

5-모드 하이브리드 동력전달 시스템의 정상상태 성능분석

임원식^a, 김남웅^a, 최완목^b, 박성천^{b*}

Steady State Performance Analysis of Five-mode Hybrid Power Transmission Systems

Won-sik Lim^a, Nam-woong Kim^a, Wan-mug Choi^b, Sung-cheon Park^{b*}^a Dep. of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Republic of Korea^b Dept. of Automotive, Yeosu Institute of Technology, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received	22	October	2013
Revised	9	December	2013
Accepted	12	February	2014

Keywords:

High efficient vehicle
Clean diesel vehicle
Hydrogen fuel cell vehicle
Electric vehicle
Hybrid vehicle
Dynamic performance

ABSTRACT

The core of the automotive industry's strategy to handle the climate change can be explained as the development and distribution of the vehicles with high fuel efficiencies and low emission. Clean Diesel, hydrogen fuel cell, electric, and especially hybrid power-train vehicles have been actively studied. This paper dynamically analyzes the performance of a hybrid system's five driving modes. The research subject consists of one engine, two electric motors, two simple planetary gears, and one compound planetary gears with five clutches. To define the steady state equation of the system, interaction formulas of five driving modes are introduced with motion variables and torque variables. These formulas are then used to analyze the speeds, torques, and power flows of each mode.

1. 서론

지구 환경 변화에 대처하는 자동차 산업 전략의 골자는 배기가스 저배출, 고연비 차량에 대한 연구와 보급으로 설명할 수 있다^[1]. 유럽 중심의 크린디젤차량은 디젤의 연소 특성상 가솔린에 비해 많이 배출되는 NOx와 PM 저감 기술과 더불어 많은 진척을 이루고 있으며^[2], 수소연료전지차, 전기자동차, 하이브리드와 같은 차량에 높은 관심을 갖고 연구가 활발히 진행되고 있다^[3].

우리나라 역시 세계적인 환경규제에 대응하는 연구가 이루어지고 있다. 그 가운데 하이브리드 차량에 대한 관심이 크다^[4]. 하이브리드의 좁은 모터구동 운전영역에 대해 넓은 폭의 운전 영역 구현

을 위한 연구가 진행되고 있다. Kim^[5] 등은 다중모드 하이브리드 시스템에 대해 2개 이상의 분기모드와 고정기어모드를 사용하는 시스템 효율에 대해 연구 하였고, Lim^[6] 등은 1개의 엔진과 2개의 모터로 구동되는 시스템의 동력전달성능에 대하여 동적 성능분석을 하였다.

본 논문에서는 엔진 1개, 전기 모터 2개, 단순유성기어 2개, 복합 유성기어 1개 그리고 5개의 클러치로 구성되어있는 하이브리드 시스템의 5개 모드에 대한 동적 성능을 분석하였다. 시스템의 정상상태 운동방정식을 정리하기 위해 운동변수와 토크변수로부터 5개 모드에 대한 구속식을 정리하여 각 모드별 속도를 분석하였고, 시스템의 성능 분석 자료를 바탕으로 각 모드별 토크 및 동력흐름에

* Corresponding author. Tel.: +82-31-880-5436

Fax: +82-31-880-7346

E-mail address: psch@yit.ac.kr (Sung-cheon Park).

대하여 분석하였다. 특히, 각 주행 모드별 성능들을 분석하고 그 결과를 이용하여 주행 모드들 간의 모드 변환 시점을 결정하였다.

2. 5-모드시스템의 정상상태 운동방정식

연구대상 동력전달계는 Fig.1과 같이 엔진 1개, 전기 모터 2개, 단순유성기어 2개, 복합유성기어 1개, 클러치 5개로 구성되어 있다. 클러치 중 PL은 planet lock clutch이고, DC1, DC2는 dual path clutch로 엔진의 동력을 유성기어 R1, R3의 링기어에 전달하거나 끊을 수 있다. 이 동력전달계는 4개의 node를 가지고 있는데, 이 node들은 동력 흐름의 분기점들이라 할 수 있다. 시스템 파악을 위한 모델링 및 구조는 Fig. 1에, 시스템 내부 연결 형태는 Fig.

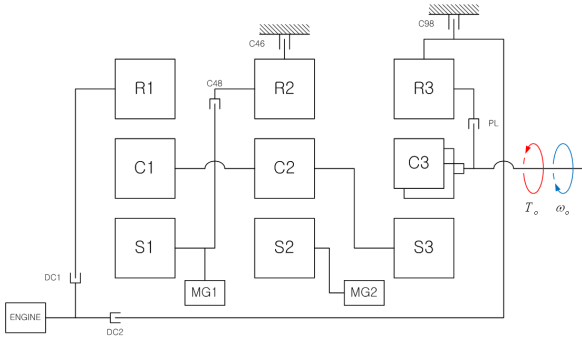


Fig. 1 System structure

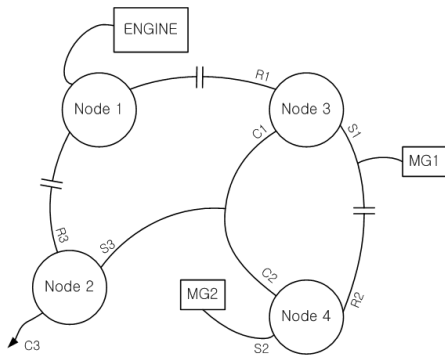


Fig. 2 Node map of system about power flow

Table 1 The clutch engagement and modes

Clutch Mode	C46	C48	PL	DC		C98
				DC1	DC2	
126	●		●	●		
134		●	●	●		
142		●		●	●	
146	●			●	●	
154	●			●		●

2에, 각 클러치와 브레이크의 작동 특성은 Table 1에 나타나 있다.

