

승용차용 교류발전기의 고정자 슬롯 수가 소음에 미치는 영향 분석

송진섭* · 김광준**
(1999년 1월 28일 접수)

Analysis on Noise of Automotive Alternator Considering the Number of Stator Slots

Jin-Seob Song and Kwang-Joon Kim

Key Words : Alternator(교류발전기), Rotor Segments(회전자 이), Stator Slots(고정자 슬롯), Order(차수)

Abstract

Noise of automotive alternators can be classified into mechanical noise, aerodynamic noise and electro-magnetic noise, which is the same as for electric motors. Previous studies show that the electro-magnetic noise takes a major peak at the rotating frequency multiplied by the number of stator slots. It has not been proved clearly so far, however, that the major peak is wholly due to the stator slots. On the contrary it is well known that noise of motors, which has a mechanism similar to the alternator except that the number of stator slots in automotive alternators is in general integer multiple of that of rotor segments, is closely related to the number of rotor slots. Therefore, the statement that only the stator slots is the source of the major peak in the noise spectrum of alternators is suspicious although not easy to show theoretically that the statement is incorrect. In this paper, effects of the stator slots on the noise in an automotive alternator are experimentally investigated by intentionally modifying the number of stator slots in such a way that the number of the states is not an integer multiples of the rotor slots. It is shown that both the stator slots are not so much influential as the rotor slots and claimed that the major peak in the noise spectrum of conventional alternators is due to superposition of a component caused by the stator and a higher harmonic component caused by the rotor

기 호 설 명

- D : 베어링의 피치원 지름
- d : 볼 베어링의 지름
- f_b : 냉각팬에 의한 소음의 주파수
- f_e : 질량 불균형에 의한 소음의 주파수
- f_r : 회전자 이 수와 관련된 소음의 주파수
- f_s : 고정자 슬롯 수와 관련된 소음의 주파수
- f_l : 볼의 결함에 의한 소음의 주파수
- f_2 : 베어링 내륜의 결함에 의한 소음의 주파수

- f_3 : 베어링 외륜의 결함에 의한 소음의 주파수
- K : 볼 베어링의 수
- K_b : 냉각팬의 날개 수
- N : 회전수
- Z_b : 회전자 이 수
- Z_s : 고정자 슬롯 수
- α : 베어링의 접촉각

1. 서론

자동차 제조업체의 소음 저감에 대한 관심도 증가에 따라 부품 업체들도 소음 수준 요구를 만족시키기 위한 노력을 많은 노력을 기울이고 있다. 부품중의 하나인 교류 발전기는 비록 자동차 전체 소음에 미치는 영향은 크지 않지만, 인간이 민감

* 한국과학기술원 기계공학과
** 회원, 한국과학기술원 기계공학과
E-mail : kjkim@hanbit.kaist.ac.kr
TEL : (042)869-3024 FAX : (042)869-3095

하게 느끼는 1kHz ~ 3kHz 의 소음 성분을 발생시키고 있어 이에 대한 연구가 최근에 이루어지고 있다.⁽¹⁻⁵⁾ 자동차용 교류발전기의 소음은 모터의 경우와 마찬가지로 크게 기계적 원인에 의한 것과 공기역학적 원인에 의한 것 그리고 전자기적 원인에 의한 것 등으로 나누어진다.

기존의 문헌에서는 교류발전기의 주된 소음원이 고정자 슬롯 수라고 밝히고 있다.⁽¹⁻³⁾ 그 이유는 교류발전기의 소음 측정 결과 고정자의 슬롯 수에 회전주파수를 곱한 값과 일치하는 주파수 성분의 소음이 크게 나타나기 때문이다. 하지만 고정자 슬롯 수에 회전주파수를 곱한 값과 일치하는 주파수 성분의 소음이 고정자 슬롯 수만에 의해 발생된다는 명쾌한 설명은 이루어지지 못하고 있다. 또한 교류발전기와 구조가 비슷한 모터에서의 소음은 주로 회전자 슬롯 수에 의해 발생된다는 사실이 잘 알려져 있고,⁽⁶⁾ 교류발전기의 고정자 슬롯 수가 회전자 이(rotor segments) 수의 배수이므로 고정자의 슬롯 수에 회전을 곱한 값과 일치하는 주파수 성분의 소음이 모두 고정자 슬롯 수에 의한 것이라고 단정하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 승용차용 교류발전기의 고정자 슬롯 수를 변경하여 회전자 이 수와 고정자 슬롯 수가 상호 배수 관계에 있지 않게 하고, 고정자 슬롯 수 변경 전/후의 소음 특성을 비교함으로써 기존 교류발전기에서 발생되는 고정자 슬롯 수에 회전을 곱한 값과 일치하는 주파수 성분의 소음에 대한 고정자 슬롯 수의 영향을 분석하고자 한다. 먼저 2 절에서는 교류발전기 소음의 주파수 성분들을 일반적인 발생 원인들을 알아보고, 3 절에서는 고정자 구조 변경을 통하여 고정자 슬롯 수가 소음에 미치는 영향을 분석하기 위한 방법을 제시하고, 4 절에서는 이에 근거하여 구조 변경된 발전기의 소음 신호를 고정자 변경 전의 소음 신호와 비교 분석하였다. 그리고 마지막으로 5 절에서는 결론을 정리하였다.

