

한국산 자동차용 와이퍼 모터의 수명분포 추정

홍연웅¹⁾, 권용만²⁾, 장덕준³⁾

초록

본 연구에서는 국내 A 사의 자동차용 와이퍼 모터의 수명분포를 와이플이라 가정하고 이를 추정하였다. 와이퍼 모터의 고장에 영향을 미치는 요인은 성능시험 요인과 수명시험 요인이 있는데, 이들 요인별 시험 조건을 국내와 관련 규격을 중심으로 정리하였다.

1.개 요

자동차용 와이퍼 모터는 복잡한 운전조건하에서 운전자의 시계 안전성을 확보하기 위한 안전성과 신뢰성이 요구되는 부품이다. 와이퍼 모터의 고장을 발생시키는 요인은 온도, 분진, 진동, 과부하, 브러쉬 마모 등 여러 가지 유형의 스트레스를 포괄하고 있기 때문에 와이퍼 모터의 신뢰성 문제는 와이퍼 모터뿐만 아니라 와이퍼 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위해서도 필요하다고 할 수 있다.

자동차용 와이퍼 모터의 수명시험을 실시하는 방법으로 내수성 및 내식성 시험방법, 진동내구 시험방법, 온도사이클 시험방법, 분진시험방법, 구속내구시험방법, 고온 및 저온 작동시험방법 그리고 작동내구 시험방법 등이 있다.

이를 구체적으로 알아보면 자동차의 진동에 의한 요인을 평가하기 위하여 진동내구 시험, 온도에 따른 모터 작동특성을 알 수 있는 고온 및 저온 작동시험, 모터 내부의 전기적 소자의 고장을 알아보기 위한 온도사이클 시험, 모터 내부에 물이 들어가는지의 여부를 확인하는 내수성 시험, 부식정도를 확인하기 위한 내식성시험, 대기환경에 노출되어 대기중의 먼지 입자로 인한 고장을 알아보기 위한 분진시험 등이 필요하며 이러한 시험을 바탕으로 와이퍼 모터의 수명을 예측하기 위한 시험으로 작동내구시험이 필요하다. 작동내구시험은 와이핑 사이클(Wiping cycle)로 사용하였을 때의 수명을 고려하여 초기성능에 대한 성능열화를 10% 이내가 되는 조건으로 작동하여 수명을 예측하고 더 나아가 와이퍼모터를 수명이 다할 때까지 작동하여 정확한 수명과 고장 원인 및 고장형태를 발견하여 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내 A사의 와이퍼모터를 대상으로 수명시험하여 수명데이터를 얻었으며, 와이퍼모터의 수명분포가 와이플을 따른다는 전제하에 이를 추정하였다.

1) 동양대학교 인터넷산업공학부 교수, ywhong@phenix.dyu.ac.kr

2) 조선대학교 수학적산통계학과 교수

3) 창원대학교 통계학과 교수

2. 성능시험

1) 전기적 성능 시험

전기적 성능시험은 와이퍼 모터의 토크, 회전수, 전류 등이 기준에 적합하여 작동상에 이상이 없는지를 확인하는 시험으로 지정 사양에 명시되어 있는 조건 및 성능에 만족하여야 할 것이며 기타 일반조건은 KS R 5032에 따르도록 하며 회전수에 대한 규정은 차량 안전 법규에 규정된 규정치를 따랐다. 와이퍼 모터는 차량의 종류에 따라 형식이 다르고 부착위치도 다르며 일체형 형식으로 점차 변해가므로 절연저항시험은 이를 고려하여 외함파 전원선 사이에 캐패시터 등으로 접지되어 전원선의 마이너스선이 접지된 경우를 고려하여 실시하였다.

2) 소음 시험

소음시험은 국내 관련업체의 규격을 검토한 결과 KS R 5032규격을 크게 벗어나지 않았으므로 시험방법 및 시험조건은 이 규격을 따라 저속일 경우 55dB이하, 고속일 경우는 60dB이하이어야 하거나 지정 사양을 따랐다. 와이퍼 모터의 전자파 시험은 전자제어장치가 포함되어 있지 않을 경우에는 EMI 시험, 즉 방사전자기 시험과 전도전자기 시험만을 시행하고 전자제어장치가 포함된 일체형일 경우에는 EMS, 즉 전자파 면역성 시험을 포함한다.

