

수치적 접근에 의한 자동변속기의 유성기어비 역계산 알고리즘 개발

정건영^{*1)}·성동환¹⁾·구본현¹⁾·임원식²⁾·차석원¹⁾·국재창³⁾

서울대학교 기계항공공학부¹⁾·서울과학기술대학교 기계·자동차공학과²⁾·현대자동차³⁾

Development of the Algorithm for Reverse Calculation of the Planetary Gear Ratios in Automatic Transmission through Numerical Approach

Kun-yeong Jeong^{*1)} · Donghwan Sung¹⁾ · Bonhyun Gu¹⁾ · Wonsik Lim²⁾ · Suk Won Cha¹⁾ · Jae Chang Kook³⁾

^{*1)} School of Mechanical & Aerospace Engineering, Seoul National University, Silim9-dong, Kwanak-gu,
Seoul 151-744, Korea

²⁾ Department of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 232, Gongneung-ro,
Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

³⁾ R&D Division, Hyundai Motor Company, Jangduk-Dong, Hwaseong-Si, Gyeonggi-Do, 445-706, Korea

Abstract : Planetary gear ratios in automatic transmission need to be known in order to calculate the angular velocity ratios and torque distribution ratios of each gear or clutch components, and total gear efficiency. These parameters are important indicators which shows the performance of the transmission. In most cases, however, planetary gear ratios are not provided in the patent information. Only layout and clutch operations table are usually provided. Therefore, they should be calculated backwards with the layout, clutch operations table and total gear ratios.

1. 서 론

최근 대기오염 감소 및 배출가스 규제가 지속적
으로 강화됨에 따라 자동차 연비 개선의 중요성이
더욱 중요해지고 있다. 연비를 개선하기 위한 방
법에는 여러 가지가 있지만 변속기를 다단화하여
엔진의 작동점을 최적으로 유지하는 것도 효과적
인 방법 중 하나이다. 자동변속기를 다단화하려면
다양한 유성기어 및 클러치의 조합을 구성해야 한
다. 자동변속기는 유성기어의 다양한 배열 및 고
정 축, 클러치의 배열에 따라 여러 가지 구조가
존재하고 변속기의 성능 또한 다양하게 나타난다.
변속기를 개발하는 여러 회사들은 다양한 구조의
자동변속기를 고안하여 성능을 향상시키고 있다.

따라서, 자동변속기의 새로운 구조를 개발하는 단
계에서 경쟁사의 변속기를 분석하여 유사 구조를
회피하고 보다 더 좋은 성능을 추구하는 과정은 필
수적이다.

일반적으로 자동변속기의 특허 전문에는 요소들
의 배열을 나타내는 구조도와 각 변속단별 클러치
작동표 및 전체 기어 비까지는 나와 있지만 각 유
성기어들의 기어비가 표시되어 있지는 않다. 정해
진 기어 비의 유성기어들이 정해진 구조도 및 클러
치 작동표에 따라 작동한다면 변속기의 전체 기어
비가 결정된다. 즉, 특허 전문에 구조도, 클러치
작동표 및 전체 기어비의 정보가 있다면 유성기어
들의 기어비를 거꾸로 계산해 낼 수 있다. 본 논문
에서는 수치적인 접근을 통하여 유성기어 비를 계
산하는 이론적 방법 및 알고리즘을 제시하려 한다.
또한 계산한 유성기어비를 토대로 해당 변속기의

* 정건영, E-mail: jky4840@snu.ac.kr

효율, 유성기어 요소 및 클러치들의 상대속도 및 작용토크를 산출하여 실제 성능분석을 수행한다.

2. 본 론

- 1) 구조도 및 클러치 작동표의 수치 데이터화
자동변속기의 구조도와 각 변속단별 클러치 작동정보를 나타내는 작동표를 수치적인 데이터로 나타내어야 한다. 정해진 규칙에 따라 그림과 표를 수치 데이터로 환산하여 프로그램에서 처리할 수 있도록 한다.
- 2) System Matrix 구성
수치 데이터화된 구조도 및 작동표를 토대로 해당 변속기의 정보를 system matrix로 구성할 수 있다. 이 matrix를 풀면 각 요소들의 회전속도 및 토크를 계산해 낼 수 있다.
- 3) Error function에 대해 최적화 수행
 $\vec{a}$ (n개의 유성기어의 기어비를 나타내는 nx1 벡터) 값을 추정하여 대입하였을 때 도출되는 최종 기어비는 실제 기어비와 다르다. 이 오차를 모든 변속단에 대해 계산하여 더한 것을 error function으로 정의하고 $\vec{a}$ 를 iteration 하여 최적화를 수행한다. 이 값이 0에 가깝게 수렴하였을 때 $\vec{a}$ 도 참값에 가깝게 수렴한다.
- 4) 변속기의 성능 분석
작용 토크를 구하기 위해서는 토크를 나타내는 방정식을 써서 새로운 system matrix를 구성해야 한다. 이 때 효율 term을 추가해야 한다. 마찬가지로 $\vec{a}$ 를 이 system matrix에 대입하여 풀면 요소별 작용 토크 및 전체 기어 효율을 계산할 수 있다.
- 5) 계산 결과
다수의 서로 다른 변속기에 대해 계산을 수행해본 결과 대부분 $\vec{a}$ 를 구하는데 성공하여 높은 계산 성공률을 달성하였다. 그리고 클러치 작동표에 나타나 있는 변속단별 실제 기어비와 $\vec{a}$ 계산 결과를 대입하여 얻은 기어비 사이의 RMS 오차를 확인한 결과 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 의 order로 신뢰도가 매우 높음을 알 수 있었다. 계산하는 데에 걸리는 시간은 $\vec{a}$ 의 초기 추정값과 관련이 크다.

3. 결 론

여러 회사에서 개발되어 현재 제품으로 출시되어 있는 다양한 변속기 구조에 대해 계산을 수행하여 유성기어비도 찾아내고 각각의 성능 인자도 도출하였다. 이로써 다양한 주행상황에서 어떤 변속기가 더 효율적인지 서로 비교해 볼 수 있었다. 또한 변속시점에서 유성기어 요소들의 상대속도와 클러치에서의 상대 속도를 참고하여 클러치 유압 제어 및 부품의 내구성을 보다 더 유리하게 하려면 어떻게 설계해야 하는지, 각 변속단에서 토크 분배를 확인하여 구조적으로 얼마나 강하게 설계해야 하는지 알 수 있었다.

후 기

본 논문은 현대 자동차 그룹의 산학연구 지원 및 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2009-0083495)의 일환으로 수행되었습니다.

References

- 1) 김충, 김주호, 천길정, 정태형, 한동철, “차량용 변속기 유성 기어열의 동특성 해석”, 한국자동차공학회 1996년 추계학술대회논문집 1호, pp.135-142, 1996.