Fig. 3은 5-모드 시스템의 정상 상태 운동방정식을 유도하기 위한 모델링을 나타내고 있다.

시스템의 정상상태 운동방정식을 정리하기 위해 Fig. 3에서 정의된 운동 변수들(8개)과 토크들(19개)은 다음과 같다.

- Variable : $\omega_e, \omega_{R1}, \omega_{MG1}, \omega_{MG2}, \omega_{R2}, \omega_{S3}, \omega_{R3}, \omega_O$
- Torques :
 - internal torques ($T_{R1}, T_{C1}, T_{S1}, T_{R2}, T_{C2}, T_{S2}, T_{R3}, T_{C3}, T_{S3}$)
 - external torques ($T_e, T_{MG1}, T_{MG2}, T_O$)
 - clutch torques ($T_{C46}, T_{C48}, T_{PL}, T_{DC1}, T_{DC2}, T_{C98}$)

Fig. 3의 시스템 성능 분석에 필요한 구속 조건식은 (1)~(9)의 9개의 식으로 표현된다. 아래에서 λ 는 링기어 잇수에 대한 선기어 잇수의 비율로 정의되는 유성 기어비를 의미한다.

$$(1 + \lambda_1)\omega_{S3} = \omega_{R1} + \lambda_1\omega_{MG1} \quad (1)$$

$$(1 + \lambda_2)\omega_{S3} = \omega_{R2} + \lambda_2\omega_{MG2} \quad (2)$$

$$(1 - \lambda_3)\omega_O = \omega_{R3} - \lambda_3\omega_{S3} \quad (3)$$

$$T_{S1} = \lambda_1 T_{R1} \quad (4)$$

$$T_{S2} = \lambda_2 T_{R2} \quad (5)$$

$$T_{S3} = \lambda_3 T_{R3} \quad (6)$$

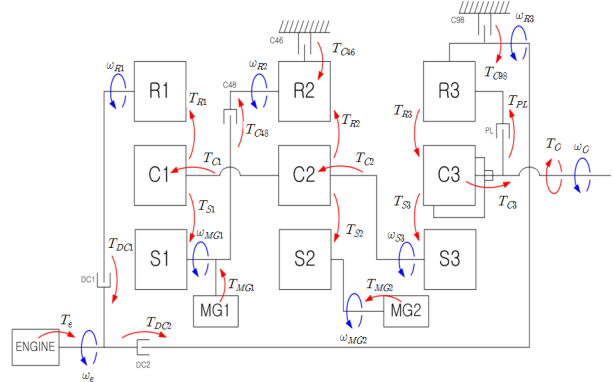


Fig. 3 System modeling

$$T_{C1} = T_{R1} + T_{S1} = (1 + \lambda_1) T_{R1} \quad (7)$$

$$T_{C2} = T_{R2} + T_{S2} + T_{C1} = (1 + \lambda_2) T_{R2} + T_{C1} \quad (8)$$

$$T_{C3} = T_{R3} - T_{S3} = (1 - \lambda_3) T_{R3} \quad (9)$$

또한 시스템의 정상상태 운동방정식은 (10)~(17)의 8개의 식으로 표현된다.

$$T_{DC1} + T_e - T_{DC2} = 0 \quad (10)$$

$$T_{R1} - T_{DC1} = 0 \quad (11)$$

$$T_{C48} - T_{S1} - T_{MG1} = 0 \quad (12)$$

$$T_{MG2} + T_{S2} = 0 \quad (13)$$

$$T_{C48} + T_{C46} + T_{R2} = 0 \quad (14)$$

$$T_{S3} - T_{R2} - T_{S2} - T_{R1} - T_{S1} = 0 \quad (15)$$

$$T_{DC2} + T_{C98} + T_{PL} - T_{R3} = 0 \quad (16)$$

$$T_{R3} - T_{S3} - T_{PL} - T_O = 0 \quad (17)$$

즉 Fig. 3의 시스템 성능은 (1)~(17)의 17개의 식을 이용하여 8개의 운동변수와 9개의 내력 토크 값을 결정하여 분석될 수 있다. (4)~(9)를 이용하여 (10)~(17)에서 T_{S1} , T_{S2} , T_{S3} , T_{R1} , T_{R2} , T_{R3} , T_{C1} , T_{C2} , T_{CS3} 를 소거하여 정리하면 다음과 같다.

