

승용차용 다중모드 동력 전달 시스템의 정상상태 성능분석

임원식^a, 박윤경^a, 박성천^{b*}

Steady State Performance Analysis of the Multi-mode Power Transmission Systems Equipped on Passenger Car

Won-sik Lim^a, Yun-kyoung Park^a, Sung-cheon Park^{b*}^a Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Republic of Korea^b Dept. of Automotive, Yeosu Institute of Technology, 338 Sejong-ro, Yeosu-eup, Yeosu-gun, Gyeonggi-do, 469-705, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received	14	March	2013
Revised	14	May	2013
Accepted	16	May	2013

Keywords:

Green car
 Fuel efficiency
 Multi-mode hybrid
 Simple planetary gear
 Double planetary gear
 Driving performance
 Performance modeling
 Steady state
 Dynamic performance

ABSTRACT

Because of the increases in international oil prices and the level of global warming, the automotive industry has much interest in developing green cars with high fuel efficiencies. In addition, researchers in Korea are actively responding to high oil prices and CO₂ emission regulations in many ways. One example is, the multi-mode hybrid system, which is being studied to improve its performance. Because a multi-mode hybrid system is able to overcome the weaknesses of a system that uses simple planetary gears, excellent fuel efficiency and driving performances are the key features of the system. This paper analyzes the driving performance of the power-train system of GM-2MT70, which consists of one engine, two electric motors, one simple planetary gear, one double planetary gear, two clutches, and two brakes. The driving performance of the system's steady state is analyzed using performance modeling. The dynamic performance is analyzed using Matlab Simulink.

1. 서론

국제 유가 급등 및 지구온난화에 대처하는 자동차 업계의 대응전략으로 그린자동차와 고연비 차량에 대한 관심이 많다^[1]. 그린자동차에 대한 방향은 유럽 중심의 크린디젤차량과 미국중심의 수소연료전지차와 같은 대체 에너지 차량에 대한 관심이 높으며, 고효율 연비차량에 대한 방향은 일본 중심의 하이브리드 차량에 관심이 집중되어 있다^[2,3]. 우리나라 역시 다채널을 통해 고유가와 국제적

CO₂ 배출량 규제에 대응하는 연구가 활발하다. 이 중 많은 상용차량에 적용되어 있는 하이브리드 차량에 대한 관심과 연구가 활발하다^[4]. 특히 차량의 연비개선 필요성이 대두되면서 하이브리드 자동차의 효율을 높이기 위하여 멀티모드 하이브리드에 관한 연구가 진행되고 있다^[5]. 일반적으로 유성기어식 하이브리드 시스템은 크게 입력분기, 출력분기, 복합분기 방식으로 나눌 수 있다. 멀티 모드 하이브리드 시스템은 2개 이상의 분기모드와 고정기어 모드를 사용하는 시스템으로서, 클러치의 결합 및 해체를 통해 각 상황에

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

Fax: +82-31-880-7346

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

서 효율이 높은 유성기어 시스템을 사용하며 주행한다⁶⁾. 본 시스템은 단순한 유성기어 시스템의 단점들을 보완할 수 있기 때문에, 단일 모드를 사용하여 주행했을 때보다 구동 및 연비 성능 면에서 우수한 성능을 보이는 장점이 있다.

본 논문에서는 GM-2MT70의 동력전달계에 대한 구동 성능을 분석 하였다. 본연구대상의 동력전달계는 엔진 1개, 전기 모터 2개, 단순유성기어 1개, 복합유성기어 1개, 클러치 2개, 브레이크 2개로 구성되어 있다. 성능모델링을 통해 시스템의 정적 정상상태에서의 구동 성능을 분석하고 MATLAB Simulink을 이용하여 동적 성능 분석을 수행하였다.

2. 멀티모드시스템의 정상상태 운동방정식

먼저 해석 모델인 GM-2MT70의 성능을 분석하였다. GM-2MT70의 동력전달계는 엔진 1개, 전기 모터 2개, 단순유성기어 1개, 복합유성기어 1개, 클러치 2개, 브레이크 2개로 구성되어 있다. 시스템 성능을 분석하기 위한 모델링은 Fig. 1 위에 나타내었고, 각 클러치와 브레이크의 작동 특성은 Fig. 1 아래에 나타내었다.

Fig. 2는 멀티 모드 시스템의 정상 상태 운동방정식을 유도하기 위한 모델링이다. 시스템의 정상상태 운동방정식을 정리하기 위한 Fig. 2에서 정의된 운동 변수들과 토크는 다음과 같다.

