

# 유성기어 소음저감을 위한 캐리어 위상차 설계에 관한 연구

## A Study on the Design of the Carrier Phase Difference for the Planetary Gear Noise Reduction

박기호† · 김태훈 · 정상진 · 위혁 · 이국선\*

Ki Ho Park, Tai Hoon Kim, Sang jin Jung, Hyuk Wee, Gook Sun Lee

### ABSTRACT

There is a merit a planetary gear set disperses a delivery load, and to decrease loss of friction and noise. But, in addition to meshing this internal and external gear simultaneously and phase difference by the tooth contact point and the time difference occurs asymmetric and symmetric sideband noise and vibration caused by the modulation in the vehicle. Existing planetary gear set research have progressed to reduce the cause of the sideband as run-out, pitch error and imbalance. In this paper presents a method for the design of the carrier phase difference by developing various theorys and experiments for gear noise.

**Key Word** : Planetary Gear Set, Phase Difference, Modulation, Sideband

### 1. 서 론

다수의 유성기어를 사용하는 자동변속기의 경우에는 소음의 진폭과 주파수가 동일할지라도 맞물림 위치나 시간 차이에 의해 위상차가 생기며, 이로 인하여 맞물림 오더 성분의 진폭 보다 매우 높은 비대칭(asymmetry)의 측대파 소음 성분이 발생한다. 따라서 유성기어의 상대적인 맞물림 위치와 잇수에 따라 달라질 수 있는 위상에 대한 분석 및 비대칭의 측대파 성분 예측에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>(1)-(2)</sup>

기존에 진행되온 연구들의 공통점은 런아웃, 편심 그리고 피치오차등과 같은 변조된 측대파의 원인을 해결하여 유성기어 소음을 저감시키는 결과이다. 하지만 대량으로 생산되는 가공 공정에서 유성기어의 품질 편차는 발생하며, 생산 단계에서 측대파의 원

인을 규명하고 기준을 마련하여 현장에 실무적으로 적용하기에는 현실적으로 어려움이 많다.

따라서 본 연구에서는 (1) 실제 차량에서 문제가 되었던 자동변속기의 유성기어 체원을 가지고 맞물림 오더, 변조된 측대파 오더 그리고 맞물림 위치에 따른 위상관계를 예측하였다. (2) 또한, 측대파 소음이 발생한 유성기어 캐리어의 홀 위치를 변경하여 위상 중첩을 회피한 샘플을 제작하여 실험적으로 소음개선 효과를 확인하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 측대파의 위상 분석

##### (1) 현 기어 체원 분석

본 연구에 사용된 유성기어는 5단 자동변속기에 적용된 단순유성기어이며, 링(ring) 기어와 피니언(pinion) 기어 그리고 피니언 기어과 선(sun) 기어가 동시에 맞물리면서 치접촉이 동시에 발생한다. 또한, 피니언 기어는 5개가 등간격으로 배치되어 있으며 링 기어는 입력축, 선 기어는 고정 그리고 캐리어는 출력축으로 동력을 전달하는 구조임을 Table 1을 통해 확인 할 수 있다.

† 교신저자; 현대파워텍

E-mail : vibman@powertech.co.kr

Tel : (031) 369-5314, Fax : (031) 369-5222

\* 현대파워텍

**Table 1** The planetary gear set parameters

Gear	No. of teeth	Mesh order	Order
Sun	54	35.19	0(고정)
Aulus	101	35.19	1
Pinion	24	35.19	
Carrier			0.652

(2) 측대파의 위상 분석

링 기어와 피니언 기어 그리고 피니언 기어와 선 기어가 맞물릴 때의 위상을 Table 2와 같이 분석하였다. 링 기어와 피니언 기어 사이에서는 (-)1<sup>st</sup> 측대파 성분이 그리고 피니언 기어와 선 기어 사이에서는 (+)1<sup>st</sup> 측대파 성분이 위상 중첩으로 전달오차가 증대되고 이로 인해 유성기어 소음 발생이 증대 될 것으로 판단 된다. 따라서 기어의 맞물림 각도(mesh angle)와 편심 거리(throw of eccentric)을 고려하여 홀 위치를 비등간격으로 변경한 결과 측대파 성분의 위상 중첩이 Table 3와 같이 개선되었다.