$$T_{R1} = T_{DC1} \quad (18)$$

$$T_{R2} = -T_{C48} - T_{C46} \quad (19)$$

$$T_{R3} = T_{DC2} + T_{C98} + T_{PL} \quad (20)$$

$$T_{DC1} + T_e - T_{DC2} = 0 \quad (21)$$

$$T_{C48} - \lambda_1 T_{DC1} - T_{MG1} = 0 \quad (22)$$

Table 2 The formula of each mode

	Velocity constraint eqn.	Torque constraint eqn.	Unknown engaging torque
126 Mode	$\omega_{R1} = \omega_e$ $\omega_{R2} = 0$ $\omega_{R3} = \omega_O$	$T_{C48} = 0$ $T_{DC2} = 0$ $T_{C98} = 0$	T_{C46} T_{PL} T_{DC1}
134 Mode	$\omega_{R1} = \omega_e$ $\omega_{R2} = \omega_{MG1}$ $\omega_{R3} = \omega_O$	$T_{C46} = 0$ $T_{DC1} = 0$ $T_{DC2} = 0$ $T_{C98} = 0$	T_{C48} T_{PL} T_{DC1}
142 Mode	$\omega_{R2} = \omega_{MG1}$ $\omega_{R1} = \omega_{R3} = \omega_e$	$T_{C46} = 0$ $T_{PL} = 0$ $T_{C98} = 0$	T_{C48} T_{DC1} T_{DC2}
146 Mode	$\omega_{R2} = 0$ $\omega_{R1} = \omega_{R3} = \omega_e$	$T_{C48} = 0$ $T_{PL} = 0$ $T_{C98} = 0$	T_{C46} T_{DC1} T_{DC2}
154 Mode	$\omega_{R2} = 0$ $\omega_{R3} = 0$	$T_{C48} = 0$ $T_{PL} = 0$ $T_{DC1} = 0$ $T_{DC2} = 0$	T_{C46} T_{C98}

$$T_{MG2} - \lambda_2(T_{C48} + T_{C46}) = 0 \quad (23)$$

$$\lambda_3(T_{DC2} + T_{C98} + T_{PL}) + (1 + \lambda_2)(T_{C48} + T_{C46}) - (1 + \lambda_1)T_{DC1} = 0 \quad (24)$$

$$(1 - \lambda_3)(T_{DC2} + T_{C98}) - \lambda_3 T_{PL} - T_O = 0 \quad (25)$$

참고로 (1)~(3)은 식 (26)과 같이 표현될 수 있다.

$$\omega_{S3} = \frac{\omega_{R1} + \lambda_1 \omega_{MG1}}{1 + \lambda_1} = \frac{\omega_{R2} + \lambda_2 \omega_{MG2}}{1 + \lambda_2} = \frac{\omega_{R3} - (1 - \lambda_3) \omega_O}{\lambda_3} \quad (26)$$

Table 2는 Table 1의 클러치 결합에 따라 모드별로 적용되는 구속식들을 정리한 것이다.

3. 각 모드별 속도 분석

변속기 내부의 속도관계를 분석하는 방법으로 레버상사법이라는 것을 많이 사용한다. 본 절에서는 Fig. 3의 시스템 모델링에서 유도된 속도 관계식 (26)을 바탕으로 레버 상사법을 이용하여 Table 1에 정의된 5개의 주행모드에 대한 속도 관계를 분석하였다.

126 mode는 MG2의 단독 구동 방식이며 클러치 46, DC1 및 planet lock clutch를 결합한다. 차량의 속도가 0일 때의 속도 레버는 Fig. 4와 같다.

엔진은 약 2500 rpm으로 고정되어 첫 번째 유성기어의 링기어를 회전시키고 있고 캐리어가 고정되어 선기어가 반대 방향으로 회전하고 있는 상태이다. 차량이 주행을 시작하고 126 mode의 구동 모터가 두 번째 유성기어의 선기어를 구동하면서 Fig. 5와 같이 진행된다.

planet lock clutch를 결합함으로써 세 번째 유성기어의 모든 기어부가 같은 속도로 증가함을 볼 수 있다. 구동 모터가 계속 구동하여 첫 번째 유성기어의 선기어 속도가 0이 되었을 때 Fig. 6과 같이 134 mode로 전환한다.

Figs. 4~6을 통해 126 mode에서 출력축인 세 번째 유성기어의 캐리어 속도가 점차 증가함을 볼 수 있다.

134 mode는 두 개의 전기 모터가 모두 구동하는 방식이며 클러치 48과 planet lock clutch를 결합한다. 첫 번째 유성기어의 선기어 속도가 0일 때 126 mode에서 134 mode로 전환된다. 또한 첫 번째 유성기어의 선기어 속도가 0이 되었을 때 정지하고 있는 두 번째 유성기어의 링기어와 결합함으로써 변속 충격을 줄일 수 있다. 클러치 48을 결합함으로써 첫 번째 유성기어의 선기어와 두

번째 유성기어의 링기어 속도가 같은 크기로 증가하며 planet lock clutch를 결합함으로써 세 번째 유성기어의 모든 기어부가 같은 속도로 증가한다. 엔진 rpm을 일정하게 유지하며 차량의 주행 속도를 증가시키므로 첫 번째 유성기어의 선기어와 두 번째 유성기어의 링기어의 속도가 증가함에 따라 두 번째 유성기어의 선기어 속도는 감소한다. Fig. 7은 134 mode로 전환 후 142 mode로의 전환 이전까지의 속도 레버이다.