2. 교류발전기 소음의 주파수 특성 분석

발전기의 소음은 모터와 마찬가지로 크게 기계적 원인에 의한 소음, 공기역학적 원인에 의한 소음, 전자기적 원인에 의한 소음으로 나누는데, 본 절에서는 소음을 원인별로 각각의 주파수 성분들을 살펴보고, 출력이 12[V] 및 110[A]인 삼상 교류발전기를 대상으로 무향실에서 소음 측정을 통하여 교류발전기의 소음 특성을 분석하였다.

2.1 발생 원인별 소음의 주파수 성분 구분

2.1.1 기계적 원인에 의한 소음

기계적 소음의 주된 원인은 회전체의 불균형 질량에 의한 것과 베어링의 결함에 의한 것이 있는데 그 주파수 성분은 다음과 같다:

i) 회전체의 불균형 질량에 의한 소음

회전체의 불균형 질량은 낮은 가공 정밀도나 조립상의 문제로 인하여 발생하며 이 불균형 질량이 회전 주파수로 구조물을 가진하게 됨으로써 이 성분의 소음을 발생시킨다.⁽¹⁾

$$f_e = 1 \times \frac{N}{60} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

여기서 N [RPM]은 회전자의 회전을 나타낸다.

ii) 베어링에 의한 소음

교류발전기용의 베어링은 흔히 Angular contact 볼 베어링으로서 Fig. 1의 구조를 가지는데, 일반적으로 소음은 볼의 결함에 의한 소음, 내륜의 결함에 의한 소음 및 외륜의 결함에 의한 소음으로 구분된다. 여기서 각 원인별 소음의 주파수 성분은 다음과 같다.⁽⁷⁾

- 볼의 결함에 의한 소음

$$f_1 = \frac{D}{d} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \cos^2 \alpha \right) \left(\frac{N}{60} \right) \text{ [Hz]} \quad (2)$$

- 내륜의 결함에 의한 소음

$$f_2 = \frac{K}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \left(\frac{N}{60} \right) \text{ [Hz]} \quad (3)$$

- 외륜의 결함에 의한 소음

$$f_3 = \frac{K}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \left(\frac{N}{60} \right) \text{ [Hz]} \quad (4)$$

여기서 α [°]는 볼 베어링의 접촉각이고, d [mm]는 볼 베어링의 지름이며, D [mm]는 피치원 지름이고 K [개]는 볼 베어링의 개수이다.

2.1.2 공기 역학적 원인에 의한 소음

공기역학적 소음은 냉각 팬에 의한 것으로 주로 팬 날개와 고정된 물체 사이에 존재하는 유체의 주기적인 압력 변화에 의하여 발생된다. 냉각 팬

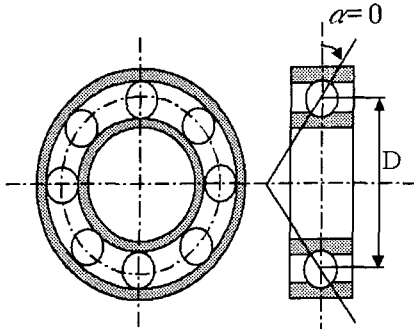


Fig. 1 Structure of angular-contact ball bearing

에 의한 소음의 주요 주파수 성분은 다음과 같다.

$$f_b = K_b \frac{N}{60} \text{ [Hz]} \quad (5)$$

여기서 K_b [개]는 냉각 팬의 날개 수이다.

