

휠로더 자동변속기 변속제어 알고리즘 모델링 및 해석

The Shift Control Algorithm Modeling and Analysis of Automatic Transmission for Wheel Loader

*윤웅권¹, #이근호¹, 김도식¹, 이준혁¹, 정규홍², 송창섭³

*U. K. Yun¹, #G. H. Lee¹(ghlee762@kimm.re.kr), D. S. Kim¹, J. H. Lee¹, G. H. Jung², C. S. Song³
¹한국기계연구원 기계시스템신뢰성연구센터, ²대전대학교 기계설계공학과, ³한양대학교 기계공학부

Key words : Wheel Loader, Automatic Transmission, Shift Control Algorithm

1. 서론

휠로더는 건설현장에서 토사의 상하차 작업 및 자재 운반에 이용되는 건설 장비로써 신속한 기동성 및 높은 작업 성능으로 인해 수요가 증가하는 추세이다. 이중 변속기는 운전자의 편의를 위해 자동변속기의 장착이 일반화되는 추세이지만 국내의 설계 기술과 개발경험이 많지 않기 때문에 외국의 자동변속기 전문 생산업체로부터 수입하여 장착하는 경우가 대부분이다.

본 연구에서는 엔진을 비롯한 토크컨버터, 자동변속기, 자동장치, 중감속기로 구성되는 동력전달장치를 MSC.EASY5를 이용하여 모델링하였다. 그리고 변속기의 기어트레인과 변속제어 알고리즘의 변속맵을 함께 구성하였다. 클러치의 작동상태는 전진1단부터 전진4단까지 이루어지며 이를 이용하여 휠로더 차량의 해석 방법과 결과를 제시한다.

2. 휠로더 자동변속기 구조 및 특성

휠로더의 기어트레인과 클러치 작동 상태 및 변속제어 알고리즘은 다음과 같다. 6개의 클러치 중 2개의 클러치는 방향을 결정하고 4개의 클러치는 단수를 결정하여 출력속도를 결정한다.

2.1 휠로더 자동변속기의 기어트레인

휠로더용 자동변속기는 15개의 헬리컬 기어열로 구성되어 있으며, 전진4단과 후진3단의 작동 상태를 보여준다. Fig 1은 휠로더용 자동변속기 기어트레인 및 클러치의 구조를 나타낸다.

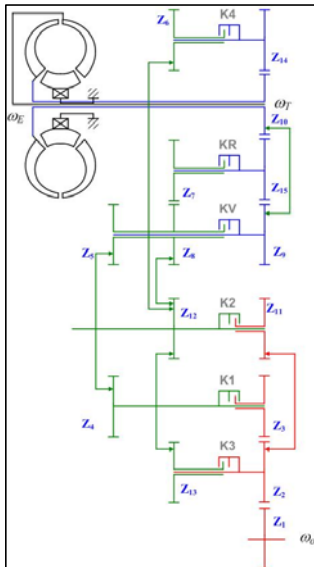


Fig 1 Wheel Loader AT Geartrain Structure

전진4단 후진3단의 특성을 갖고 있으며 각 단별 클러치 작동 상태는 Table 1과 같다.

Table 1 Clutch Engagement in Automatic Transmission

Gear	KV	KR	K1	K2	K3	K4
N	-	-	-	-	-	-
F	1	○	-	○	-	-
	2	○	-	-	○	-
	3	○	-	-	-	○
	4	-	-	-	-	○
R	1	-	○	○	-	-
	2	-	○	-	○	-
	3	-	○	-	-	○

2.2 변속제어 알고리즘

승용차 변속맵의 경우 스로틀과 차량 속도로 구성되어 있지만, 휠로더 변속맵은 스로틀에 대한 정보는 이용하지 않으며 변속기 입력 토크와 변속기 출력 속도에 의해 결정된다.

Fig 2는 휠로더 TCU에 적용되는 변속맵을 나타낸다.

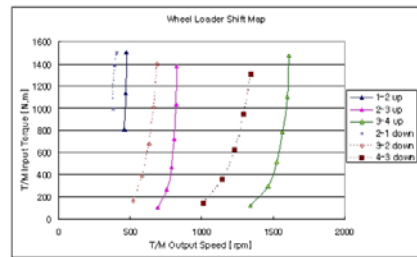


Fig 2 Wheel Loader Shift Map

3. 시스템 모델링

휠로더의 시스템 모델링에서 자동변속기와 변속제어 알고리즘은 서브모델을 이용하여 상세 모델링으로 구성하였고, 엔진과 토크컨버터, 자동장치, 중감속기를 비롯한 동력전달장치를 모델링하였다.

3.1 Automatic Transmission Modeling

휠로더의 기어트레인과 클러치를 포함한 자동변속기의 상세 모델링은 Fig 3과 같다.

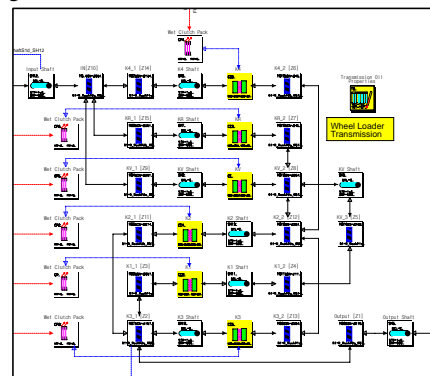


Fig 3 Wheel Loader Automatic Transmission Modeling

3.2 Control Algorithm Modeling

Fig 4는 변속맵을 포함한 휠로더의 제어 알고리즘의 모델링이다. 변속기의 입력토크와 출력속도를 이용하여 변속시점을 결정하고, 결정된 신호에 의해 각각의 클러치로 압력이 작동하여 각 단에 맞는 기어가 구동이 되도록 모델링을 하였다.