첫 번째 구동 모터 MG1이 속도를 증가시키기에 따라 두 번째 구동 모터 MG2의 속도는 감소하고 모든 유성기어의 각 기어부가 같은 속도로 회전하게 된다. 이때 134 mode에서 142 mode로 전환된다.

Fig. 7, Fig. 8를 통해 134 mode에서 출력축인 세 번째 유성기어의 캐리어 속도가 점차 증가함을 볼 수 있다.

142 mode는 두 개의 전기 모터와 엔진이 함께 구동하는 HEV mode이며 클러치 48 및 dual path clutch를 결합한다. Fig. 8과 같이 모든 기어부의 속도가 같을 때 134 mode에서 142 mode로 전환된다. 세 번째 유성기어의 링기어 속도와 엔진 rpm이 같으므로 dual path clutch를 결합할 때 충격을 줄일 수 있다. 또한 첫 번째 유성기어의 선기어 속도와 두 번째 유성기어의 링기어 속도 역시 같으므로 클러치 48을 결합할 때 충격을 최소화 할 수 있다.

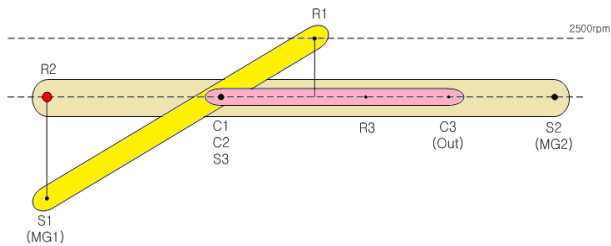


Fig. 4 Velocity lever of 126 mode at vehicle speed is zero

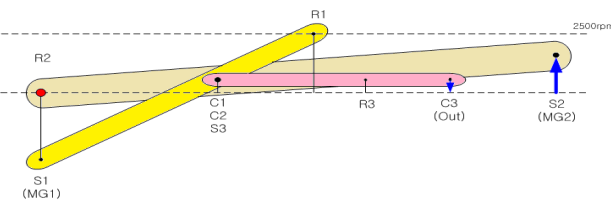


Fig. 5 Velocity lever of 126 mode on driving

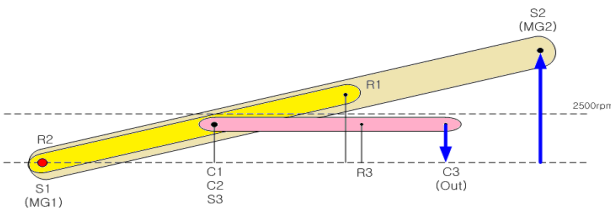


Fig. 6 Transition from 126 mode to 134 mode

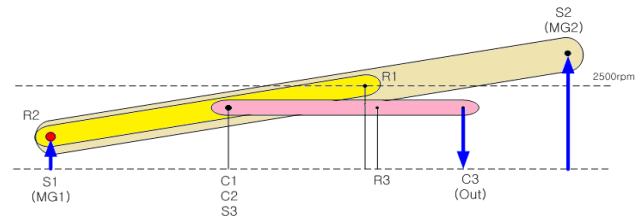


Fig. 7 Velocity lever of 134 mode on driving

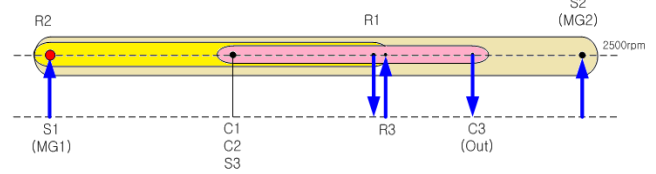


Fig. 8 Transition from 134 mode to 142 mode

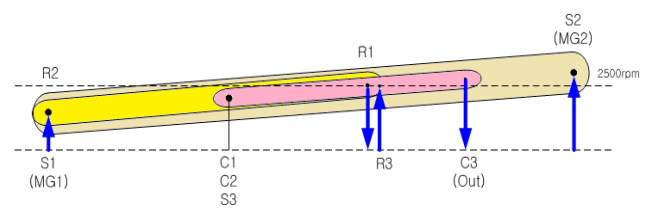


Fig. 9 Velocity lever of 142 mode on driving

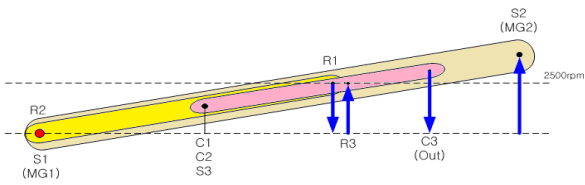


Fig. 10 Transition from 142 mode to 146 mode

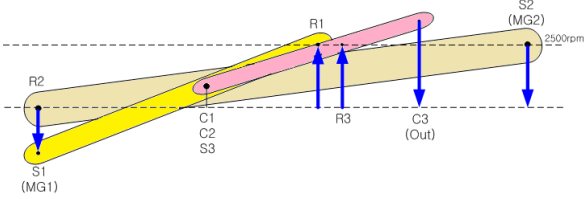


Fig. 11 Velocity lever of 146 mode at sun gear speed of 2nd planetary gear is positive number

