

자동차용 와이퍼 모터의 신뢰성평가기준

최만엽*, 신외경*, 정해성**, 백재욱***

자동차부품연구원 기업지원신뢰성본부*,
서원대학교 멀티미디어공학과**,
한국방송통신대학교 정보통계학과***

Reliability Assessment Criteria of Wiper Motor for Automobiles

Man yeop Choi*, Wae Gyeong Shin* , Hai Sung Jeong**, Jaiwook Baik***

Reliability Division, Korea Automotive Technology Institute * ,
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ. **,
Dept. of Information Statistics, Korea National Open Univ. ***

Abstract

Wiper motors are used in every automobile. They are exposed to a very diverse environment and consists of several components and, therefore needs careful approach to the enhancement and assessment of reliability of the item. In this article reliability standards for wiper motors are established in terms of quality certification test and failure rate test.

Key word : wiper motor, quality certification test, basic performance assessment criterion, environmental test, life assessment test, Weibull distribution

1. 서 론

자동차의 신뢰성 향상이 각 방면으로부터 강하게 요구되고 있고, 특히 자동차용 와이퍼 모터는 각종 복합 환경조건 하에서 운전자의 시계 안전성을 확보하기 위한 안전 부품으로 신뢰성평가가 요구된다. 와이퍼 모터의 고장을 발생시키는 요인은 온도, 분진, 진동, 과부하, 브러쉬 마모 등 여러 가지의 스트레스를 포함하고 있다. 이 때문에 와이퍼 모터의 신뢰성 시험방법의 확립은 와이퍼 모터뿐만 아니라 와이퍼 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위해서도 필요하다. 이에 본 논문에서는 와이퍼 모터의 신뢰성을 평가하기 위한 시험방법과 신뢰성 평가기준을 제시한다.

2. 일반사항

2.1 적용범위

이 기준은 승용차용 와이퍼 시스템에 사용하는 와이퍼 모터(이하 와이퍼 모터라 함)의 신뢰성평가시험방법에 대해 규정한다. 단, 와이퍼 모터에 포함되어 있는 전자제어장치는 이 기준에서 제외한다.

2.2 인용규격

인용되는 규격은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

2.3 용어의 정의

- a) 정격 전압 제조자에 의해 제품에 지정된 전압을 의미하며, 작동하기 위한 규정된 전압으로서 AC 및 DC 전압으로 표시하고, Volt [V] 단위로 나타낸다.
- b) 구속 토크 정격전압 및 상온에서 모터축 또는 최종회전축에서 발생되며 최소 1초 이상 지속되는 최대 토크값을 말한다.
- c) 정격 토크 와이퍼 모터 제조자들이 공칭하는 연속사용이 가능한 부하토크, 단위는 (N · m) {kgf · cm}로 표시한다.
- d) 정격 전류 정격토크 인가시 모터에 유입되는 전류를 의미하며, 정격전류의 표기는 “I(전류)”로 표시하고 Ampere [A] 단위로 나타낸다.

- e) 자동 정지 와이퍼 스위치를 개방했을 때 모터 축이 항상 일정한 위치에서 자동적으로 정지하는 것을 말한다.
- f) 지정 인수·인도 당사자간의 협정에 따라 정하는 것을 의미한다.
- g) 복사 방출 전장품에서 불필요하게 발생하는 복사성 전자파 방출량 측정을 의미하며, 다른 전장품간의 간섭 영향을 평가하기 위한 시험으로 단위는 (dB μ V/m)로 표시한다.
- h) 전도 방출 전장품에서 불필요하게 발생하는 전도성(입출력 단자 및 전원단자) 전자파 방출량 측정을 의미하며, 다른 전장품간의 간섭 영향을 평가하기 위한 시험으로 단위는 (dB μ V)로 표시한다.

2.4 와이퍼 모터의 일반사항

2.4.1 와이퍼 모터의 종류

이 기준에서 와이퍼 모터의 종류, 부속 장치, 그 기호 및 구조는 특별한 지정이 없는 한 KS R 5032(1977)에 따른다.

2.4.2 와이퍼 모터의 구조 및 외관형태

시험시 와이퍼 모터 각부의 상태는 특별한 지정이 없는 한 KS R 5032(1977)의 규정에 따르고, 외관은 양호하고, 흠, 울퉁불퉁함, 휨, 비틀림 등의 해로운 결점이 없어야 한다.

2.4.3 시험실 상태

시험실 환경은 특별히 지정되지 않은 경우 KS A 0006(2001)의 상온((5~35)℃), 상습((45~85)%)으로 한다.

2.4.4 전압

공칭전압 및 시험전압은 특별한 지정이 없는 한 KS R 5032(1977)에 따른다.

2.4.5 기록

모든 평가기록은 다음 사항을 포함하여 작성한다.

- a) 해당 부품 형식(제조사 명, 형식 번호, 로트 번호)
- b) 시험 일자
- c) 시험 장소

- d) 시험자
- e) 시험실 온도
- f) 시료의 수량
- g) 시험 장비의 교정일자
- h) 시험의 내용을 파악할 수 있는 사진
- i) 시험 결과 및 각부 관찰 결과

2.5 신뢰성인증시험

신뢰성인증시험은 기본성능평가시험과 내환경성시험, 고장률시험(수명평가시험)으로 구분된다. 품질인증시험은 기본성능평가시험으로 구성되며, 품질인증시험에 합격한 제품에 한해 수명평가시험을 실시한다.

2.5.1 기본성능평가시험

와이퍼 모터는 <표 1>의 기본성능평가기준을 만족해야 한다. 이때 와이퍼 모터의 회전수에 대한 규정은 다음과 같다.

<표 1> 기본성능평가기준

시험 항목	시험 방법	평가 기준	샘플수
1. 전기적 성능시험	3.1	제품의 유해한 이상이 없어야 하며, 지정된 성능을 만족하거나 지정된 기준이 없는 경우 KS R 5032(1977)에 따른다.	전수 ⁽¹⁾
2. 절연저항 시험	3.2	DC 500V 절연 저항계로 10MΩ이상이어야 한다.	4
3. 소음 시험	3.3	무부하 작동시 특별히 지정되지 않은 경우에는 저속작동시 55dB(A) 이하, 고속 작동시 60dB(A) 이하이어야 한다.	전수 ⁽¹⁾

주⁽¹⁾ : 신뢰성평가에 필요한 총 시료 수

- a) 무부하 회전수 특별한 지정이 없는 경우에는 KS R 5032(1977)에 따른다.
- b) 부하 회전수 자동차 안전 법규인 FMVSS 571.104(2006)에 따라 실차 부하작동시의 회전속도는 고속시 최소 45사이클/min 이상이어야 하며 저속시는 최소 20사이클/min 이상이어야 한다. 이때 고속과 저속의 회전속도차는 15사이클/min 이상이어야 한다.