2.1.3 전자기적 원인에 의한 소음

전자기적 원인에 의한 소음은 주로 교류 발전기의 회전자와 고정자 때 회전자와 고정자 사이에서 반경 방향으로 작용하는 자장세기의 제곱에 비례하는 전자기적 가진력에 의한 구조물의 진동으로 발생한다. 전자기적 소음의 주파수 성분은 회전자의 이 수와 고정자의 슬롯 수에 주로 관계된다.⁽¹⁾

$$f_r = Z_r \frac{N}{60} \text{ [Hz]}, \quad f_s = Z_s \frac{N}{60} \text{ [Hz]} \quad (6)$$

2.2 분석 대상 교류발전기의 소음의 주파수 성분 예측

대상 교류발전기의 구조는 Fig. 2와 같고 주요 부품의 치수 및 개수는 Table 1에 나타내었다. 구성 부품들에 의해 발생될 수 있는 소음을 2.1 절의 식들을 사용하여 다음 식으로 표시 되는 차수 (order) 성분으로 예측해 보면 Table 2와 같다.

$$\text{차수[-]} = \frac{\text{주파수 [Hz]}}{\text{회전속도 [RPM]}} \times 60 \quad (7)$$

2.3 무향실에서의 소음 측정 실험

교류발전기의 소음 특성을 알아보기 위하여 완전 무향실(cut-off frequency 250Hz)에서 Fig. 3에서와 같이 교류발전기의 반경 방향으로 300[mm] 떨어진 위치에서 음압[dBA]을 측정하였다. 전자기적 소음의 특성을 파악하기 위해 무 부하 상태와 완

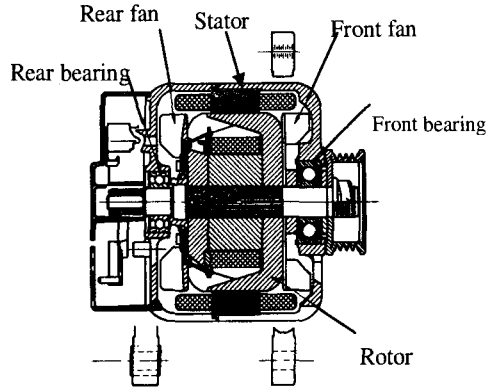


Fig. 2 Nomenclature of alternator

Table 1 Parts of alternator

Parts	Front	Rear
Number of ball bearing	7	
Diameter of ball bearing [mm]	8	5.3
Contact angle of ball bearing [degree]	0	
Diameter of bearing pitch circle [mm]	32	25.3
Number of fan blade	9	11
Number of rotor segments	12	
Number of stator slots	24	

Table 2 Prediction of noise components

Cause of noise		Order	
Unbalance of rotors		1	
Defects of Bearing	Front	Defect of ball	3.75
		Defect of inner race	4.37
		Defect of outer race	2.62
	Rear	Defect of ball	4.56
		Defect of inner race	4.32
		Defect of outer race	2.77
Fan	Front	9	
	Rear	11	
Rotor segments		12	
Stator slots		36	

전 부하 상태에서 실험을 실시하였다. 무 부하라는 것은 교류발전기가 발전하지 않는 상태, 즉 회전자의 코일에 전류가 흐르지 않는 상태를 말하며 완전 부하 상태는 교류발전기가 낼 수 있는 출력