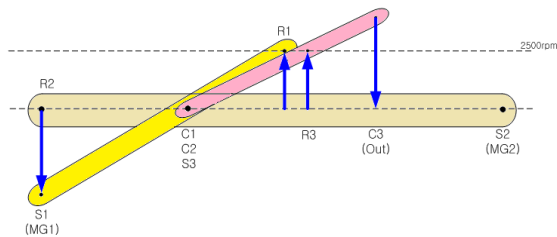


Fig. 12 Velocity lever of 146 mode at sun gear speed of 2nd planetary gear is zero

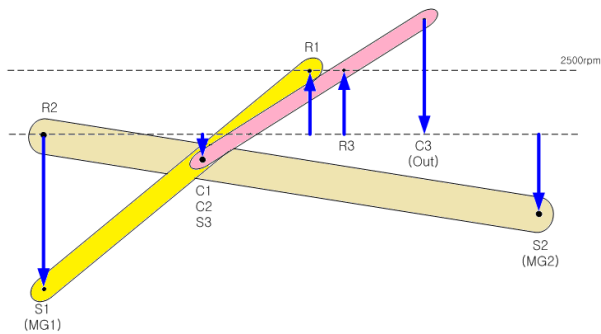


Fig. 13 Velocity lever of 146 mode at sun gear speed of 2nd planetary gear is negative number

planet lock clutch를 풀고 dual path clutch를 결합함으로써 인해 같은 크기의 속도로 증가하던 세 번째 유성기어의 각 기어부에 속도가 달라짐을 보인다. 또한 모든 동력원이 구동을 하지만 엔진 rpm을 고정시킨 상태에서 첫 번째 구동 모터는 속도를 줄이고 두 번째 구동모터는 다시 속도를 키움으로 출력축이 증속된다. Fig. 9는 142 mode로 전환 후 146 mode로의 전환 이전까지의 속도 레버이다.

첫 번째 구동 모터 MG1이 속도를 계속 감소시켜 첫 번째 유성

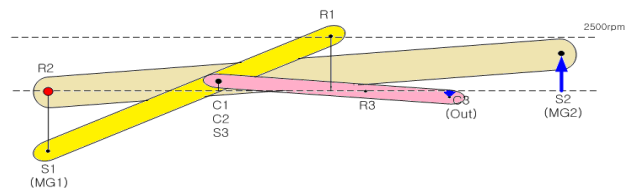


Fig. 14 Velocity lever of 154 mode before speed of 1st sun gear is zero

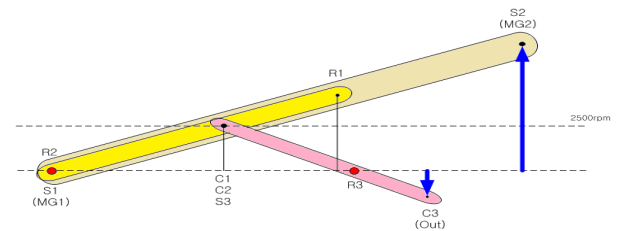


Fig. 15 Velocity lever of 154 mode at speed of 1st sun gear is zero

기어의 선기어와 두 번째 유성기어의 링기어의 속도가 0이되었을 때 142 mode에서 146 mode로 전환된다.

Fig. 9, Fig. 10을 통해 142 mode에서 출력축인 세 번째 유성기어의 캐리어 속도가 점차 증가함을 볼 수 있다.

146 mode는 클러치 48을 풀고 클러치 46을 결합하며 dual path clutch는 유지시킨다. Fig. 10과 같이 첫 번째 유성기어의 선기어와 두 번째 유성기어의 링기어 속도가 0이 되었을 때 142 mode에서 146 mode로 전환된다. 두 번째 유성기어의 링기어 속도가 0이 되었을 때 클러치 46을 결합하므로 충격을 줄일 수 있다. 146 mode는 초반에 엔진과 첫 번째 구동 모터가 구동하며 두 번째 구동모터의 속도는 계속 감소한다. Fig. 11은 146 mode로 전환 후 두 번째 유성기어의 선기어 속도가 양수일 때의 속도 레버이다.

두 번째 유성기어의 선기어 속도가 0이 되면 두 번째 구동 모터도 같이 구동하여 총 3개의 구동원이 구동 한다. Fig. 12는 두 번째 유성기어의 선기어 속도가 0일 때, Fig. 13은 두 번째 유성기어의 선기어 속도가 음수가 된 후의 속도 레버 이다.

Fig. 11~Fig. 13을 통해 146 mode에서 출력축인 세 번째 유성기어의 캐리어 속도가 점차 증가함을 볼 수 있다.