2.5.2 내환경성

기본성능평가지험에 합격한 제품에 한하여 내환경성 평가시험을 실시하며, 이때 <표 2>의 평가기준을 만족해야 한다.

<표 2> 내환경성 평가 기준

시험항목	시험방법	평가기준	샘플수
1. 내식성 시험	4.1	시험 후 외형상 적청 발생이 없고 전기적 성능 및 소음측정값이 지정된 기준을 만족해야 한다. 시험 중 또는 시험 후 물이나 염분이 침투하지 않아야 한다.	4
2. 진동 시험	4.2	진동시험 후 정상 작동해야 하며 3.1, 3.3을 만족해야 한다. 와이퍼 모터의 균열, 변형, 파손, 느슨함 등의 유해한 이상이 없어야 한다.	4
3. 내수성 시험	4.3	시험 후 모터 내부에 물이 스며들어가서는 안 되며 작동상의 이상이 없어야 한다. 시험 후 상온·상습에서 24시간 방치후 3.1, 3.3을 만족해야 한다.	4
4. 구속내구 시험	4.4	시험 중 화재발생이 없어야 한다.	4
5. 온도사이클 시험	4.5	시험 후 정상 작동해야 하며 전기적 성능 및 소음측정값이 지정된 기준을 만족해야 하고 외형상 변형, 균열 및 구성품들의 헐거움이 없어야 한다.	4
6. 고온 및 저온 작동 시험	4.6	시험 후 정상 작동해야 하며 전기적 성능 및 소음측정값이 지정된 기준을 만족해야 하고 외형상 변형, 균열 및 구성품들의 헐거움이 없어야 한다.	4
7. 분진 시험	4.7	시험 후 기능상 문제를 유발시키는 부위에 시멘트가 루가 침투되어서는 안 되며 작동상의 이상이 없어야 한다(전기적 성능 및 소음측정값이 지정된 기준을 만족해야 함).	4
8. 복사 방출 ⁽²⁾	4.8	KS C CISPR 25(2002) 표 10의 등급 3을 만족해야 한다.	2
9. 전도 방출 ⁽²⁾	4.9	KS C CISPR 25(2002) 표 6의 등급 3을 만족해야 한다.	2

주⁽²⁾ : 전자파 시험은 지정된 경우에 실시한다.

2.5.3 수명평가지험

기본성능평가지험을 만족하는 6개 이상의 시료에 대해 5절의 수명평가지험을 실시하고 <표 3>의 수명을 B_{10} , 신뢰수준 90%로 보증한다.

<표 3> 보증수명

작동회수 (신뢰수준 90%, B_{10})		보 증 수 명
앞 유리 와이퍼 모터	뒷 유리 와이퍼 모터	
1,500,000회 이상	750,000회 이상	10년 또는 160,000 km

3. 기본성능평가지험

와이퍼 모터의 기본성능평가지험으로는 전기적 성능시험, 절연저항시험, 소음시험, 전자파 시험을 들 수 있으며, 이는 초기 불량상태를 점검하기 위한 시험으로 샘플링 된 모든 시험품에 해당되는 시험으로 신뢰성 시험 전후 실시해 성능열화를 점검하는 기준으로 삼는다.

기본성능평가지험 중 전기적 성능시험은 와이퍼 모터의 토크, 회전수, 전류 등이 기준에 적합하여 작동상 이상이 없는지 확인하는 시험으로 지정 사양에 명시되어 있는 조건 및 성능을 만족해야 하며, 기타 일반조건은 KS R 5032(1977)에 따르도록 하며 회전수에 대한 규정은 차량 안전 법규에 규정된 것을 따르도록 한다.

와이퍼 모터는 차량의 종류에 따라 그 형식이 다르고 부착위치도 다르다. 하지만 근래에는 일체형 형식으로 점차 변해가므로 절연저항시험은 이를 고려하여 외함과 전원선 사이에 캐패시터 등으로 접지되어 전원선의 마이너스선이 접지된 경우를 고려하여 실시하도록 한다. 모터 부분만을 떼어내어 평가하지 않아도 되는 품목일 경우는 샘플 모두를 시험하도록 한다. 평가기준 KS R 5032(1977)에 의하면 절연저항은 $1M\Omega$ 이상이 되어야 하지만 현재 생산되는 부품에서는 절연저항이 $10M\Omega$ 이상이 되어야 하므로 여기에서도 이 평가 기준을 따르도록 한다.

소음 시험은 국내 관련 업체의 규격을 검토한 결과 KS R 5032(1977) 규격을 크게 벗어나지 않았으므로 시험 방법 및 시험 조건은 저속일 경우 55dB이하로 지정하고 고속일 경우는 60dB이하로 지정한다.

와이퍼 모터의 전자파 시험은 전자제어 장치가 포함되어 있지 않을 경우에는 EMI 시험, 즉 방사 전자기 시험과 전도 전자기 시험만을 시행하고, 전자제어장치가 포함된 일체형일 경우에는 EMS, 즉 전자파면역성 시험을 포함한다. 본 기준에서는 일단 전자제어 장치부분은 제외시키는 것을 원칙으로 한다.

3.1. 전기적 성능 시험

3.1.1 시험 조건

- a) 토크 및 회전 속도 토크 및 회전수는 특별한 지정이 없는 한 KS R 5032(1977)에 따른다.
- b) 전류 사양에서 명시하는 요구 사항에 따른다.
- c) 모터 출력 특성은 10초 이내에 측정한다.
- d) 특별히 규정하지 않는 경우 상온상습의 냉시 조건에서 측정한다.

3.1.2 시험 장치

토크, 회전수 및 전류를 동시에 측정할 수 있고, 측정되는 특성의 허용오차를 충족시킬 수 있는 시험 장비를 사용한다.