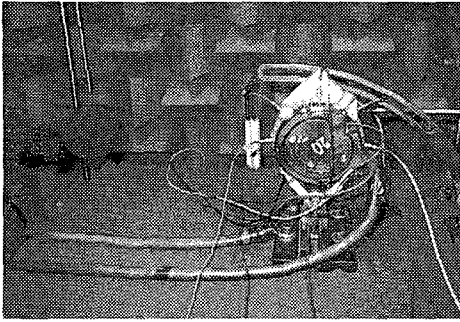


Fig. 3 Overview of test set-up

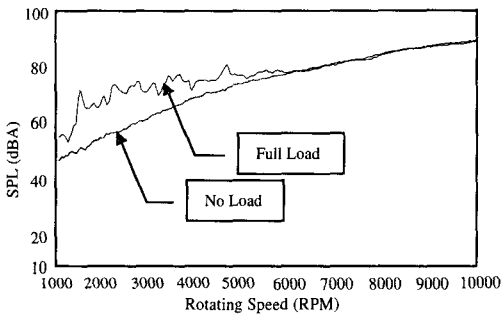


Fig. 4 Overall noise level of alternator

을 최대로 발전하는 상태, 즉 회전자 코일에 전류가 지속적으로 흐르는 상태를 말한다. Fig. 4는 교류발전기의 회전수에 대한 완전 부하 상태와 무부하 상태에서의 음압 분포를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 약 6000RPM 이하 범위에서 두 경우의 음압의 차이가 회전수에 따라 다르기는 하지만 큰 곳은 약 20[dBA] 정도로 뚜렷함을 알 수 있다. 이 차이는 부하 유/무에 의한 것으로 생각된다. 앞의 2.1 절과 2.2 절에서 보였던 소음 성분들의 전체 음압에 대한 기여도를 차수 분석을 통하여 살펴보았다. Fig. 5와 Fig. 6은 각각 완전 부하 상태와 무 부하 상태에서의 6 차, 9 차, 11 차, 12 차, 24 차, 36 차 성분의 전체 음압에 대한 기여도를 나타내고 있다. Fig. 5에서 36 차 성분이 6000RPM 이하의 전체 음압값에 가장 크게 기여하고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 무 부하 상태에서는 각각의 차수 성분들의 전체 음압값에 대한 기여도의 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 특히 Fig. 5와 Fig. 6을 비교해 볼 때 12 차, 24 차, 36 차 성분의 음압 크기가 서로 뚜렷한 차이를 나타내고 있다. 이 차이는 완전 부하의 경우 회전자 코일에 전류가 흐르므로써 발생하는 전자기적인 원인에 의한 것으로 판단된다. 그리고 Fig. 5에서

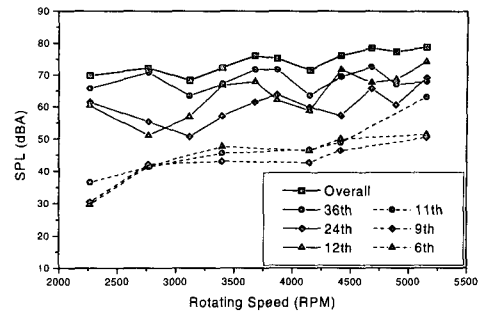


Fig. 5 Order analysis results of noise under full load condition

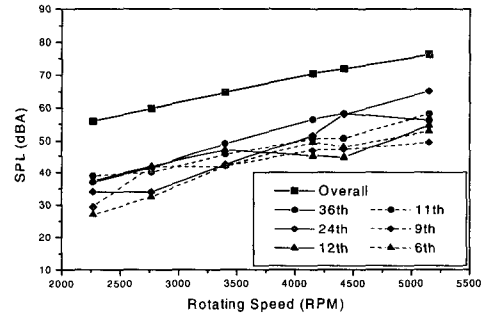


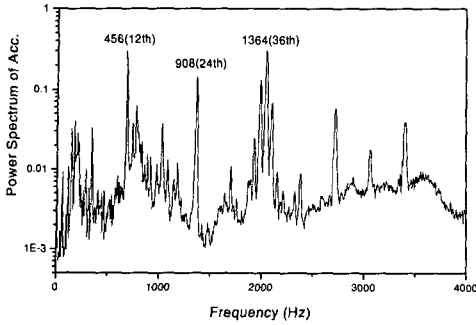
Fig. 6 Order analysis results of noise under no load condition

12 차, 24 차, 36 차 성분이 6 차, 9 차, 11 차 성분보다 전체 음압값에 상대적으로 크게 기여하고 있는 것을 알 수 있는데, 이것은 전자기적 원인에 의한 소음이 웬에 의한 소음보다 크다는 것을 말해준다.

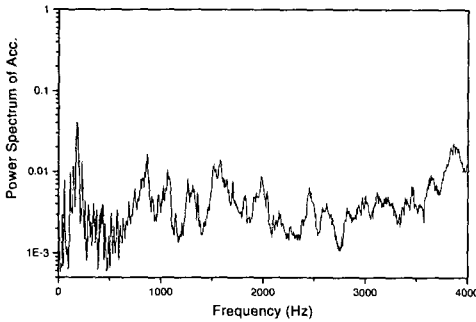
이상의 결과로부터 본 연구 대상 교류발전기의 완전 부하시에 6000RPM 이하의 회전수에서 기계적 원인에 의한 소음이나 공기역학적 원인에 의한 소음은 크지 않고 전자기적 원인에 의한 것이 전체 소음의 주된 성분임을 알 수 있다.