154 mode는 후진 주행 mode이며 클러치 46과 98을 결합한다. Fig. 4와 같이 차량의 주행 속도가 0일 때 시작되며 126 mode와 같이 두 번째 전기 모터 하나만 구동한다. Fig. 14, Fig. 15는 154 mode로 주행 시의 속도 레버이다.

4. 각 모드별 토크 및 동력흐름 분석

본 절에서는 Fig. 3의 시스템 모델링에서 유도된 (2.18)~(2.26)

을 바탕으로 Table 1에 정의된 5개의 주행모드에 대한 동력흐름을 분석하였다.

126 mode는 구동 모터인 MG2가 단독으로 구동하며 Fig. 16에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

Fig. 16에 보이듯이 MG2에서 나온 구동토크와 하우징에 고정되어 있는 R2에서 나온 반력 토크가 C2에 전달된다. 이 토크는 다시 S3로 전달되어 C3를 거쳐 출력축의 부하토크를 이긴다. Power는 구동원인 MG2에서 나와 S2, C2, S3, C3의 경로를 통해 출력축으로 빠져나간다.

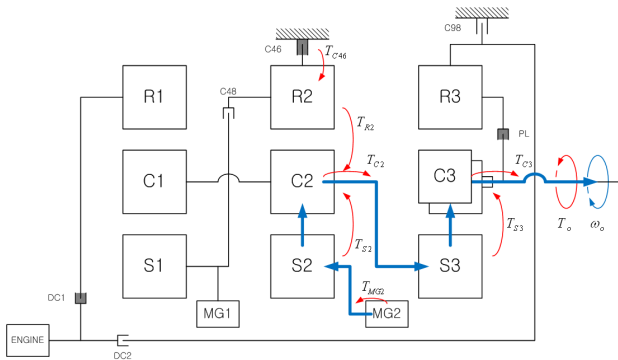


Fig. 16 Relationship of torque and power flow of 126 mode

134 mode (EV mode/ CVT mode)는 구동 모터인 MG1과 MG2가 함께 구동하며 Fig. 17에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

Fig. 17에 보이듯이 MG1에서 나와 R2에 전달된 구동토크와 MG2에서 나와 S2로 전달된 구동토크가 합쳐져 C2를 구동한다. 이 토크는 다시 S3로 전달되어 C3를 거쳐 출력축의 부하토크를 이긴다. Power는 구동원인 MG1, MG2 두 곳에서 나와 그림과 같은 경로를 거쳐 출력축으로 빠져나간다.

142 mode(HEV mode)는 엔진과 구동 모터인 MG1과 MG2가 함께 구동하며 Fig. 18에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

142 mode에서는 planet lock clutch를 풀고 dual path clutch를 결합함으로써 C3로부터 S3로 토크가 전달되며 이로 인해 Power의 순환이 일어난다. Fig. 17에 보이듯이 C3로부터 S3로 전달된 토크가 C2로 전달된다. R2와 S2에서도 C2로 토크를 전달하며 합쳐진 토크는 C1으로 전달된다. 여기서 R1과 S1으로 토크가 나뉘지며 S1쪽으로 빠져나온 토크는 MG1에서 나온 토크와 합쳐져 R2로 전달된다. Power 또한 C3에서 S3를 거쳐 C2에 전달된다. 이 Power는 R2와 S2에서 전달된 Power와 합쳐져 C1으로 전달되며 여기서 파워가 분기된다. R1으로 나가는 Power는 dual path

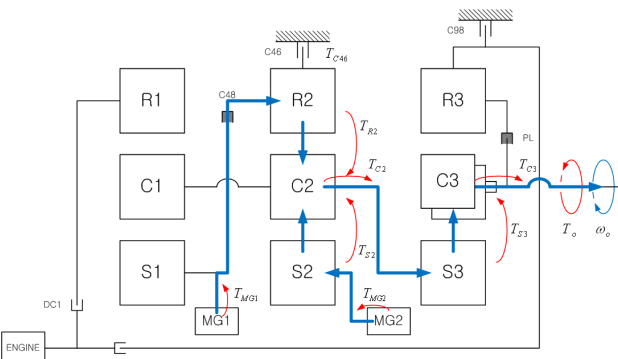


Fig. 17 Relationship of torque and power flow of 134 mode

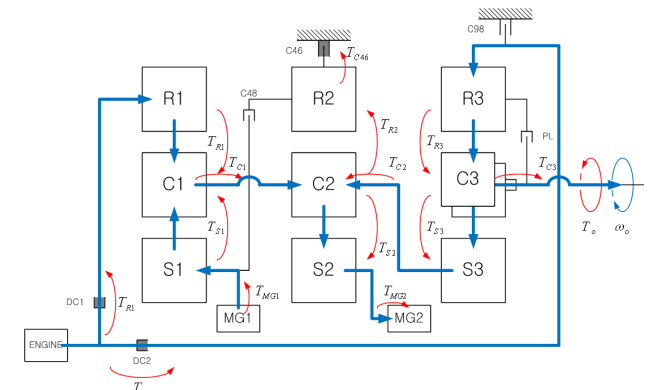


Fig. 19 Relationship of torque and power flow of 146 mode at speed of MG2 and S3 is positive number