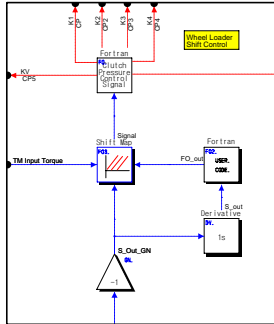


Fig 4 Control Algorithm Modeling

3.2 Vehicle Modeling

자동변속기와 제어알고리즘을 서브모델로 한 동력전달 시스템의 전체 차량 모델은 Fig 5와 같다. 또한 시뮬레이션에서 이용한 각 Component의 주요 사양은 Table 2와 같다.

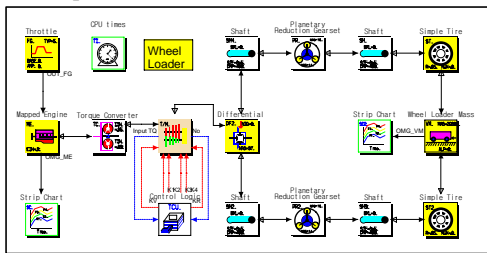


Fig 5 Vehicle Modeling

Table 2 Specification of Wheel Loader Simulation

Item	Unit	Value
Engine Power	KW	260
Vehicle Mass	Kg	29,300
Engine Speed (max.)	rpm	2,500
T/C Turbine Inertia	kg.m ²	0.03
T/C Impeller Inertia	kg.m ²	0.05
Tire Radius	m	0.85
Gear Helix Angle	deg	20

4. 결과 및 고찰

MSC.EASY5를 이용한 차량의 해석 결과는 Fig 6, Fig 7과 같다. 차량속도와 엔진속도의 그래프에서 알 수 있듯이 전진4단의 특성을 볼 수 있고, 이때의 엔진토크와 각각의 클러치 작동상태를 볼 수 있다.

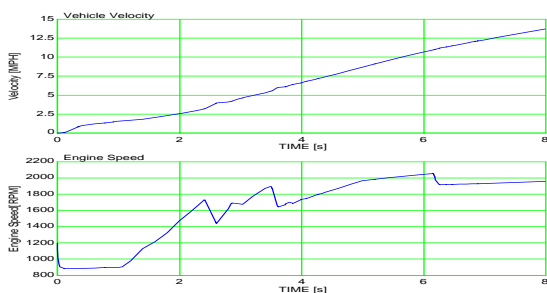


Fig 6 Vehicle Velocity & Engine Speed

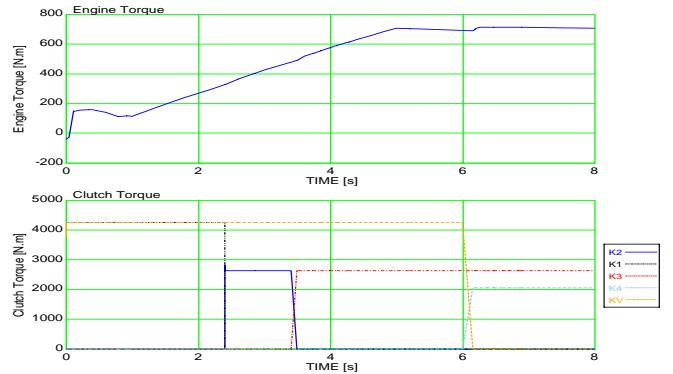


Fig 7 Engine Torque & Clutch Torque

Fig 7에서 볼 수 있듯이 각 단의 변속시점에서 각각의 클러치가 접속되고 해제됨을 볼 수 있고, 각각의 클러치의 특성에 맞는 클러치 전달 토크 용량을 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 휠로더의 엔진에서부터 현재 개발 중인 변속기를 포함한 타이어까지 동력전달시스템의 모델링을 함으로써 변속제어 알고리즘이 휠로더의 차량 해석에 적용되는 방법을 제시한다.

- 1) 휠로더의 차량모델과 변속기의 시스템 해석을 위한 모델을 구현하였다.
- 2) 주행모드에서 휠로더의 변속맵을 적용하여 전진 4단까지의 특성을 확인하였다.
- 3) 자동변속기 시스템의 상세 모델링과 해석을 통해서 현재 개발 중인 기어트레인의 정당성을 확인하였다.
- 4) 향후 유압시스템 모델의 추가로 상세 시스템 해석이 요구된다.

후기

본 연구는 산업자원부 부품소재기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 관계자분들께 감사의 말씀 드립니다.

참고문헌

1. 정규홍, 신상호, 이승일, 김형준 "휠로더 자동변속기용 TCU 성능 분석기 개발," 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집 Vol. III, 1405-1410, 2006
2. 정규홍, 이교일 "건설차량용 자동변속기의 변속제어기 개발 연구," 한국자동차공학회 논문집 제10권 제2호, 234-242, 2002.
3. 정규홍, 이교일 "휠로더 자동변속기의 TCU 개발 연구," 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집 1호, 684-690, 2000.
4. 오주영, 이근호, 김도식, 이준혁 "클러치 직접 제어 방식을 이용한 지게차용 자동변속기의 클러치 시스템 모델링 및 변속 특성 해석," 한국 정밀공학회지, 99, 149-150, 1999.
5. 이기훈, 이근호, 강경모, 신상호 "동적 시스템 모델링을 이용한 지게차 자동변속기의 시뮬레이션 및 해석," 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집 Vol. II, 897-902, 2006.
6. ZF-ERGOPOWER Transmission 4WG-260, ZF, 2001.
7. EASY5 User Guide, MSC Software, 2002