**Table 2** The calculated phase shifts at 5 mesh equally spaced point(unit : degree)

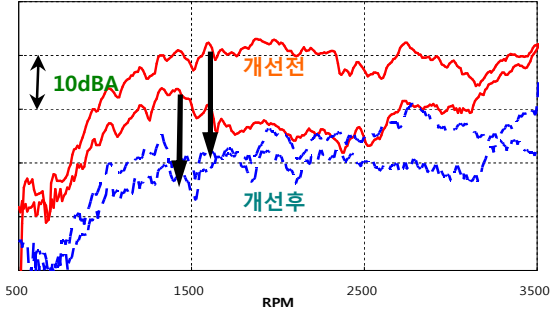
Gear		P1	P2	P3	P4	P5
Annulus -pinion	(-)1 <sup>st</sup> sideband	120	120	120	120	120
	(+)1 <sup>st</sup> sideband	180	324	108	252	36
Pinion -sun	(-)1 <sup>st</sup> sideband	150	6	222	78	294
	(+)1 <sup>st</sup> sideband	210	210	210	210	210

**Table 3** The calculated phase shifts at 5 mesh non-equally spaced point (unit : degree)

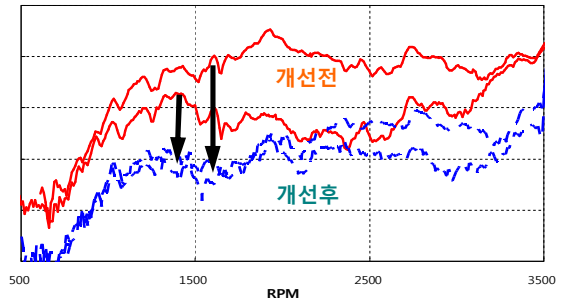
Gear		P1	P2	P3	P4	P5
Annulus -pinion	(-)1 <sup>st</sup> sideband	0	127.7	104.5	255.5	232.3
	(+)1 <sup>st</sup> sideband	144	51.1	185.8	102.2	236.9
Pinion -sun	(-)1 <sup>st</sup> sideband	216	308.9	174.2	257.8	123.1
	(+)1 <sup>st</sup> sideband	0	232.3	255.5	104.5	127.7

**2.2 개선샘플 대상소음 평가 결과**

Fig 1~2는 가속 구간에서 (+)1<sup>st</sup> 측대파 대상 소음을 부하에 따라 비교한 결과이다. 개선 샘플로 제작된 비등간격 샘플은 1~2단 모두 저토크(50Nm)에서는 약 10dBA, 고토크(200Nm)에서는 약 15dBA 소음 개선 효과를 확인 할 수 있다.



**Fig.1** 1shift, acceleration, 50Nm/200Nm



**Fig.2** 2shift, acceleration, 50Nm/200Nm

**3. 결 론**

(1) 유성기어 제원을 통해 변조된 측대파 성분의 위상을 분석하고, 맞물림 위치에 따른 위상 중첩에 의한 소음/진동 발생을 예측하였다.

(2) 캐리어 홀 위치를 비등간격으로 변경하여 위상 중첩을 회피하는 설계 방법을 제시하였고 샘플을 제작하여 실험적으로 개선 효과를 확인하였다.

(3) 따라서, 초기 유성기어 개념 설계 단계에서 측대파 성분의 위상 중첩을 회피하고 위상차 설계를 통해 소음을 저감시키는 방안으로 매우 효과적이며 활용 가치가 높을 것으로 판단된다.

**참 고 문 헌**

1. Scott Yu and Stephen Kaatz, 2005, "Asymmetric Gear Noise Sidebands and Application to Planetary Gear Noise Reduction," SAE 2005 Noise and Vibration Conference and Exhibition

2. M. Inalpolat, A. Kahraman, 2009, "A theoretical and experimental investigation of modulation sidebands of planetary gear sets," Journal of Sound and Vibration, pp.677~696.