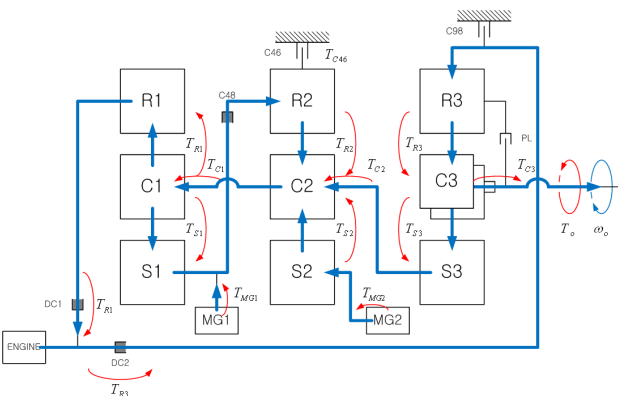


Fig. 18 Relationship of torque and power flow of 142 mode

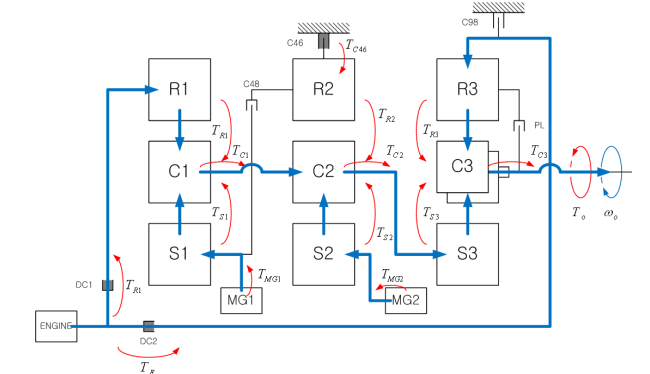


Fig. 20 Relationship of torque and power flow of 146 mode at speed of MG2 and S3 is negative number

clutch를 거쳐 다시 엔진의 Power와 합쳐져 R3로 전달된다. S1으로 나가는 Power는 MG1에서 나온 Power와 합쳐져 R2로 전달된다.

146 mode는 엔진과 구동 모터인 MG1과 MG2가 함께 구동한다. 146 mode는 MG2와 S3의 회전 속도는 같은 시점에서 역전하며 이때를 전후하여 토크 및 동력흐름의 방향이 달라진다. Fig. 19는 MG2와 S3가 양수로 회전할 때의 토크 및 동력흐름의 도시이고, Fig. 20은 MG2와 S3가 음수로 회전할 때의 토크 및 동력흐름의 도시이다.

Fig. 19는 MG2와 S3가 양수로 회전할 때의 토크 및 동력흐름이다. MG1은 S1이 회전하는 방향(음수)으로 구동 토크를 내보내 C1으로 전달하고 R1은 엔진으로부터 구동토크를 받아 C1에 전달한다. C1에서 이 토크들이 합쳐져 C2로 전달되고 S3에서도 Power를 받는다. MG2는 회전방향의 반대방향으로 토크를 내보내 부하로 작용하며 C2에 합쳐진 Power를 흡수한다.

Fig. 20은 MG2와 S3가 음수로 회전할 때의 토크 및 동력흐름이다. MG1에서 나온 구동 토크와 R1으로 전달된 엔진에서 나온 구동 토크가 C1에서 합쳐진다. 이 토크는 C2로 전달된다. MG2에서 나온 구동토크와 R2로 전달된 하우징 반력토크가 C2에 합쳐진다. C1에서 들어온 토크와 R2, S2에서 받은 토크가 합쳐져 C2에서 S3로 전달된다. 세 번째 유성기어는 복합유성기어이지만 단순유성기어처럼 토크를 받아 C3로 빠져나간다. Power는 MG1에서 나온 Power와 엔진의 Power가 C1에서 합쳐져 C2로 전달되며 이에 MG2에서 나온 Power가 합쳐져 S3로 전달된다. C3에서는 R3와 S3에서 나온 Power가 합쳐져 빠져나간다.

154mode는 126 mode와 같이 구동 모터인 MG2가 단독으로 구동하며 Fig. 21에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

MG2의 구동 토크와 하우징에서 R2로 전달된 반력 토크가 C2에서 합쳐져 S3로 전달된다. 클러치 98을 결합함으로써 R3가 고정되어 회전속도가 역전됨과 동시에 하우징에 반력토크가 생긴다. Power는 MG2에서 나와 C2, S3, C3를 거쳐 출력축으로 빠져나간다.

앞에서 고찰한 전진 상태에서의 4모드(126, 134, 142, 146)와 후진 모드(154)에서의 정상상태 성능 분석 결과를 이용하여 출력속도 증가에 따른 모드 변환 시점들을 분석하였다. 이에 대한 구체적인 결과가 Fig. 22에 나타나 있다.

