

평형추 개선을 통한 DC 모터 소음/진동 저감 연구

A Study on the Reduction of Noise and Vibration of DC Motor by the Redesign of Balance Weight

*변경원, #김차식, 오관범

*K. W. Byun, #C. S. Kim(chasik.kim@infac.co.kr), K. B. Oh
(주)인팩 기술연구소 선행연구팀

Key words : Noise, Vibration, Balance Weight, DC Motor

1. 서론

친환경/고효율 자동차 시장의 활성화로 인해 자동차 기술은 첨단 전장시스템이 강조되면서, 동력시스템 역시 내연기관에서 배터리, 모터, 인버터 중심의 전기 동력 시스템으로 대체되어 가고 있다. 자동차 전장시스템에 사용되는 모터의 90% 이상은 DC 모터이며, DC 모터는 구조와 작동 원리가 비교적 간단하고 회전 제어가 쉬워 제어용 모터로서 우수한 특성을 가지고 있어 차량용 구동장치의 액추에이터로서 다양하게 사용된다. 반면, DC 모터는 고속으로 회전하므로 시스템의 특성에 따라 작동 중에 소음/진동 문제를 발생시킬 수 있으며, 이를 개선하기 위한 사전 대처 및 예방 활동이 요구되고 있다.

모터의 소음/진동은 다양한 원인에 의해 발생하며, DC 모터의 경우 영구자석을 사용하므로 브러쉬(Brush)와 정류자(Commutator) 사이의 접촉 마찰, 아마추어(Armature)의 불평형, 모터축과 베어링 사이의 상호작용 등 구성 요소간 동적 작용에 의한 기계적인 접촉에 가장 큰 영향을 받는다.¹⁻² 구성 요소간 접촉에 의한 마찰은 결국 소음/진동을 심화시키는 원인이 되며, 이를 최소화하기 위해 일반적으로 DC 모터는 구동축에 평형추(Balance weight)를 연결하여 밸런싱(Balancing)하는 과정을 거친다.³ 이때, 평형추에 회전질량을 부여하는데, 시스템의 구동에 적합한 밸런싱을 위하여 평형추 설계과정에서 부여되는 회전질량에 대한 검토가 수반되어야 한다.

본 논문에서는 차량용 전장시스템의 DC 모터 평형추에 부여되는 중량 변화에 따른 구동 DC 모터의 소음/진동 특성을 분석하여 평형추의 중량 변화가 밸런싱에 미치는 영향성을 분석하였다. 이를 위

해 평형추 중량별 시편 제작 및 소음/진동 시험을 실시하여 구동 DC 모터의 소음/진동을 최소화하는 모터축 밸런싱에 최적화된 평형추 설계 사양을 도출하고자 한다.

2. 시편제작 및 시험 방법

소음/진동 시험에 앞서 DC 모터의 구동축에 조립될 평형추 시편을 제작하였다. 시편은 Fig. 1 과 같이 3D CAD 를 이용하여 모델을 도출하고, 최초 설계된 평형추 시편(#1)의 두께 "X"를 1.5mm 간격으로 축소 제작 하였다. 시편의 제작 사양은 Table 1 과 같다.

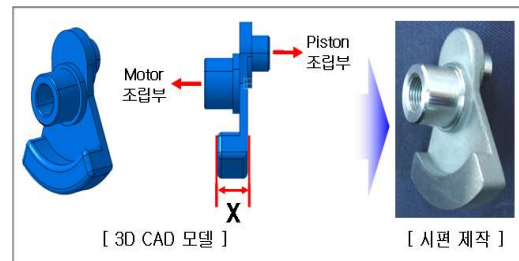


Fig. 1 Process of making a specimens

Table 1 Specification of specimens

Specimen	#1	#2	#3	#4	#5
Thickness(mm)	13.4	11.9	10.4	8.9	7.4
Weight(g)	90	87	84	31	78

소음/진동 시험은 무향실 내부에서 Fig. 2 와 같은 Set-up 조건으로 모터축에 중량을 달리한 평형추가 조립된 5Set 의 DC 모터 조립품을 Hanning 조건을 부여하여 진행하였다.. 모터 작동 전압은 DC 13Volt 를 인가하여 최초 1 분간 Aging 을 실시하고 이후

1 분간 소음/진동을 측정하였다. 소음은 모터축 끝단으로부터 축방향으로 500mm 떨어진 위치에 마이크로폰을 설치하여 측정하였으며, 진동은 모터축과 평형추가 조립된 위치에 가속도계를 부착하여 측정하였다.