3.1.3 시험 방법

- a) 시험시료와 성능 시험기를 준비한다.
- b) 모터 출력 특성은 10초 이내에 측정한다.

3.1.4 기록

- a) 모터의 출력특성
- b) 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능에 저해하는 현상

3.2 절연저항 시험

3.2.1 시험 목적

와이퍼 모터의 절연된 금속간의 절연 저항을 측정하기 위한 시험이다.

3.2.2 시험 조건

- a) 와이퍼 모터 절연시험을 위해 시험용 해당부품은 신규부품으로 한다.
- b) 시험을 위한 주위 온도는 상온조건에 따른다.

- c) 모터의 외함과 전원선 사이에 커패시터 등으로 접지되어 있거나, 전원선의 마이너스선이 접지된 경우에는 이를 제거하고 시험을 실시하는 것을 기본으로 하나, 이것을 제거하여 문제가 생기는 경우에는 당사자간의 협의에 따라 별도의 방법으로 실시한다.

3.2.3 시험 장치

DC 500V 절연저항계를 사용한다.

3.2.4 시험 방법

와이퍼 모터 절연시험의 방법은 다음에 따른다.

- a) 시료 밑바닥과 시료는 충분한 절연이 되어 있어야 한다.
- b) 전위를 걸고 약 1분~2분 경과하여 지침이 일정할 때 측정한다.
- c) 절연저항을 측정한다.
- d) 와이퍼 모터의 외함과 전원선을 측정한다.
- e) 시험 후 와이퍼 모터에 유해한 문제가 없어야 하고 절연저항은 10MΩ 이상이어야 한다.

3.2.5 기 록

- a) 시험 전압
- b) 절연 저항치

3.3 소음 시험

3.3.1 시험 조건

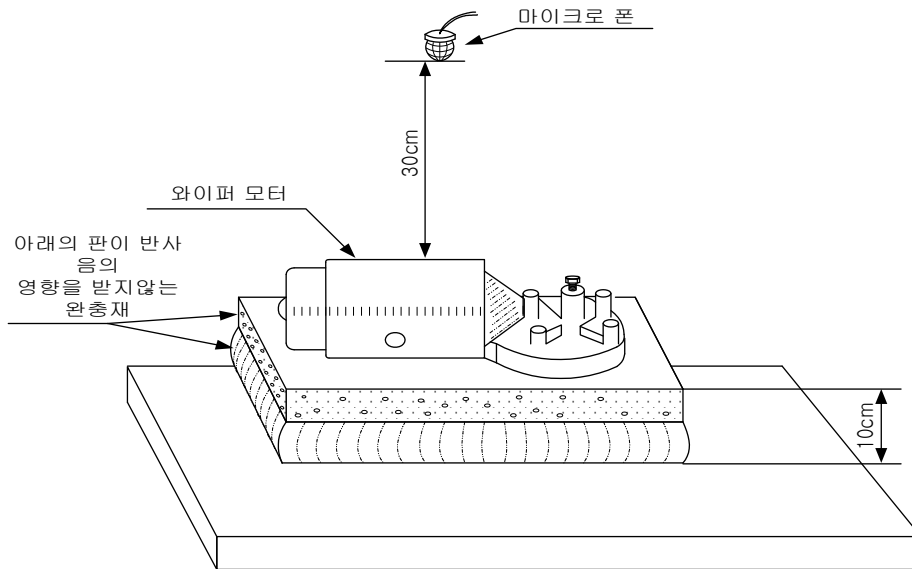
- a) 시료 조건
시료는 무부하에서 30분 동안 에이징(aging)을 실시한 후 상온 냉시 조건이어야 한다.
- b) 환경 조건
 - ① 시험 장소는 주위의 반사음에 대한 영향이 없어야 한다.
 - ② 측정 장소는 측정시료의 소음보다 10dB(A) 이상 소음레벨이 낮아야 한다.
- c) 측정 조건
 - ① 청감 보정회로는 A특성을, 소음계의 동특성은 빠름(Fast)을 사용한다.
 - ② 와이퍼 모터는 무부하 작동상태로 한다.

3.3.2 시험 장치

소음측정 장비는 주파수 및 소음레벨을 충분히 계측할 수 있는 장비이어야 한다. 마이크로 폰, 소음계, 무향실은 KS C 1502(2001)의 조건을 만족해야 한다.

3.3.3 시험 방법

- a) <그림 1>과 같이 와이퍼 모터는 바닥면으로부터 진동이 전달되지 않도록 100mm 두께의 스펀지 위에 놓고 와이퍼 모터와 마이크로폰 사이의 거리는 와이퍼 모터의 구동축에서 300mm 수직으로 이격시켜 장착한다.
- b) 와이퍼 모터를 무부하 상태로 작동한다.
- c) 와이퍼 모터의 고속 및 저속상태에서 소음을 측정한다.
- d) <그림 1>의 예시된 상태로 소음 측정시 특별한 지정이 없는 한 저속으로 작동했을 때에는 55dB(A) 이하이어야 하며, 고속으로 작동했을 때에는 60dB(A) 이하이어야 한다.



<그림 1> 소음측정 시험

3.3.4 기록

- a) 시험 전압
- b) 회전 속도
- c) 소음 측정치

4. 내환경성 평가시험

내환경성 평가시험은 각 시험 항목마다 시험 전후에 와이퍼 모터의 전기적 성능 및 소음 시험을 점검하는 것을 원칙으로 하며, 이때 지정된 기준을 만족해야 한다.

4.1 내식성시험

와이퍼 모터의 부식시험으로 염수분무시험을 말한다. 와이퍼 모터의 외부환경에 의한 부식정도로 고장이 발생할 우려가 있으므로 이 시험방법은 DIN 50021(1988), KS D 9502(2007), JIS C 0023(1999), SAE J903(1999)의 규격에 근거한다. 시험시간은 업체의 시료에 따라 48시간, 96시간, 144시간 등 조금씩 차이를 보이고 있었으며 본 기준에서는 96시간 염수분무 시험을 외형상 적청 발생 정도를 파악하고 연속하여 144시간까지 시험을 실시하여 와이퍼 모터의 부식정도로 작동상태의 여부를 확인하는 방법을 택한다. 또한 부품 업체에서는 복합부식사이클로 시험을 실시하는 경우도 있었으며 이는 부식 환경들이 다양하게 변화하는 것에 대한 대처방안으로 고려되며, 앞으로 보다 복잡한 환경을 고려한다면 복합부식 사이클로 점차 변화되어야 할 것으로 사료된다.