3) 내식성 시험

와이퍼 모터의 부식시험으로 염수분무시험을 말한다. 와이퍼 모터의 외부환경에 의한 부식정도로 고장이 발생할 우려가 있으므로 이 시험방법은 DIN 50021, KSD 9502, JIS C 0023, SAE J903의 규격에 근거하여 시험을 실시하고 있었으므로 본 시험방법도 이들 규격을 참고하였다.

4) 진동내구시험

진동내구시험은 와이퍼 모터가 정지 상태에서 실시하도록 되어있으며 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 발생될 가능성이 있으므로 진동내구시험이 필요하다. 완성차 업체에서의 규격은 시험 방법에서는 크게 차이를 보이지 않았지만 평가방법 및 시험조건에서 약간의 차이를 보이고 있었다. 시험조건은 사인파형태로 시험을 하며 점차로 랜덤파형태로 바뀌고 있는 추세이기는 하지만 본 기준에서는 부품업체에서 주로 사용하고 있는 KS C 0240을 따라 시험하였다.

5) 내수성 시험

내수성 시험은 제품에 따라 방수종류 및 보호등급이 표기됨에 따라 KS C 0904(전기 기계 기구의 방수시험 및 고형물의 침입에대한 보호 등급)의 시험조건 및 시험방법에 따른다.

6) 구속내구시험

이 시험은 모터를 구속시킨 후 작동하였을 때 모터에 이상이 없어야 하며 시험중 화재발생이 없어야 한다. SAE J903에서는 저온 및 고온분위기에서 15초 구속시키는 시험으로 이는 모터의 단품시험이 아니라 와이퍼 시스템 상에서의 시험방법 및 시험조건이다. 부품업체에서의 구속시험은 업체별로 시험조건과 시험방법이 차이가 있었으므로 써모 스위치의 유무에 따라 시험시간을 달리 하였으며 써모 스위치가 없는 것은 10~15분이상 구속하게 되면 모터가 파손될 우려가 있으며 써모 스위치가 있는 경우는 24시간 이상 구속하여도 상관이 없을 것으로 판단된다. 온도조건은 상온에서 시험을 하며 시험중 외부에 화재발생이 없어야 한다.

7) 온도사이클 시험

와이퍼 모터가 반복적으로 변화하는 온도 분위기에서 와이퍼 모터가 정지 및 작동시켰을 때의 특성을 확인하여 모터 내부의 전기적 소자의 고장을 알아보기 위한 시험이다. 이 시험에 대해서는 JASO D001의 온도사이클 시험을 참고로 하면 저온에서 2시간방치, 고온에서 2시간 작동하는 시험한다.

8) 고온 및 저온 작동 시험

와이퍼 모터의 경우 특별히 비 또는 눈이 오지 않을 경우에는 자동차가 운전중에도 방치되어 있게 된다. 엔진룸에 부착되는 경우에는 엔진룸의 온도에 영향을 받기도 하므로 이때의 상황을 고려하여 고온 및 저온상태에서 방치 후 작동하도록 하는 시험이다. JASO D001에 따르면 보통 전장부품의 온도 방치 및 작동 범위가 $-40^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 범위임을 알 수 있다. 그리고 MIL규격에 따르면 저온이 -29°C , 고온이 100°C 의 조건이다. 그러나 업체규격에 따르면 와이퍼 모터의 온도 특성을 저온에서는 0°C 까지, 고온은 엔진룸 내부에 부착될 경우에는 80°C , 그외의 경우는 55°C 에서 시험을 하고 있었으므로 이는 와이퍼 모터의 특성을 고려한 온도 범위로 판단되므로 저온 일 경우에는 0°C 에서 시험을 실시하고 고온일 경우에는 55°C 또는 엔진룸에 부착할 경우에는 80°C 에서 시험을 실시한다.

