

공회전 제한장치 부착 차량에서 시동모터 내구수명 연구 Useful life study of starting motor for vehicle with idling stop device

*이상현¹, 이범호¹, 홍성태¹, #이대엽²

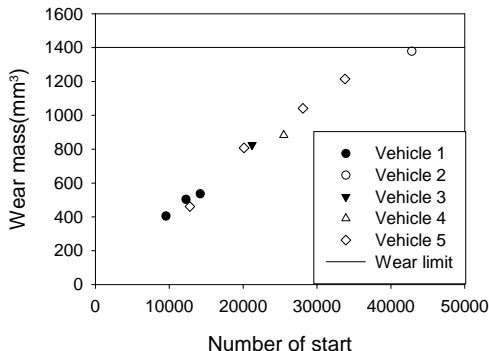
*S.H.Lee¹, B.H.Lee¹, S.T.Hong¹, #D.Y.Lee(dylee@inha.ac.kr)²

¹ 인하대학교 기계공학과, ²인하대학교

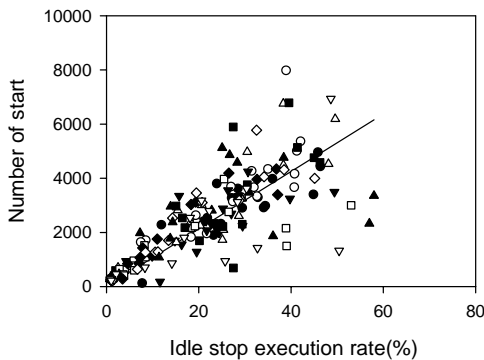
Key words : Starting motor, Brush wear, Idling stop

1. 서론

지구 온난화로 인하여 전 세계적으로 CO₂ 배출 가스 규제가 강화됨에 따라 국가들이 정한 이산화탄소 배출기준을 만족하기 위해 고효율 엔진과 같은 연비향상 기술 개발이 이루어지고 있다. 연비 향상 기술 중 하나인 공회전 제한장치(Idling stop)는 차량의 정지와 출발이 빈번히 발생하는 도로주행 조건에서 공회전으로 인한 연료 소비를 줄임으로써 에너지 절약효과를 가져온다. 하지만 시동과 정지의 반복 작용으로 인하여 시동모터의 사용 횟수가 증가하게 된다. 공회전 제한장치를 적용한 차량 6대에 대해 시동 횟수에 따른 시동모터 브러시의 마모량을 Fig.1 (a)에 나타내었다. 공회전 제한장치 사용으로 인해 시동횟수가 증가하여 Fig.1 (b)에서 실시율 60% 일때 약 6300회 8~9개월이 경과된 경우 브러시의 수명이 마모한계에 도달함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 공회전 제한장치 적용시 시동모터 브러시의 구동 패턴과 마모 특성의 이해를 통해 사용 수명 연장을 위한 연구를 수행하였다.[1-4]



(a) Comparison of wear mass for vehicle



(b) Number of start for idle stop execution rate

Fig. 1 Brush wear of In-use car

2. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 스타트 모터는 작동 전압이 24V이며 12L급 버스 엔진에 사용된다. 시동모터 브러쉬 마모에 영향을 주는 요인으로 기계적, 전기적, 아크에 의한 3가지 마모로 구분되지만 본 연구에서는 아크에 의한 마모도 전기적 마모에 포함하였다.[5]

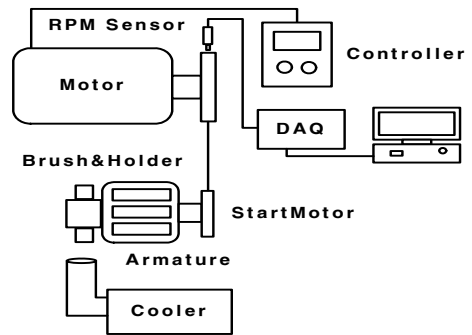
일반적으로 공회전 제한장치는 시동시 알터네이터의 L단자에서 나오는 일정 전류값을 검출하여 시동 유무를 판단하여 시동모터 작동을 멈추게 된다. 따라서 시동모터의 구동 패턴은 가속구간, 정속구간, 감속구간으로 나뉘어지며 Table 1 에서와 같은

실험 조건에 대해 정속구간의 전기적마모와 기계적인 마모율을 계산하였다. 그리고 정속구간과 가속구간의 마모율도 비교 및 분석하였다.