Fig. 2 Experimental Set-up for the NVH test

3. 시험 결과 및 고찰

Fig. 3, Fig. 4 는 각각의 시편에 대한 측정 주파수 대역 0 ~ 10kHz 및 7.5 ~ 10kHz 에 대한 소음/진동 시험 결과를 RMS(Root Mean Square) 값으로 산출한 결과이다. 각 시편별 진동은 주파수 대역 0 ~ 10kHz 에서 최대 1.86 ~ 최소 1.27G 분포를, 7.5 ~ 10kHz 에서 최대 0.97 ~ 최소 0.43G 의 분포를 나타내었으며, 소음은 주파수 대역 0 ~ 10kHz 에서 최대 68.88 ~ 최소 63.53dB(A) 분포를, 7.5 ~ 10kHz 에서 최대 63.51 ~ 최소 51.72dB(A) 분포를 나타내었다. 소음/진동 형성 패턴을 보면 최초 평형추 설계 시편(#1)에서 중량이 저감되는 방향으로 진동이 감소하다가 중량이 84g 인 시편(#3)에서 최소값을 나타내었으며, 이는 평형추 중량 저감에 의해 DC 모터 구동축의 밸런싱이 최적화 되어 회전 반경이 축소 되고, 그에 따라 구동축과 조인트 된 베어링의 접촉 반력 감소에 따른 결과로 사료된다. 반면, 그 이후에는 평형추 중량이 감소함에 따라 오히려 소음/진동 값이 증가하였는데 이는 평형추 중량 저감이 구동축의 회전 반경을 증가 시켜 오히려 밸런싱을 방해하는 결과를 초래한 것으로 사료된다. 이와 같은 시험 결과를 바탕으로 평형추 최초 설계 사양 시편(#1)에 비해 진동값이 전체 주파수 대역 0 ~ 10kHz 에서 28%, 평형추 중량 저감에 의한 소음/진동 형성에 가장 밀접한 영향을 미치는 주파수 대역 7.5 ~ 10kHz 에서 32% 진동이 저감된 평형추 시편(#3)의 설계 사양을 도출할 수 있었다.

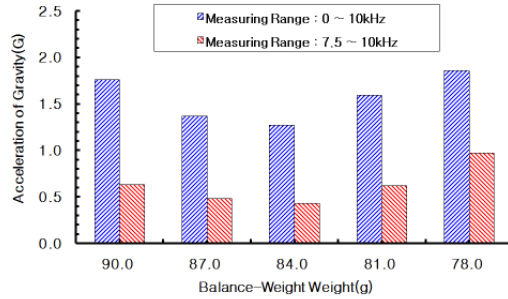


Fig. 3 Comparison of vibration results on each test conditions

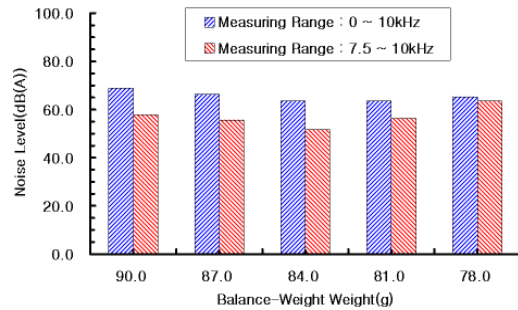


Fig. 4 Comparison of noise results on each test conditions

4. 결론

본 논문에서는 평형추 중량별 DC 모터 소음/진동 시험을 실시하여, 평형추 중량 변화가 DC 모터 밸런싱에 미치는 영향성 및 그에 따른 소음/진동 특성을 분석하였다. 이를 통해 평형추의 중량 설계와 DC 모터의 상관 관계를 도출하였으며, 소음/진동 성능이 향상 된 최적의 평형추 설계 사양을 도출하였다.

참고문헌

1. Kang, H., 1995, "The Study of DC Motor Noise and Vibration," SAE951350, pp. 2461~2467
2. Kim, W. H. and Hong, I. H., 2008, "A Study on Noise Reduction for the Driving System of a Forklift," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 80~86.
3. Kim, Y. C., 2003, "Counter Weight Design of Multi-stage Reciprocating Air Compressors," 유체기계공업학회 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 656~661