4.1.1 시험 조건

- a) 내식성 평가는 염수분무 시험에 의한다.
- b) 와이퍼 모터는 비작동상태로 시험을 실시한다.
- c) 총 염수분무 시험 시간은 특별한 지정이 없는 한 144시간으로 한다.

4.1.2 시험 장치

시험장치는 아래의 조건을 만족하는 염수분무 시험기를 사용한다.

- a) 분무실 온도 $(32 \pm 2)^\circ\text{C}$
- b) 노즐 수 $1/3$ (EA/m²) 이상
- c) 압축 공기 (100 ± 20) kPa
- d) PH 농도 $6.5 \sim 7.5$ ($(23 \pm 2)^\circ\text{C}$)
- e) 채취량 80 cm³ 당 (1.5 ± 0.2) ml
- f) 염 농도 5 wt%

4.1.3 시험 방법

- a) 염수분무 시험장치에 시험용 와이퍼 모터를 실차 부착 상태로 장착한다.
- b) 시험조건을 설정한다.
- c) 염수 96시간 분무 후 외형상 적청 발생이 없어야 한다.
- d) 연속하여 염수 144시간 분무 후 와이퍼 모터의 외관에 묻어있는 염분을 물로 씻어내고 상온에서 24시간 방치한 후 성능시험 및 소음시험을 실시한다.

4.1.4 기록

- a) 염수분무 조건
- b) 시험 온도 및 습도에 관한 사항
- c) 부식 상태
- d) 시험 전후 와이퍼 모터의 성능

4.2 진동시험

진동시험은 와이퍼 모터가 비작동상태에서 실시하도록 되어 있으며 이는 차량 장착 상태에서 비가 오거나 눈이 왔을 때에 주로 작동을 하게 되고, 그 외에는 정지 상태로 장착되어 있고 자동차의 움직임에 대하여 진동을 받게 된다. 이에 따라 고장이 발생할 가능성이 있으므로 진동내구시험이 필요하다고 판단된다. 완성차 업체에서의 규격은 시험방법에서는 크게 차이를 보이지 않았지만 평가방법 및 시험조건에서는 약간의 차이를 보였다. 시험은 사인(sine)파 형태로 시험을 하며 점차로 랜덤파 형태로 바뀌고 있는 추세이기는 하지만 본 기준에서는 부품업체에서 주로 사용하고 있는 JIS D 1601(1995) 또는 KS C 0240(1998)을 참고하고, KS C 0240(1998)의 규격에 따라 시험하도록 했다.

4.2.1 시험 조건

- a) 와이퍼 모터는 KS R 1034(2006)에서 4단계, 주파수 33Hz로 시험을 실시한다.
- b) 와이퍼 모터는 비작동상태로 한다.
- c) 치구는 공진이 발생하지 않도록 한다.

4.2.2 시험 장치

시험장치는 4.2.1의 시험조건을 만족할 수 있는 진동시험기로 한다.

4.2.3 시험 방법

시험방법은 다음에 따른다.

- a) 3.1, 3.3의 시험을 마친 시료를 진동시험기에 차량부착상태와 유사한 조건으로 부착한다.
- b) 시험조건에 따라 진동시험을 실시한다.
- c) 시험 중 외형상 변형, 균열 등을 점검한다.

4.2.4 기록

- a) 시험실 상태 및 진동의 진폭, 주파수
- b) 시험 종료 시까지의 진동횟수(또는 시험시간)
- c) 시험 후 외형관찰결과

4.3 내수성시험

내수성시험 방법은 부식에 대하여는 고려하지 않으므로 부식시험을 적용해서는 안 된다. 관련 업체의 규격에 따르면 수밀성 또는 내수성 시험으로도 표기한다. 왕복형 와이퍼 모터는 모터샤프트가 동일한 경우가 있고, 이때 와이퍼 모터 샤프트의 일부는 차 바깥에 노출되어 풍우에 견뎌야 하기 때문에 노출부는 방수구조로 되어야 한다. 제품에 따라 방수종류 및 보호등급이 표기됨에 따라 KS C 0904(2002)에 따른 ‘전기 기계 기구의 방수 시험 및 고형물의 침입에 대한 보호 등급’의 시험조건 및 시험방법에 따르도록 규정한다. 이 시험이 완료된 후 작동상의 문제가 발생하는 경우에는 모터 내부에 물이 스며들어간 것으로 간주하고 모터 내부를 열어보아야 한다.

4.3.1 시험 조건

- a) 시료는 3.1, 3.3의 시험을 마친 시료를 사용한다.
- b) 시험 조건은 KS R 0015(2001)에 따른다.
- c) 와이퍼 모터는 비작동 상태로 한다.

4.3.2 시험 장치

상기 시험조건에 따라 시험할 수 있는 내수 시험 장치이어야 한다.

4.3.3 시험 방법

- a) 시료를 차량 부착 상태와 유사한 조건으로 부착한다.
- b) 시험조건에 따른 내수 시험을 실시한다.
- c) 내수성 시험 후 연속해서 와이퍼 모터를 상온, 상습에 24시간 방치 후 전기적 성능 및 소음특성을 측정한다.
- d) 시험 후 작동상의 이상이 발생되면 모터 내부를 분해하여 확인한다.

4.3.4 기록

- a) 방수 보호 등급 및 시험 조건
- b) 시험 전후의 와이퍼 모터의 성능특성 및 소음특성
- c) 수분침투 유무

4.4 구속내구시험

구속내구시험은 모터를 구속시킨 후 작동했을 때 모터에 이상이 없어야 하며 시험 중 화재발생이 없어야 한다. SAE J903(1999)에서는 저온 및 고온 분위기에서 15초 구속시키는 시험으로 이는 모터의 단품시험이 아니라 와이퍼 시스템 상에서의 시험방법 및 시험조건이다. 부품업체에서의 구속시험은 업체별로 시험조건과 시험방법이 차이가 있었으므로 모터에 써모 스위치의 유무에 따라 시험시간을 달리 했으며 써모 스위치가 없는 것은 (10~15)분 이상 구속하게 되면 모터가 파손될 우려가 있었으며 써모 스위치가 있는 경우는 24시간이상 구속해도 상관이 없었다. 온도조건은 상온에서 시험하며, 이때의 평가기준은 시험 중 외부에 화재발생이 없어야 한다.