2.4 부하 변동에 따른 진동 특성 변화 측정 실험

교류발전기의 진동 특성에 대한 전자기적 영향을 알아보기 위하여 교류발전기의 고정자가 Frame과 결합된 부분에 반경 방향으로 가속도계를 설치하고 진동을 측정하였다. 소음 실험에서와 마찬가지로 완전 부하 상태와 무 부하 상태에서 진동을 측정하였다. Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)는 각각



(a) Full load condition



(b) Full load condition

Fig. 7 Vibration spectrum at 3400RPM

완전 부하 상태와 무 부하 상태에서의 회전수 3400RPM 에서의 가속도 신호를 보여주고 있다. 소음에서와 같이 무 부하 시에 비해 완전 부하 시에 12차, 24차, 36차 성분이 커지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 완전 부하 시의 진동도 소음에서와 마찬가지로 주로 전자기적 원인에 의해 발생하는 것임을 알 수 있다.

3. 고정자 슬롯 수가 소음에 미치는 영향 분석을 위한 방법 제시

3.1 구조 변경안 제시

제 2 절의 연구결과에서 교류발전기의 소음에 가장 큰 영향을 주는 것은 고정자 슬롯 수와 동일한 36차 성분임을 알 수 있다. 또한 진동 신호에서도 36차 성분의 신호가 탁월하게 나타나고 있다. 그러나, 고정자 슬롯 수와 회전자 이 수가 정확히 배수 관계에 있으므로, 소음/진동 신호의 36

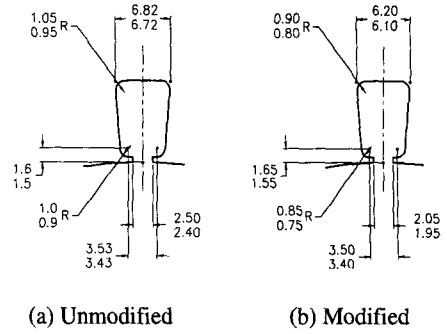


Fig. 8 Geometry of stator slot

차 성분에는 고정자 슬롯 수의 영향뿐만 아니라 회전자 이 수의 영향인 12차성분의 고차 성분이 포함되어 있을 것으로 판단된다. 이에, 본 연구에서는 고정자 슬롯 수의 변화를 통해 교류발전기 소음의 가장 큰 요인인 36차 성분의 크기를 분산시킴으로써 고정자 슬롯 수가 소음에 미치는 영향을 살펴보고, 교류발전기의 주된 소음이 고정자의 슬롯 수에 의한 것이라는 기존 문헌에서의 주장을 실험적으로 검증하고자 한다. 더불어 36차 성분의 큰 피크를 분산 시킴으로써 소음 저감 효과를 얻을 수 있는지 여부를 실험적으로 분석 해보하고자 한다. Fig. 8(a)는 기존의 36개의 슬롯을 가진 고정자의 슬롯이고 Fig. 8(b)는 슬롯 수를 회전자의 이 수와 상호 배수 관계에 있지 않게 하기 위하여 42개로 변경한 고정자의 슬롯이다.

3.2 구조 변경 후의 교류발전기에 대한 소음 실험

구조 변경 후의 교류발전기에 대한 소음 실험은 2.3 절의 구조 변경 전의 교류 발전기 소음 실험과 동일한 조건에서 실시하였다. 앞의 2.3 절에서 보였듯이 교류 발전기의 주된 소음 성분은 완전 부하 시 전자기적 원인에 의해 발생하는 것이므로, 본 절에서는 완전 부하 시의 실험 결과를 중심으로 구조 변경 후 고정자 슬롯 수가 42개인 교류발전기의 소음 특성을 분석하고자 한다.

Fig. 9는 구조 변경 후의 완전 부하 시 전체 음압과 12차, 24차, 36차와 추가된 42차 성분의 음압을 나타내고 있다. Fig. 5에서 가장 큰 값을 가지는 고정자 슬롯 수 36개와 관련된 소음의 36차 성분의 크기가 Fig. 9에서는 상대적으로 크게 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이는 본 연구에서 고정자 슬롯 수를 42개로 변경함으로써 얻어지는 결과이다. 그런데 고정자 슬롯 수가 42개이므로 이와 관련된 42차 성분의 소음이 크게 나타날