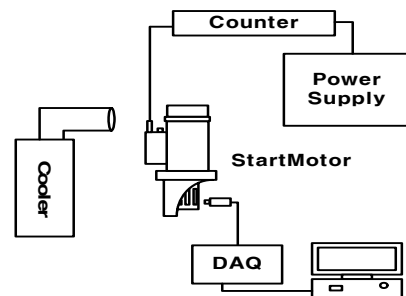
Table 1 Experimental parameter

구분	1회 가동시간	
기계마모	3 sec, 2 hours	
전기마모	12V	3 sec, 30 sec
	24V	3 sec, 20 sec

Fig.2 (a)는 브러시의 기계적 마모량을 측정하기 위해 고안된 장치의 계략도를 나타낸 것이다. 정류자는 AC모터와 타이밍 벨트로 연결되며 10000rpm으로 Table 1의 1회 가동시간 3초와 2시간으로 하여 반복 실험을 수행하였다. 가동시 RPM을 DAQ를 이용하여 취득후 브러쉬 마모량을 측정하였다. Fig.2 (b)는 완성품 시동모터를 실험하기 위해 구성된 장치 계략도이다. 전압을 변화시켜 시동모터에 인가하여 모터를 작동시키며 전압에 따른 RPM 및 전류, 전압 값을 DAQ로 취득하고 브러쉬 마모량을 측정하였다. 브러쉬와 정류자의 가열을 막기 위하여 Cooler 이용하여 브러쉬와 정류자 부근을 냉각시켰다.



(a) Mechanical wear



(b) Mechanical and Electrical wear

Fig. 2 Schematic diagram of brush wear test

3. 실험결과

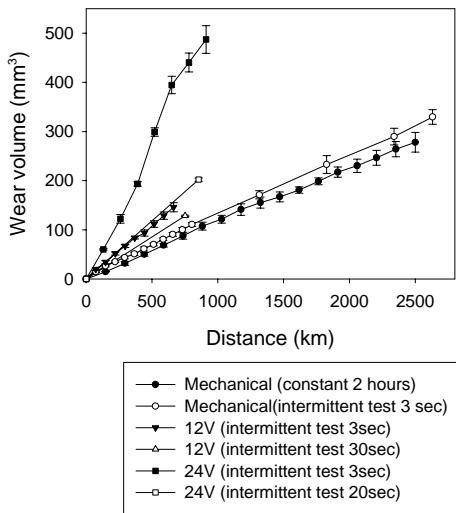
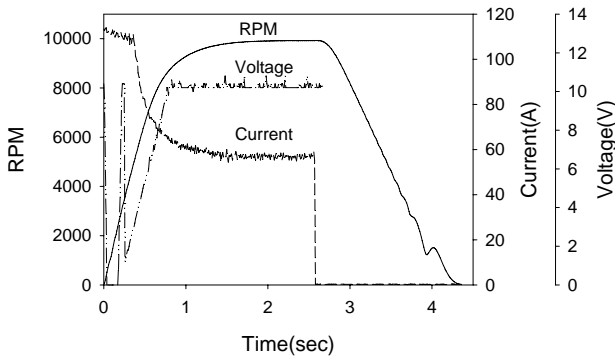
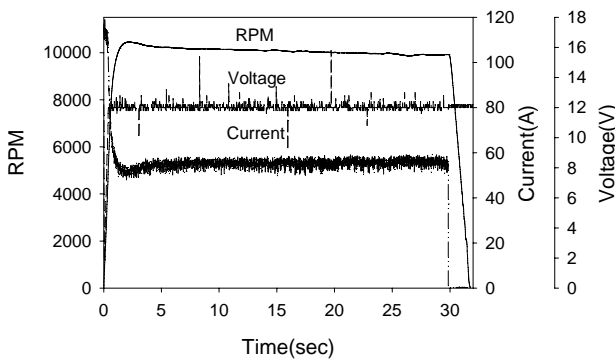


Fig. 3 Brush wear total volume

Fig.3은 Table 1에 나타낸 6가지 시험 변수에 대한 측정값을 마모거리에 대한 마모량으로 나타낸 그래프이다. 기계적인 마모의 경우 연속인 마모보다 간헐적 구동에 있어 마모진행이 더 빠른 것을 알 수 있다. 또한 시동모터의 12V와 24V 실험 결과도 12V, 24V 모두 3초구동한 것이 20초, 30초 것보다 마모 거리당 마모량이 각각 약 30%, 약 100% 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 20초, 30초 실험이 3초 실험보다 정속구간이 약 7~10배 길기 때문에 가속 및 감속구간의 마모율이 정속구간보다 높게 나타났다. 또한 전압이 높은 경우 가감속구간의 마모율이 증가함을 알 수 있다.