4.4.1 시험 조건

- a) 써모 스위치(Thermo Switch) 없는 것은 10분~15분 동안 구속시킨다.
- b) 써모 스위치 있는 것은 24시간 구속시킨다.
- c) 온도조건은 상온으로 한다.
- d) 시험용 부품은 신규부품으로 한다.

4.4.2 시험 장치

시험장치는 규정된 전압을 인가하고 와이퍼 모터의 축을 구속할 수 있는 시험 장치를 사용한다.

4.4.3 시험 방법

- a) 3.1, 3.3의 시험을 마친 시료를 시험장치에 장착한다.
- b) 시험조건에 따라 전원을 인가하고 와이퍼 모터의 출력축을 구속한다.
- c) 시험 후 시료의 소손상태를 확인한다.
- d) 시험 중 외부에 화재발생 유무를 관찰한다.

4.4.4 기록

- a) 시험 전압 및 전류 특성치
- b) 구속 상태 및 구속시간
- c) 시험 후의 상태

4.5 온도사이클 시험

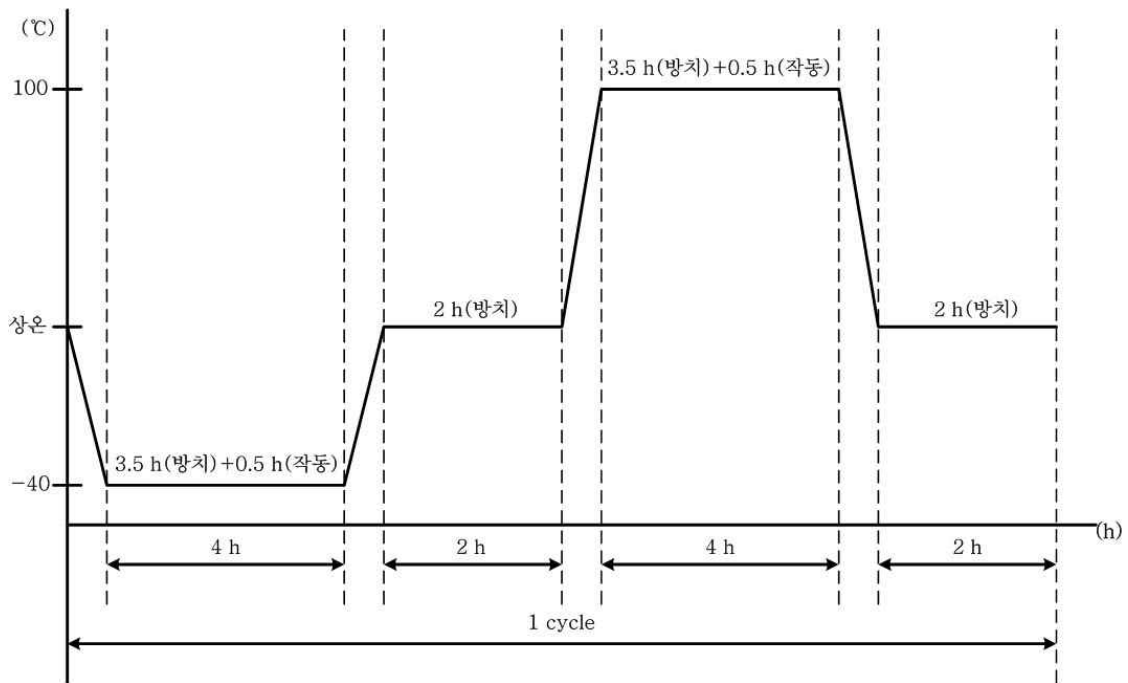
와이퍼 모터가 반복적으로 변화하는 온도 분위기에서 와이퍼 모터를 정지 및 작동시켰을 때의 특성을 확인하여 모터 내부의 전기적 소자의 고장을 알아보기 위한 시험이다. 이 시험에 대해서 JASO D001(1994)의 온도사이클 시험을 참고하면 저온에서 2시간 방치, 고온에서 2시간 작동하는 시험이며, 온도사이클 시험은 A사와 D사에서만 실시했으며 이 경우에는 방치시험에 지나지 않았다. 그래서 워킹그룹 회의를 통하여 D사의 경우를 참조하고 일부 작동조건을 부가하여 방치 후 그 온도 분위기에서 30분 무부하 작동조건으로 한다면 고온 및 저온 상태에서의 작동상태를 점검할 수 있을 것으로 판단하여 시험방법을 일부 변경했다.

4.5.1 시험 목적

반복적으로 변화하는 온도 분위기 중에서 와이퍼 모터를 방치 및 작동시키는 경우에 모터 내부의 전기적 소자의 고장을 알아보기 위한 시험이다.

4.5.2 시험 조건

- a) 사이클 수 : 10사이클
- b) 사이클 구성은 <그림 2>와 같이 (-40±3)℃에서 4시간(3.5시간 방치+0.5시간 작동), 상온에서 2시간(방치), (100±2)℃에서 4시간(3.5시간 방치+0.5시간 작동), 상온에서 2시간(방치)을 1사이클로 한다.
- c) 온도 변화 : (2~5)℃/min 이내로 한다.
- d) 작동 상태 : 고온에서는 고속작동, 저온에서는 저속작동으로 한다.
- e) 부하 조건 : 무부하 조건



<그림 2> 온도사이클 구성

4.5.3 시험 장치

시험장치는 상기 온도조건에서 온도사이클이 가능한 시험장치와 모터 성능시험이 가능한 장비를 같이 사용한다.

4.5.4 시험 순서

- a) 시료는 3.1, 3.3의 시험을 마친 시료를 준비한다.
- b) 시료를 시험조에 넣고 시험사이클 조건을 맞춘다.
- c) 시험조건에 따라 사이클 시험을 실시한다.
- d) 시험 완료 후 시료를 떼고 파손의 상태 및 그 위치를 조사한다.
- e) 시료가 정상상태에서 와이퍼 모터의 전기적 성능 및 소음시험을 측정한다.
- f) 전기적 성능 및 소음측정값이 도면에 표시된 값을 만족하는지 확인하다.