운동변수 5개 : $\omega_e, \omega_{MG1}, \omega_{MG2}, \omega_{R2}, \omega_{out}$

토크 변수 14개 :

- 내력 토크 6개($T_{R1}, T_{S1}, T_{C1}, T_{R2}, T_{S2}, T_{C2}$)
- 외력 토크 4개($T_e, T_{MG1}, T_{MG2}, T_{out}$)
- 클러치 토크 4개($T_{CL1}, T_{CL2}, T_{BK1}, T_{BK2}$)

Fig. 2의 시스템 성능 분석에 필요한 구속 조건식은 식 (1)~(6)의 6개의 식으로 표현된다.

$$(1 - \lambda_1)\omega_{MG2} = \omega_e - \lambda_1\omega_{MG1} \tag{1}$$

$$(1 + \lambda_2)\omega_{out} = \omega_{R2} + \lambda_2\omega_{MG2} \tag{2}$$

$$T_{S1} = \lambda_1 T_{R1} \tag{3}$$

$$T_{S2} = \lambda_2 T_{R2} \tag{4}$$

$$T_{C1} = T_{R1} - T_{S1} = (1 - \lambda_1) T_{R1} \tag{5}$$

$$T_{C2} = T_{R2} + T_{S2} = (1 + \lambda_2) T_{R2} \tag{6}$$

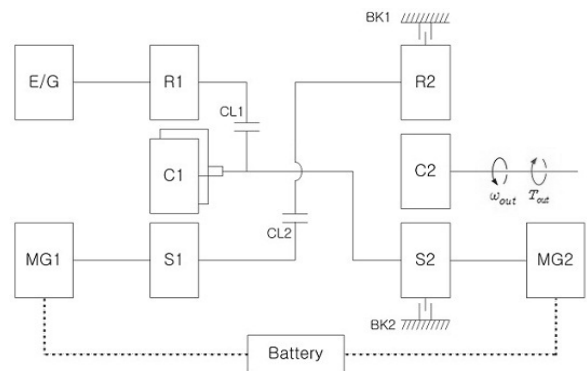
또한 시스템의 정상상태 운동방정식은 (7)~(11)의 5개의 식으로 표현된다.

$$T_e - T_{R1} - T_{CL1} = 0 \tag{7}$$

$$T_{C2} - T_{out} = 0 \tag{8}$$

$$T_{C1} + T_{CL1} - T_{S2} + T_{BK2} + T_{MG2} = 0 \tag{9}$$

$$T_{CL2} + T_{BK1} - T_{R2} = 0 \tag{10}$$



		CL1	CL2	BK1	BK2	Gear Ratio
1st. Mode	EV mode					
	Wake up the engine during EV mode	Off	Off	On	Off	-
	Low speed with HEV mode					
2nd. Mode	High speed with HEV mode	Off	On	Off	Off	-
Fixed 1		On	Off	On	Off	3.256
Fixed 2		Off	On	On	Off	1.878
Fixed 3		On	On	Off	Off	1.0
Fixed 4		Off	On	Off	On	0.611