3. 수명시험

국제 SAE J903규격에서는 와이퍼 시스템 상에서 작동 와이핑 사이클을 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 스노우로드 시험, 동결 록(lock) 시험, 아이스 로드 시험, 건조상태와 습윤상태 시험(dry and wet load test)을 시간별로 설정하여 모터 속도도 저속, 고속, 간헐작동조건으로 작동하는 등 복합적으로 시험을 실시한다. C사의 경우에는 총 1,750,000회 와이핑 사이클을 작동한다. 이때 1,750,000사이클에 해당되는 것은 강우의 경우 1,500,000 사이클, 강설의 경우 100,000 사이클, 아이스로드의 경우 150,000사이클을 모두 합쳐 1,750,000 사이클을 작동하였을 때 초기 성능에 대한 성능열화가 10%이내가 되어야 한다.

1) 수명시험 소요시간 산정 근거

a) 자동차부품인 경우 정비지침서상 교환 또는 정비주기가 없는 부품을 자동차 수명과 동일하다고 가정할 경우 자동차수명에 근거하여 10년160,000km를(일반적으로 통용)보증하는 것으로 간주한다.

b) 수명시험에 소요되는 시험시간의 산정을 위한 자료로서 각 국가별 차량의 평균 주행거리는 자동차공업협회와 교통안전공단의 통계 조사자료, 차량의 평균 주행 속도에 관하여는 유럽의 연비인증모드에 사용되는 ECE-15+EUDC 모드의 평균속도는 33.8km/hr이고 미국의 연비시험시 사용하는 FTP-75 모드의 주행평균 속도는 34.1km/hr 이다. 이중 좀더 가혹한 조건인 33.8km/hr을 시험시간 산정을 위한 평균 주행 속도로 채택하였다

c) 국가별 연간 평균 주행거리는 16,197km로 이를 1일 평균 주행거리로 환산하면 44.38km/day 이다.

d) 일일 평균 차량 운행시간은 1.32시간(=44.38km/33.8km/hr)이다.

e) 강우 및 강설 계속시간에 대한 기상청 자료10년간(1991~2000년)의 7대도시(서울 인천, 대전, 광주, 대구, 부산, 울산)의 평균값인 8,157.8hr를 기준으로 하였으며, 이로부터 10년 기준 와이핑 사이클시간은 446hr/10년(=1.31h/24h)x(8,157.8/10년)이다.

f) 이제 446시간에 해당되는 와이핑 사이클을 계산하여보자. 와이퍼모터를 작동할 경우에는 일반적으로 저속작동, 고속작동, 간헐작동을 하게 되는데 고속작동의 경우는 강수량이 많을 경우에만 작동하게 되므로 전체시간에 20%정도라고 가정하고 대부분 저속작동이 많으므로 50%, 간헐작동의 경우 30%라고 가정한다. 아래 <표 1>에서 보는 바와 같이 실제로 10년에 해당되는 작동시간인 446시간에 대한 와이핑 사이클이 1,003,500회에 해당된다.

<표 1> 와이핑 사이클 수 계산

	고속작동(20%)	저속작동(20%)	간헐작동(20%)	합계
시험시간	89.2시간	233시간	133.8시간	446시간
사이클수	321,120회	602,100회	80,280회	1,003,500회
회/분	60	45	10	

4. 고장자료 해석

국내 A사의 와이핑 모터 6개를 성능시험 조건에서 수명시험(interval censoring)하

여 <표 2>와 같은 결과를 얻었다. 표본의 크기는 충분하지는 않지만 생산자위험과 소비자위험 및 신뢰수준 및 시험비용과 시간을 고려하여 6개로 결정하였으며, 기계류의 수명분포가 와이블분포를 따른다는 가정하에 척도모수와 형상모수를 추정한 결과 <표 3>과 같았다.

<표 2> 수명시험데이터 및 고장 형태

와이핑 모터	작동회수	고장여부	고장상태
1	3,045,000~3,075,000	고장	회전속도저하
2	3,851,563~3,881,563	고장	회전속도저하
3	3,395,000~3,425,000	고장	회전속도저하
4	2,345,000~2,375,000	고장	이상소음발생
5	3,770,000~3,800,000	고장	회전속도저하
6	3,570,000~3,600,000	고장	이상소음발생

<표 3> 와이블 모수의 추정 추정

모수	추정치	표준오차	90%신뢰구간
형상모수	8.978	3.165	16.034
척도모수	3,550,567	168,448	3,838,736

참고문헌

- [1] DIN 50021
- [2] JIS C 0023
- [3] JASO D001
- [4] KS C 0240, C 0904, D 9502, R 5032
- [5] SAE J903