4.5.5 기록

- a) 시험 전압
- b) 와이퍼 모터 작동조건 및 작동상태

4.6 고온 및 저온 작동시험

와이퍼 모터의 경우 특별히 비 또는 눈이 오지 않을 경우에는 자동차가 운전 중에도 방치되어 있게 된다. 와이퍼 모터가 엔진룸에 부착된 경우 엔진룸의 온도에 영향을 받기도 한다. 이때의 상황을 고려하여 고온 및 저온상태에서 시험품은 방치 후 작동하도록 하는 시험이다. JASO D001(1994)에 따르면 보통 전장부품의 온도 방치 및 작동 범위는 (-40~120)℃ 범위임을 알 수 있다. 그리고 MIL규격에 따르면 저온이 -29℃, 고온이 100℃의 조건이다. 그러나 업체규격에 따르면 와이퍼 모터는 저온에서는 -30℃까지, 고온에서는 엔진룸 내부에 부착될 경우에는 80℃, 그 외의 경우에는 55℃에서 시험을 하고 있으므로, 이를 종합하여 저온일 경우에는 -30℃에서 시험을 실시하고 고온일 경우에는 55℃에서 시험을 실시한다. 엔진룸에 부착된 경우에는 80℃에서 시험을 실시한다.

4.6.1 시험 조건

a) 고온작동 시험 조건

- ① 시험 온도 (55±2)℃ 또는 (85±3)℃ (엔진룸 장착의 경우)
- ② 방치 시간 4h
- ③ 작동 시간 30min
- ④ 작동 상태 고속작동
- ⑤ 부하 조건 정격부하 조건

b) 저온작동 시험 조건

- ① 시험 온도 (-30±3)℃
- ② 방치 시간 4h
- ③ 작동 시간 30min
- ④ 작동 상태 저속작동
- ⑤ 부하 조건 정격부하 조건

4.6.2 시험 장치

시험 장치는 시험온도 조건과 부하조건을 만족시킬 수 있는 시험 장치를 사용한다.

4.6.3 시험 방법

- a) 지정성능에서 제시하는 부하 특성표의 시험전압 및 부하에 의해 시험을 준비한다. 이때 요구사항인 회전수 및 전류는 부하 특성표를 따른다.

- b) 시료를 항온조에 넣고 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 또는 $(85 \pm 3)^\circ\text{C}$ 까지 $(2 \sim 5)^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 온도를 상승시킨다.
- c) 시험온도에서 4시간 이상 방치한 후 정격부하조건으로 와이퍼 모터를 30분 고속작동시킨다.
- d) 시험이 완료된 후 실온에 꺼내어 4시간 이상 방치한 후 3.1, 3.3을 측정한다.
- e) 시료를 떼고 파손의 상태 및 그 위치를 조사한 후 이상이 없으면 a)상태로 준비한다.
- f) 시료를 항온조에 넣고 $(-30 \pm 3)^\circ\text{C}$ 까지 $(2 \sim 5)^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 온도를 내린다.
- g) 시험온도에서 4시간 이상 방치한 후 정격부하, 저속작동상태에서 와이퍼 모터를 30분 동안 작동시킨다.
- h) 시험이 완료된 후 실온에 꺼내어 4시간 방치한 후 3.1, 3.3을 측정한다.
- i) 시험 후 와이퍼 모터는 정상 작동해야 하며, 전기적 성능 및 소음측정값이 도면에 표시된 값을 만족해야 하고, 외형상 변형, 균열 및 와이퍼 모터의 구성품들의 헐거움이 없어야 한다.

4.6.4 기록

- a) 작동상의 이상 유무
- b) 토크, 회전수, 전류, 효율특성
- c) 분위기 조건

4.7 분진시험

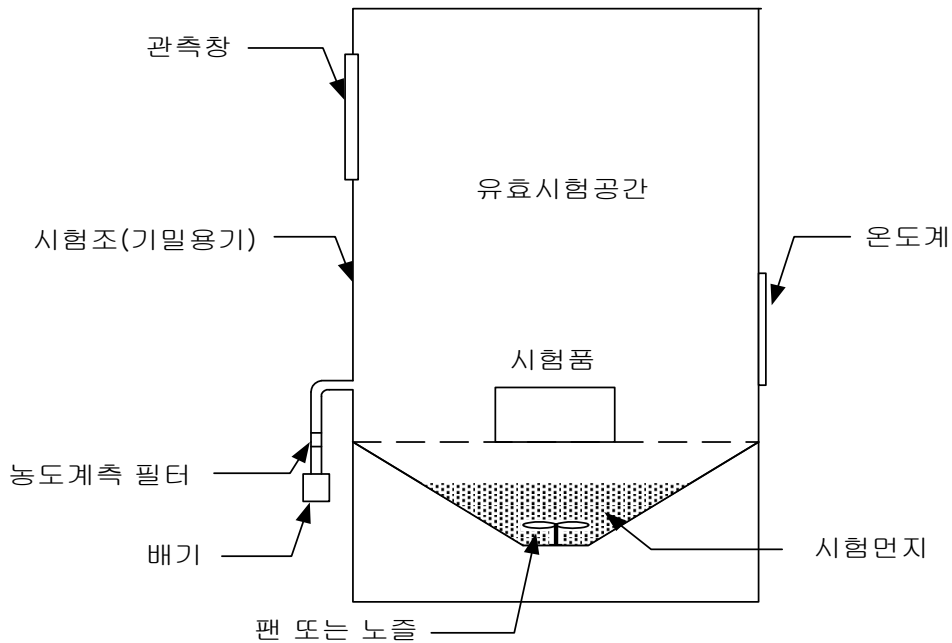
분진시험은 DIN 40046-721(1997), KS R 1063(2005), SAE J575(2007)의 국제 및 국내 규격에 규정되어 있다. 와이퍼 모터의 경우 기존 부품업체에서는 이를 시험항목에 포함하지 않았다. 하지만 모터가 외부환경에 노출되어 여러 가지 먼지 분자들이 이의 작동에 영향을 주리라 판단되므로 분진 시험항목을 포함시킨다. 분진은 SAE J575(2007)에 규정된 시멘트 가루를 선정했고, 시험장치 및 시험방법은 KS R 1063(2005)을 참고하여 채택했다.