Fig. 1 Modeling of GM-2MT70 and clutch combination of the each modes

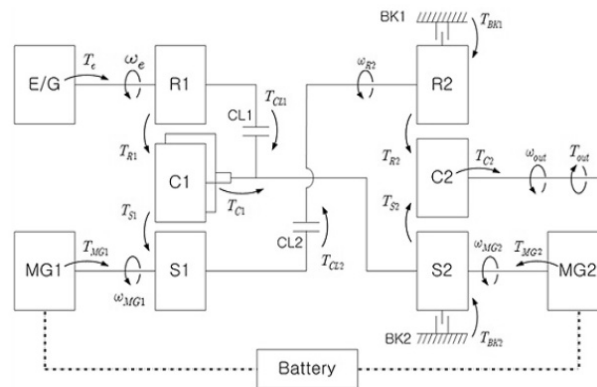


Fig. 2 System modeling and definition of torque and velocity

Table 1 The formula of each modes

	Velocity formula	Torque formula	Unknown Torque
1 st Mode	$w_{R2}=0$	$T_{CL1}=0$ $T_{CL2}=0$ $T_{BK2}=0$	T_{BK1}
2 nd Mode	$w_{MG1}=w_{R2}$	$T_{CL1}=0$ $T_{BK1}=0$ $T_{BK2}=0$	T_{CL2}
Fixed 1	$w_e=w_{MG2}$ $w_{R2}=0$	$T_{CL2}=0$ $T_{BK2}=0$	T_{CL1}, T_{BK1}
Fixed 2	$w_{MG1}=w_{R2}$ $w_{R2}=0$	$T_{CL1}=0$ $T_{BK2}=0$	T_{CL2}, T_{BK1}
Fixed 3	$w_e=w_{MG2}$ $w_{MG1}=w_{R2}$	$T_{BK1}=0$ $T_{BK2}=0$	T_{CL1}, T_{CL2}
Fixed 4	$w_{MG1}=w_{R2}$ $w_{MG1}=0$	$T_{CL1}=0$ $T_{BK}=0$	T_{CL2}, T_{BK2}

$$T_{MG1} + T_{S1} - T_{CL2} = 0 \quad (11)$$

즉 Fig. 2의 시스템 성능은 (1)~(11)의 11개의 식을 이용하여 5개의 운동변수와 6개의 내력 토크 값을 결정하여 분석될 수 있다. 9개의 속도 식을 T_{MG2} , T_{out} 와 T_{MG1} 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$T_{MG2} = -(1-\lambda_1)T_e - \lambda_1 T_{CL1} + \lambda_2(T_{CL2} + T_{BK1}) - T_{BK2} \quad (12)$$

$$T_{out} = (1+\lambda_2)(T_{CL2} + T_{BK1}) \quad (13)$$

$$T_{MG1} = T_{CL2} - \lambda_1(T_e - T_{CL1}) \quad (14)$$

(1)과 (2)의 속도 구속식을 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1+\lambda_2)\omega_{out} - \omega_{R2}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1-\lambda_1} = \omega_{MG2} \quad (15)$$

Table 1은 각 모드별 구속식들을 정리한 것이다.

3. 각 모드별 속도, 토크 및 동력흐름 분석

1st Mode(Input split Mode - EV mode)는 구동 모터 MG2의 단독 구동 방식과 엔진과 함께 구동하는 방식이 혼합되어있다. 클러치는 BK1을 결합한다. 차량 속도가 0일 때의 속도 레버는 Fig. 3의 왼쪽과 같다. 차량이 구동하게 되면 MG2가 회전하여 단순유

성기어의 링기어를 회전시키게 되면 Fig. 4의 왼쪽그림과 같이 엔진에 시동을 건다. 엔진이 작동하게 되면 Fig. 4 오른쪽 그림의 속도 레버로 인하여 반대방향으로 회전하던 복합유성기어의 선기어를 같은 방향으로 회전시켜 MG1으로 파워가 들어가 발전하게 된다. 엔진이 계속 구동하여 복합유성기어의 선기어와 링기어의 속도

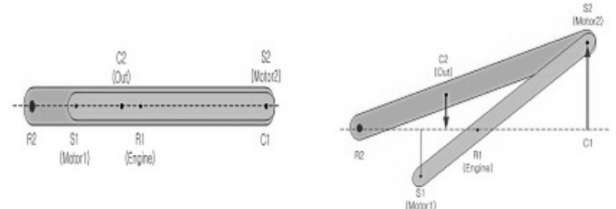


Fig. 3 Velocity levers of 1st mode (Input split mode-EV mode) at vehicle speed is zero and vehicle while driving

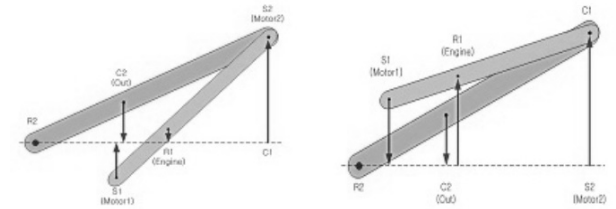


Fig. 4 Velocity levers of Input split-Wake up engine during EV mode and Input split Mode-Low speed with HEV mode

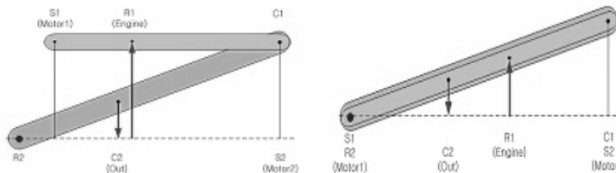


Fig. 5 Velocity levers of Fixed Gear 1 and Fixed Gear 2

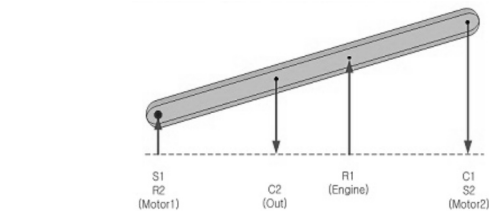


Fig. 6 Velocity lever of 2nd Mode (Input split Mode-High speed with HEV mode)