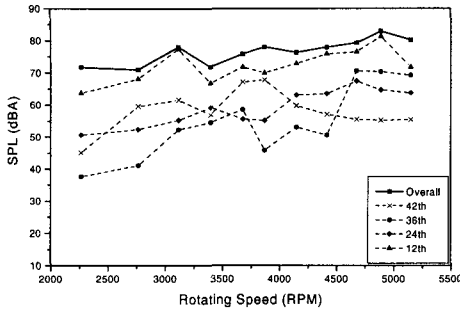


Fig. 9 Noise of modified alternator for full load condition

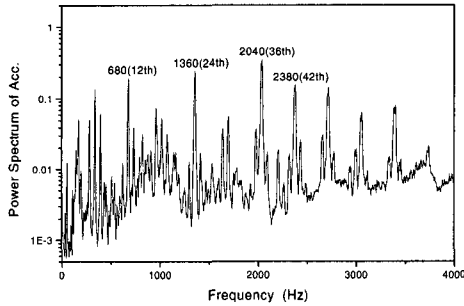
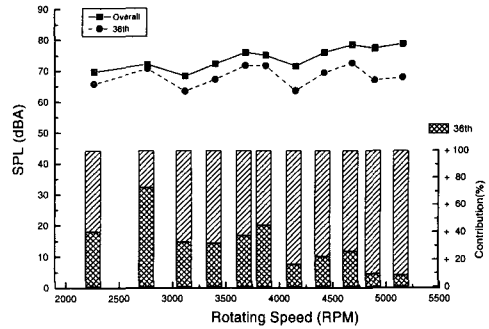


Fig. 10 Vibration spectrum of modified alternator for full load condition

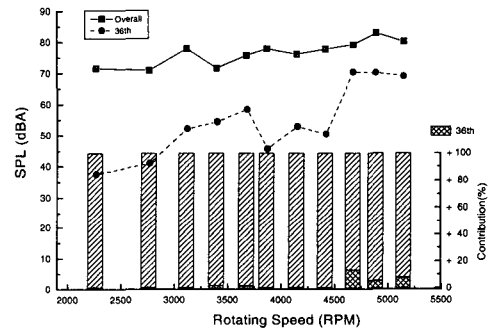
것으로 생각되지만 Fig. 9에서 확인할 수 있듯이 42차 성분은 구조 변경 전에 문제가 되었던 36차 성분의 크기에 비하여 그다지 크지 않다. 그 반면에 회전자 이 수에 관련된 12차 성분의 소음이 다른 성분들에 비해 크게 나타나고 있다. 각 차수 성분들에 대한 분석은 다음장인 제 4 절에서 구조 변경 전의 교류발전기의 소음 신호와 비교를 통해 좀 더 자세히 다루도록 하겠다.

3.3 구조 변경 후의 교류발전기에 대한 진동 실험

소음실험과 마찬가지로 진동 실험 또한 구조 변경 전의 실험과 동일한 조건으로 실시하였다. Fig. 10은 구조 변경 후 완전 부하 시의 회전수 3400RPM에서의 가속도 신호를 나타내고 있다. 그림을 살펴보면 가속도 신호의 12차, 24차, 36차, 42차 성분이 큰 피크값을 가진다. 슬롯 수를 36개에서 42개로 변경하였으므로 36차 성분의



(a) Unmodified stator



(b) Modified stator

Fig. 11 Contribution of 36th component for noise

감소를 기대했으나 여전히 36차 성분이 높게 나타나고 있다. 결국 가속도 신호의 36차 성분은 고정자 슬롯 수에 전적으로 의존하는 것이 아니라는 것을 말해준다. 하지만 42차 성분을 감안하면 고정자 슬롯 수의 영향 또한 무시할 수 없는 수준이다.

4. 고정자 구조 변경 전/후의 소음 신호 비교 분석

본 장에서는 제 2 절과 제 3 절의 연구 결과를 토대로 소음 신호의 각 차수 성분을 비교 분석하여 교류발전기 구조 변경 전/후 소음에 가장 큰 영향을 미치는 소음원을 알아보고 본 연구에서 시도하고 있는 고정자 슬롯 수 변경이 교류 발전기의 소음 특성에 어떤 영향을 미치는지에 대해 살펴보고자 한다. 제 2 절의 연구에서 교류발전기의 소음에 가장 큰 영향을 미치는 성분은 36차