4.7.1 시험 조건

- a) SAE J575(2007)에 의한 미세한 시멘트가루 4kg을 공기압 또는 팬 등으로 먼지가 시험조 내에서 거의 균일하게 되도록 교반한다.
- b) 분진실 크기는 91cm×91cm×91cm를 기준으로 한다.
- c) 교반 주기는 5분마다 한번씩 5초 동안 섞는다.
- d) 상기 조건으로 모터를 무부하 상태에서 2시간 시험한다.

4.7.2 시험 장치

시험 장치는 KS R 1063(2005)에 따른 <그림 3>과 같은 분진시험기를 사용한다.



<그림 3> 분진 시험 장치

4.7.3 시험 방법

- a) 와이퍼 모터의 부착은 실차 장착상태와 동일한 상태로 한다.
- b) 시료를 분진시험기에 넣고 상기 조건으로 무부하 상태에서 2시간 시험을 실시한다.
- c) 시험종료 후 회전수 및 전류, 토크값을 측정한다.
- d) 시료를 떼고 모터의 열화상태 및 그 특성을 조사한다.
- e) 시험 후 기능상 문제를 유발시키는 부위에 시멘트 가루가 침투되었는지 확인한다.

4.7.4 기록

- a) 분진 조건
- b) 시험 온도 및 습도에 관한 사항
- c) 분진 침투 유무 및 그 개소 파악
- d) 시험 전후의 성능특성 및 소음특성

4.8 복사 방출 시험

4.8.1 시험 조건

- a) 시험 주파수 150kHz ~ 1 000MHz
- b) 시험실 온도 (23±5)℃
- c) 상대 습도 30%~60%

4.8.2 시험 장치

KS C CISPR 16-1(2002)에 따른다.

4.8.3 시험 방법

KS C CISPR 25(2002)에 따른다.

4.8.4 기 록

- a) 시험 전압, 시험 온습도
- b) 측정 결과

4.9 전도 방출 시험

4.9.1 시험 조건

- a) 시험 주파수 150kHz ~ 1 08MHz
- b) 시험실 온도 (23±5)℃
- c) 상대 습도 30%~60%

4.9.2 시험 장치

KS C CISPR 16-1(2002)에 따른다.

4.9.3 시험 방법

KS C CISPR 25(2002)에 따른다.

4.9.4 기록

- a) 시험 전압, 시험 온습도
- b) 측정 결과

5. 수명평가지험

이 시험은 수명 예측을 위한 것으로 가장 중요한 시험이라고 할 수 있다. 국제 SAE J903(1999) 규격에서는 와이퍼 시스템 상에서 작동 와이핑 사이클 1,500,000회를 실차 장착 상태에서 작동하도록 되어있다. 이는 강우에 대한 와이핑 사이클로 추정된다. 국내 업체에서도 보통 총 1,500,000회 와이핑 사이클을 작동시켜 규정된 기준을 만족해야 하는 시험을 한다. 국내 B사에서는 정격부하 상태에서 480시간 동안 스노우 로드 시험, 동결 록(lock) 시험, 아이스 로드 시험, 건조상태와 습윤상태 시험(dry and wet load test)을 시간별로 설정하여 모터 속도도 저속, 고속, 간헐 작동조건으로 하는 등 복합적 시험을 실시한다. C사의 경우 총 1,750,000회 작동회수를 작동한다. 이러한 시험은 주로 와이퍼 시스템을 시뮬레이션으로 실시하고 있다. 따라서 본 기준에서는 와이퍼 모터의 단품으로만 수명시험을 구상했으며, 위의 세 경우 모두 모터가 받는 스트레스상태를 고려하여 고속, 저속 및 간헐작동조건으로 축약했다. 이를 위해서 C사의 시험에서처럼 모터의 부하조건 및 회전수를 감지하도록 하여 실제 작동회수만큼 모터를 작동시키고자 했다.

결론적으로 강우의 경우 1,500,000회, 강설의 경우 100,000회, 아이스로드의 경우 150,000회를 모두 합쳐 1,750,000회를 작동시험 했다.

5.1 시험조건

시험조건은 다음과 같다.

- a) 모터작동 조건은 지정 조건에 따르는 것을 원칙으로 하며 일반적인 부하조건은 저속 작동상태에서는 과부하토크, 고속작동상태에서는 정격토크로 한다(도면에 표기된 값의 조건).
- b) 항온조 조건은 상온, 상습 또는 지정조건에 따른다.
- c) 모터 작동조건 : (6 ± 1) 분 작동, 6초 휴지

5.2 시험 장치

와이퍼 모터에 시험조건에 따라 부하조건을 인가할 수 있는 장치로 한다.

5.3 시험 방법

- a) 3.1, 3.3의 시험한 시료를 시험장치에 부착한다.
- b) 와이퍼 모터 시험 장치를 안착하고 항온조 온도를 시험하고자 하는 조건으로 설정한다.
- c) 와이퍼 모터를 해당규정의 작동 조건에 따라 도면에서 제시하는 전압 및 부하로, 저속 작동 상태에서 10000회 작동 후 고속작동 상태에서 75000회 작동한다.
- d) 저속 및 고속 작동조건은 3.1의 조건에 따라 실시한다.
- e) 앞 유리 와이퍼 모터가 저속이나 고속 중 1개의 속도 조절기능만을 가지고 있을 때는 도면에서 제시하는 전압, 작동 부하로 (6 ± 1) 분 작동, 6초 휴지 조건으로 175,000회 작동한다.
- f) 뒷 유리 와이퍼 모터는 도면에서 제시하는 전압, 작동 부하로 (6 ± 1) 분 작동, 6초 휴지 조건으로 75, 000회를 작동한다.
- g) 시험 후 3.1 및 3.3의 시험을 실시한다.
- h) 시험 후 작동상의 이상이 없어야 한다.
- i) 위의 내구시험 후 신뢰수준 90 %에서 <표 3>의 시험보증 작동회수 이상의 B_{10} 수명을 보증할 수 있는 시간까지 a)~h) 순서로 시험을 실시한다.

