의 한계값.
- [5] KS D 9502 (2009), 염수분무 시험방법.
- [6] KS K 0911 (2007) 변퇴색용 표준 회색 색표.
- [7] KS K 1450 (2010) 먼 범포
- [8] KS R 0015 (2001) 자동차 부품의 내습 및 내수 시험방법.
- [9] KS R 1063 (2005) 자동차 부품의 먼지 시험 통칙.
- [10] KS R ISO 11452-2 (2002) 도로 차량-협대역의 전자기 에너지 방사에 의한 전기 외란-부품 시험 방법-제2부 : 흡수제 장착실.
- [11] KS R ISO 7637-2 (2004) 도로 차량 - 전도성, 결합성 전기 장애 - 제2부 : 24V용 상용 차량 - 전원선에서의 과도 전도.
- [12] KS R ISO 7637-3 (2004) 도로 차량 - 전도성, 결합성 전기 장애 - 제3부:12V, 24V용 차량 - 전원 공급선 이외의 전선을 통한 유도성 및 용량성 결합에 의한 과도 전송.
- [13] ISO 7637-1 (1990) Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12V supply voltage - Electrical transient conduction along supply lines only.
- [14] ISO/TR 10605 (1994) Road vehicles - Electrical disturbances from electrostatic discharges.