(a) 12V run (3sec)



(b) 12V run (30sec)

Fig. 4 Start motor RPM, Voltage, Current

Fig.4 (a) 와 (b)에는 12V에 대한 RPM, 전압, 전류의 변화를 나타내었다. 마모량을 기계적 마모와 전기적 마모의 합이라고

하면 각 실험에서 정속구간의 마모거리 차이를 이용하여 정속구간과 가감속구간의 마모율을 산출할 수 있다. 또한 산출된 기계마모율을 12V와 24V 시험에 적용하여 전기적 마모율을 Fig.5와 같이 산출하였다.

각 조건별 가속구간과 등속간의 기준점은 가속구간의 경우 RPM 가속간의 최대지점인 변곡점으로부터 RPM이 급격하게 떨어지는 구간까지의 평균 RPM 값의 3% 값을 찾아 가속 구간으로 정하였다. 3% 이후부터 RPM이 급격하게 떨어지는 순간까지 정속구간이며, 전류가 떨어지는 순간부터 RPM이 정지하는 순간까지 감속구간으로 정의하였다.

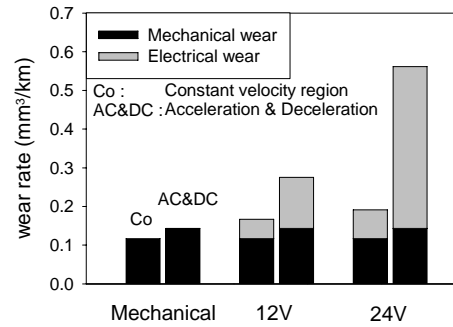


Fig. 5 Start motor wear rate (Constant, Acceleration and Deceleration)

시동모터 브러쉬 마모는 Fig.5에서 알 수 있듯이 가속 및 감속구간의 마모가 정속구간의 마모보다 12V인 경우 약 1.6배, 24V인 경우 약 2.9배가 큼을 알 수 있다. 또한 전압이 증가할수록 가속 및 감속마모와 정속마모의 편차가 더 크게 일어남을 알 수 있다. 하지만 정속부분에서 마모는 전류에 의한 전기적 마모보다 기계적 마모의 비율이 높음을 알 수 있다.

4. 결론

시동모터의 내구성을 높이기 위하여 공회전 제한장치로 시동시에 기존 로직 보다 시동 시작 초기에 시동모터의 전원을 차단함으로써 정속구간의 마모량을 줄여 시동모터 내구수명을 향상시키는 방향으로 연구를 진행하였다. 시동모터에 작동전원을 24V로 인가하여 시동 시킬 경우 정속구간의 마모량의 경우 전체 마모량에 차지하는 비중이 약 30%에 불과하다. 따라서 정속마모와 함께 초기 시동시 저 전류를 인가하여 서서히 전류를 높이거나, 시동모터의 감속비 조절을 통한 전압을 낮추는 방법에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.[6-7]

참고문헌

1. 배충식, 장진영, "디젤엔진 연비향상 기술," Auto journal, pp20~27, 2008.
2. K. Kamichi K. Okasaka. M Tomatsuri, T Matsubara, Y. Kaya and H. A sada, "Hybridsystem Development for a High-Performance Rear Drive Vehicle," SAE 2006-01-1338, 2006.
3. J. Bishop, A. Nedungadi, G. Ostrowski, B. Surampudi, P. Armiroli and E. Taspinar, "An Engine Start/stop System for Improved Fuel Economy," SAE 2007-01-1777, 2007.
4. 자동차 공회전 제한장치 시범부착 차량에 대한 모니터링 연구, 인하대학교, 2009
5. 박병섭, "전동차용 접지브러쉬 편중마모에 대한 해석," 한국철도학회 학술발표대회논문집, pp.64~69, 2005
6. M. Takaoka, K. Sawa, "An Influence of Commutation Arc in Gasoline on Brush Wear and Commutator," IEEE Transactions on components and packaging technologies, VOL.24 NO.3 2001
7. D. K. LAWSON, T. A. DOW, "The sparking and wear of high current density electrical brushes" pp.105~125, Wear, 102, 1985