5.4 기록

- a) 시험 전압
- b) 시험 온도 및 습도에 관한 사항
- c) 토크, 회전수, 전류, 효율특성.
- d) 와이퍼 해석 결과 B_{10} 수명(작동회수)

6. 수명평가지험의 이론적 배경

와이퍼 분포에서 소비자 위험(2종 오류)이 β , 합격판정개수가 c 일 때 샘플수 n 은 다음과 같다.

$$n \geq \frac{\chi_{\beta}^2 [2(c+1)]}{2 F(t)} \quad (1)$$

B_{10} 수명을 보증할 경우 위치 모수 $\mu = 0$ 이고 누적 고장률이 적을 때(20% 이하) 누적 고장률 $F(t)$ 는 식 (2)와 같고 샘플수 n 은 식 (3)과 같다.

$$F(t) = \left[\frac{t \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{m} \right)}{MTTF} \right]^m = \left[\frac{t \cdot \ln[1-0.1]^{-\frac{1}{m}}}{B_{10}} \right]^m \quad (2)$$

$$n \geq \frac{\chi_{\beta}^2 [2(C+1)]}{2 \cdot \left(\frac{t}{B_{10}} \right)^m \cdot \ln[1-0.1]^{-1}} \quad (3)$$

이때 샘플수는 시험시간(보증하고자 하는 B_{10} 수명과의 비)과 형상모수, 신뢰수준, 합격판정개수에 의하여 정해진다. 또한 샘플수를 정하고 이에 대한 시험시간을 정할 수도 있다. 와이블 해석을 하려면 일반적으로 5개 이상의 데이터가 필요하므로 샘플수는 6개로 했다. 와이블 분포에서 형상 모수 m 을 5로 가정(3)하고, 신뢰수준 90 % ($\beta = 0.1$), 합격판정개수 $c=0$ 일 때 샘플수가 6개이면 시험시간은 다음과 같다.

$$\frac{t}{B_{10}} \geq \left(\frac{\chi_{\beta}^2 [2(c+1)]}{2 \cdot n \cdot \ln[1-0.1]^{-1}} \right)^{\frac{1}{m}} = \left(\frac{\chi_{0.1}^2 [2]}{2 \cdot 6 \cdot \ln[1-0.1]^{-1}} \right)^{\frac{1}{5}} \approx 1.2950 \quad (4)$$

즉, 6개의 샘플로 보증하고자 하는 B_{10} 수명의 1.295배 시험을 하여 고장이 1개도 없으면 B_{10} 수명을 90%의 신뢰수준으로 보증할 수 있다.

본 기준에서는 수명 데이터로부터 형상모수를 추정하여 시험시간을 계산하고, 6개의 수명 데이터가 모두 시험시간을 초과하는 경우에 신뢰 수준 90%로 B_{10} 수명을 보증한다. 형상모수와 시험시간과의 관계는 <표 4>와 같다.

주(3) : 와이퍼 모터의 필드 고장 데이터를 활용 및 수명시험을 진행하여 수명 분포 및 모수를 추정한 결과 5 정도의 형상모수 값을 얻을 수 있었다.

<표 4> 형상모수와 시험시간과의 관계

형상모수	시험 시간 (보증하고자하는 B_{10} 수명과의 비)
	$n = 6$
2	1.9085
3	1.5386
4	1.3815
5	1.2950

7. 결 론

근래 우리나라 자동차는 북미시장에서 10년 또는 10만 마일을 보증하고 있다. 이에 자동차 와이퍼의 모터에 대한 보증기준도 세울 필요가 있으므로 본 논문에서는 와이퍼 모터의 신뢰성을 평가하기 위한 시험방법과 신뢰성 평가기준을 제시했다.

신뢰성인증시험은 품질인증시험(기본성능평가시험과 내환경성시험)과 고장률시험(수명평가 시험)으로 구분되며, 품질인증시험은 기본성능평가시험과 내환경성시험으로 구성되며, 품질인증시험에 합격한 제품에 한해 고장률시험을 실시한다.

기본성능평가는 전기적 성능시험, 절연저항시험, 소음시험을 통해 이루어지며, 내환경성평가는 내식성시험, 진동시험, 내수성시험, 구속내구시험, 온도사이클시험, 분진시험, 복사방출, 전도방출로 구성된다. 이들 기본성능평가와 내환경성평가를 통과한 모터에 대해 고장률시험을 실시한다. 고장률시험은 형상모수 $m=5$ 인 것을 가정하는 경우 <표 3>의 수명을 B_{10} , 신뢰 수준 90%로 보증한다.

추후 연구에서는 형상모수가 일반적인 값을 취할 수 있는 경우 B_{10} 수명을 신뢰수준 90%에서 어떻게 보증할 수 있는지 알아보고자 한다.

참고문헌

- [1] DIN 40046-721 (1997), Guidance for the correlation and transformation of environmental condition classes of IEC 60721-3 to the environmental tests of IEC 60068.
- [2] DIN 50021 (1988), Spray tests with different sodium chloride solutions.
- [3] FMVSS 571.104 (2006), Windshield wiping and washing systems.
- [4] JASO D001 (1994), General Rules of Environmental Testing Methods for Automotive Electronic Equipment.
- [5] JIS C 0023 (1999), Basic Environmental Testing Procedures - Part 2: Tests - Test Ka: Salt Mist.
- [6] JIS D 1601 (1995), Vibration Testing Methods for Automobile Parts.
- [7] KS A 0006 (2001), 시험 장소의 표준 상태.
- [8] KS C 0240 (1998), 환경 시험 방법(전기·전자) 정현파 진동 시험 방법.
- [9] KS C 0904 (2002), 전기 기계 기구 및 배선 재료의 방수 시험 통칙.
- [10] KS C 1502 (2001), 소음계.
- [11] KS C CISPR 16-1 (2002), 전기 자기 방해·내성 측정 장비 및 측정 방법 - 제1부:전기 자

기 장애 및 내성 측정 장비.

- [12] KS C CISPR 25 (2002), 차량용 수신기 보호를 위한 전기 자기 장애 특성 측정 방법 및 측정의 한계값.
- [13] KS D 9502 (2007), 염수 분무 시험 방법(중성, 아세트산 및 캐스 분무 시험).
- [14] KS R 0015 (2001), 자동차부품의 내습 및 내수시험방법.
- [15] KS R 1034 (2006), 자동차 부품 진동시험 방법.
- [16] KS R 1063 (2005), 자동차 부품의 먼지 시험 통칙.
- [17] KS R 5032 (1977), 자동차용 와이퍼 모터.
- [18] SAE J575 (2007), Test methods and equipment for lighting devices and components for use on vehicles less than 2032mm in overall width.
- [19] SAE J903 (1999), Passenger Car Windshield Wiper Systems.