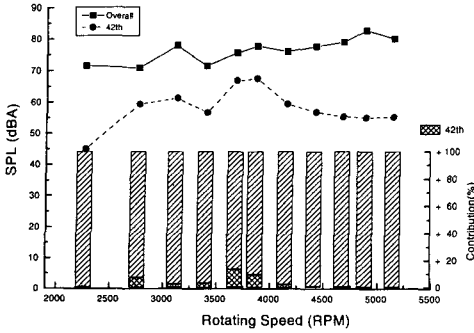


Fig. 12 Contribution of 42nd component for noise

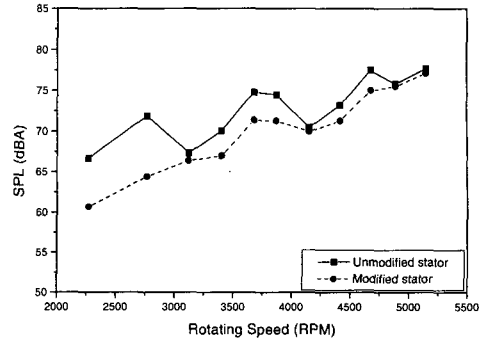
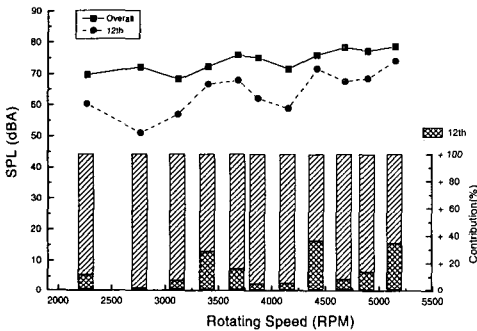
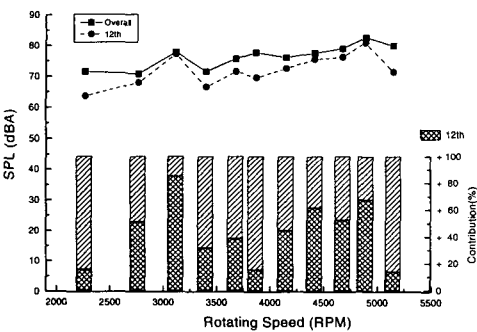


Fig. 14 Overall noise level between 1kHz and 3kHz



(a) Unmodified



(b) Modified

Fig. 13 Contribution of 12th component for noise

성분임을 밝혔다. 따라서 먼저 구조 변경전의 고정자 슬롯 수와 관련된 36차 성분의 기여도 변화에 대해 살펴보겠다. Fig. 11은 구조 변경 전/후 소음의 36차 성분의 전체 음압에 대한 기여도를 나타내고 있다. 그림에서 선으로 그린 부분은

왼쪽 축 위에 표시된 음압을 나타내고 사각형으로 그린 부분은 오른쪽 축 위에 표시된 기여도를 나타낸다. 기여도 그림은 해당 회전수에서의 전체 음압을 100%로 할 때 사각형 그림 중 아래 부분이 36차 성분의 기여도를 나타낸다. 그림에서 구조 변경 전/후 36차 성분의 음압 크기는 앞의 4.2절에서 잠시 살펴 보았듯이 구조 변경 전에 비해 변경 후에 크게 작아졌고 전체 음압에 대한 기여도 또한 구조 변경 전에 큰 기여도를 보이던 것이 변경 후에는 36차 성분이 전체 음압에 크게 기여하지 못하고 있다. 이는 본 연구에서 고정자 슬롯 수가 36개에서 42개로 변경되었으므로 36차 성분의 가장 큰 발생 원인이 감소한 결과이다. Fig. 12는 구조 변경 후 고정자 슬롯 수에 해당하는 42차 성분의 음압과 전체 음압에 대한 기여도를 나타내고 있다. 42차 성분의 음압이 Fig. 11(b)의 36차 성분보다는 조금 높은 값을 갖지만 역시 전체 음압에 대한 기여도는 크지 않다. 구조 변경 전에는 전체 음압에 가장 큰 기여를 했던 고정자 슬롯 수에 관련된 36차 성분에 비해 구조 변경 후 고정자 슬롯 수에 관련된 42차 성분의 기여도가 크지 않은 것으로 보아 구조 변경 전의 36차 성분이 고정자 슬롯 수만의 영향이라고 하기는 어렵다. 왜냐하면 만약 구조 변경 전의 36차 성분이 모두 고정자 슬롯 수의 영향이었다면 구조 변경 후 고정자 슬롯 수와 관련된 42차 성분의 기여도가 높게 나타나야 할 것이기 때문이다. 결국 이것은 본 논문의 앞부분에서 제기했던 구조 변경 전의 36차 성분 중에는 고정자 슬롯 수의 영향만이 아닌 회전자 이 수의 영향이 복합적으로 작용한 것이라는 사실을 말해준다. Fig. 13은 12차 성분의 전체 음압에 대한 기여도를 보인데 구조 변경 전에 비해 변경 후에 기여도가 크