Fig. 22의 결과 그림에서, 차속이 변화하더라도 엔진의 회전속도는 일정하게 유지할 수 있음을 알 수 있는데, 이는 엔진의 작동점이 차량의 부하에 무관하게 결정될 수 있음을 의미한다. 즉, MG1, MG2의 두 개의 모터가 제어를 하여 연비특성(BSFC)이 우수한 점에서 엔진이 작동하도록 하면 차량 전체의 연비가 극대화될 수 있음을 알 수 있다. 또한 주행 속도가 증가함에 따라 Table 1로

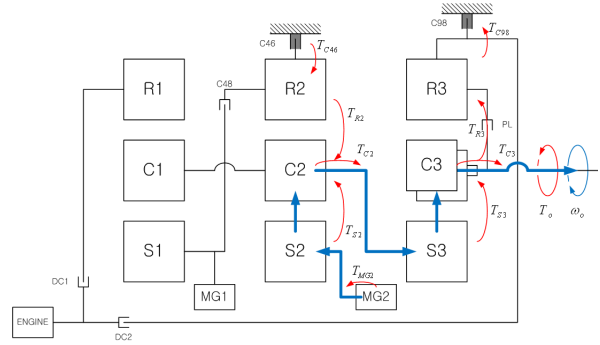


Fig. 21 Relationship of torque and power flow of 154 mode

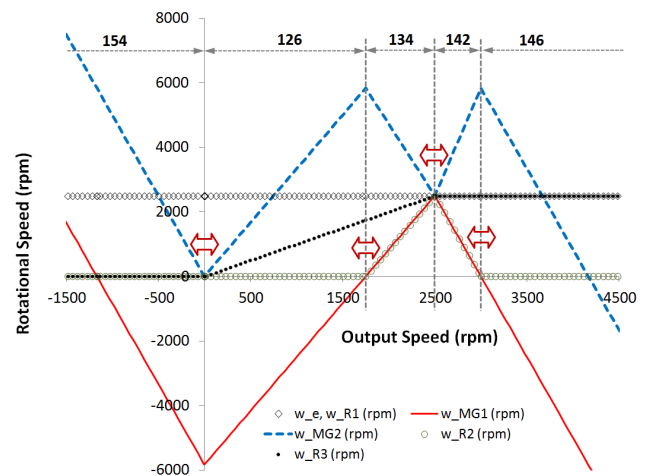


Fig. 22 Speed conversion characteristics for each mode

정의되는 주행 모드들을 변환시켜야 하는데, Fig. 22와 같이 클러치 슬립 속도가 0가 되는 순간 클러치를 결합하여 모드를 변환하면, 클러치 결합 충격이 발생하지 않는다.

이러한 모드 변환 로직을 이용하면, 운전자가 임의의 패턴으로 스로틀을 밟으며 주행하더라도, 그 순간의 스로틀량에 의해 결정되는 엔진 성능곡선의 최소 연비 작동점으로 엔진 작동점을 제어하며 주행할 수 있기 때문에, 차량의 연비 성능이 우수해진다.

5. 결론

본 논문에서는 엔진 1개, 전기 모터 2개, 단순유성기어 2개, 복합유성기어 1개 그리고 5개의 클러치로 구성되어있는 하이브리드 시스템의 전진 4개 모드와 후진 1개 모드에 대한 동적 성능을 분석하여 주행 모드들 간의 변환 전략을 수립하였다.

각 모드의 정상상태 성능 분석결과를 이용하여 출력속도 증가에 따른 모드 변환 시점들을 분석하였다. 차속이 변화되더라도 엔진의 최적 작동점에서 두 개의 모터가 제어되는 것을 확인 하였고, 각 모드가 만나는 작동점에서 클러치의 분리와 결합에 따른 클러치

결합 충격이 발생하지 않는 것을 확인하였다. 이상의 결과로부터 엔진 최적 포인트에서 작동되어 연비 성능이 우수해 지는 것을 확인하였다.

후 기

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 (일부)지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Kil, B. S., Cho, C. P., Pyo, Y. D., Kim, G. C., 2010, Optimized Strategy of Neighborhood Electric Vehicle with Driving Schedules, Transaction of KSAE, 18:3 53-59.
- [2] Kim, G. S., Park, S. C., 2012, A Study on the Characteristics of Temperature Distribution according to Material and Position of Filter in a Diesel Particulate Filter, Korea Society of Manufacturing Technology Engineers, 21:6 903-909.
- [3] Yasuhiro, M., Hideo, K., Takayuki, O., 2004, Development of New Generation Hybrid System, SAE paper, No. 2004-01-0643.
- [4] Lim, W. S., Park, S. C., 2012, A Study on the Characteristics of the Clutch Automation Mechanism of Hybrid Vehicles, Korea Society of Manufacturing Technology Engineers, 21:5 778-783.
- [5] Kim, N. W., Yang, H. R., Cho, S. T., Park, Y. I., Cha, S. W., 2007, Analysis of the Efficiency of the Compound-Split Hybrid Systems, KSAE 15:5 118-124.
- [6] Lim, W. S., Park, S. C., 2013, Steady State Performance Analysis of the Multi-Mode Power Transmission Systems Equipped on Passenger Car, Korea Society of Manufacturing Technology Engineers, 22:3 364-371.