게 증가한 것을 확인할 수 있다. 12차 성분은 회전자 이 수에 관련된 것으로 구조 변경 후에 소음은 주로 회전자 이 수의 영향으로 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 구조 변경 전/후에 1kHz ~ 3kHz에서의 음압을 나타낸 Fig. 14를 보면 구조 변경 후에 음압이 이 영역에서 감소한 것을 확인할 수 있다. 이것은 비교적 고주파 영역인 1kHz ~ 3kHz 사이에 존재하였던 36차 성분이 구조 변경 후 크게 감소하였고 42차 성분이 존재하지만 구조 변경 전의 36차 성분보다 작은 값을 가지기 때문이다. 따라서 구조 변경 후 1kHz ~ 3kHz 영역에서의 소음 특성이 구조 변경 전에 비해 향상되었다고 할 수 있다.

5. 결론

회전수 6000RPM 이하에서 기존의 교류발전기의 주요 소음 발생 원인은 전자기적인 원인에 의한 것이고, 그 중 전체 소음에 가장 큰 영향을 주는 성분은 고정자 슬롯 수에 회전주파수를 곱한 값과 일치하는 주파수를 갖는 성분임을 확인하였다. 연구 대상 교류발전기의 구조 변경 후 소음은 36차 성분이 크게 감소하였지만 아직 36차 성분의 일부가 나타나고 있다. 또한 42차 성분이 나타나지만 구조 변경 전의 36차 성분보다 전체 음압에 대한 기여도가 작다. 만약 구조 변경 전의 36차 성분이 모두 고정자 슬롯 수에 의한 영향으로 발생된 것이라면 구조 변경 후에 42차 성분의 기여도가 가장 높게 나타나야 할 것이다. 따라서 구조 변경 전 전체 음압에 가장 큰 영향을 미치는 36차 성분이 고정자 슬롯 수만의 영향이라고 말하기 어렵고 회전자 이 수의 영향이 복합적으로 작용하여 발생된다 할 수 있다. 따라서 기존의 문헌에서 밝히고 있는 사실과는 달리 교류발전기의 가장 큰 소음 성분이 모두 고정자 슬롯 수에 의한 것은 아니라는 것을 알 수 있다.

구조 변경 후 1kHz ~ 3kHz 사이의 음압의 크기가 뚜렷하게 감소하였다. 이것은 회전자 이 수와

고정자 슬롯 수가 상호 배수 관계에 있지 않게 하여 회전자 이 수의 영향과 고정자 슬롯 수의 영향을 분리함으로써 구조 변경 전에 주로 1kHz ~ 3kHz 영역에 존재하던 높은 값의 36차 성분이 구조 변경 후 크게 감소한 반면 구조 변경 후의 42차 성분은 큰 값을 갖지 않기 때문이다. 또한 이것은 실제 자동차에서 1kHz ~ 3kHz 영역에서 소음을 발생시키는 부품이 주로 교류발전기이고 사람이 민감하게 느끼는 주파수 영역이 1kHz ~ 3kHz임을 감안하면 자동차의 소음 특성 향상에 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

실험 장치 제작 및 실험에 협조해 주신 대우기전공업주식회사 기술연구소 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 은희준 외, 1988, "자동차용 Alternator의 소음 특성 규명 및 소음 감소 대책 강구," 한국표준연구소.
- (2) Suh, S. J., Chung, J. T., Lim, B. D. and Hwang, C. H., 1991, "Case History: Noise Source Identification of an Automobile Alternator by RPM Dependent Noise and Vibration Spectrum Analysis," *Noise Control Eng.J.*, 37, pp. 31~36.
- (3) 차항병, 장경환, 1997, "차량용 교류발전기의 전자기소음 특성에 관한 연구," 한국소음진동공학회지, pp. 663~668.
- (4) Frederick, D. M. and Lauchle, G. C., 1995, "Aerodynamically-Induced Noise in an Automotive Alternator," *Noise Control Eng.J.*, 43(2), pp. 29~37.
- (5) Ayers, C. W., 1998, "Electrical Signature Analysis for Automotive Alternator Diagnostics," *Sound and Vibration Magazine*, pp. 20~25.
- (6) Yang, S. J., 1981, *Low-Noise Electrical Motors*, Clarendon Press.
- (7) Teruo Igarashi, 1982, "Studies on the Vibration and Sound of Defective Rolling Bearing," *JSME*, Vol. 25, No. 204.