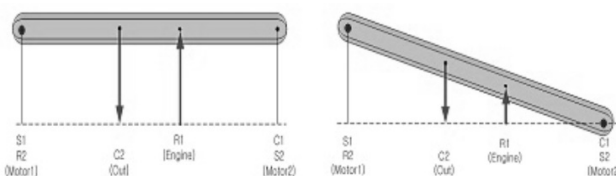


Fig. 7 Velocity levers of Fixed Gear 3 and Fixed Gear 4

(Input split Mode-High speed with HEV mode)는 엔진과 MG1이 구동원이 되고 MG2가 발전을 한다. 클러치는 CL2를 결합한다. Fig. 6에 2nd mode 레버 위치를 나타내었다.

MG1이 계속 구동하여 단순유성기어와 복합유성기어의 선기어, 링기어 및 캐리어의 속도가 같아지는 지점에서 고정기어 3 mode로 전환된다. 고정기어 3 mode는 엔진의 단독 구동방식이며 클러치 CL1과 CL2를 결합한다. Fig. 7과 같이 복합유성기어와 단순유성기어의 링기어, 선기어 및 캐리어의 속도가 같아지는 지점에서 클러치 CL1을 결합함으로써 변속 충격을 줄일 수 있다. 클러치 CL1을 분리시킨 후 BK2를 결합하면 고정기어 4 mode으로 전환된다. 고정기어 4 mode는 엔진의 단독 구동방식이며 클러치 BK2와 CL2를 결합한다.

1st mode는 구동모터인 MG2, 제너레이터인 MG1 및 엔진이 함께 구동하며 Fig. 8에 토크 및 동력흐름을 도시하였다. 고정기어 1 mode는 엔진이 구동하며 Fig. 9에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

고정기어 2 mode는 엔진이 구동하며 Fig. 10에 토크 및 동력흐름을 도시하였다. 2nd mode는 구동 모터인 MG1, 제너레이터인 MG2 및 엔진이 함께 구동하며 Fig. 10 아래에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

고정기어 3, 4 mode는 엔진이 구동하며 Fig. 11에 토크 및 동력흐름을 도시하였다.

4. 각 모드별 제어 변수 분석

독립적 구동원이 3개이고, 연비향상을 위해 엔진 작동점은 OOL 선도상에서 작동하도록 MG1, MG2가 제어를 해야 한다. 다음은 각 모드별 제어변수를 분석하였다.

1st mode는 $\omega_{R2} = 0$, $T_{CL1} = T_{CL2} = T_{BK2} = 0$ 을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1 + \lambda_2)\omega_{out}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1 - \lambda_1} = \omega_{MG2} \quad (16)$$

$$T_{MG2} = -(1 - \lambda_1)T_e + \lambda_2 T_{BK1} \quad (17)$$

$$T_{out} = (1 + \lambda_2) T_{BK1} \quad (18)$$

$$T_{MG1} = -\lambda_1 T_e \quad (19)$$

식 (16)은 미지수 4개(ω_{out} , ω_{MG1} , ω_{MG2} , ω_e)를 포함하는 2개의 식이므로 2 자유도 시스템이다. 이 시스템의 두 독립 변수로는 목

표 차속 ω_{out} 과 ω_e 로 정하기로 한다. 또한 식 (17)~(19)는 미지 토크 2개(T_{out} , T_{BK1})을 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e , T_{MG1} , T_{MG2}) 중에서 2개는 독립적인 구동 토크이고 1개는 미지 토크이어야 한다. 본 시스템의 독립적인 구동 토크는 제어 토크 T_{MG1} , T_{MG2} 의 2개라 생각하고 목표토크 T_e 는 미지 토크로 고려한다.

2nd mode는 $\omega_{MG1} = \omega_{R2}$, $T_{CL1} = T_{BK1} = T_{BK2} = 0$ 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1 + \lambda_2)\omega_{out} - \omega_{MG1}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1 - \lambda_1} = \omega_{MG2} \quad (20)$$

$$T_{MG2} = -(1 - \lambda_1)T_e + \lambda_2 T_{CL2} \quad (21)$$

$$T_{out} = (1 + \lambda_2) T_{CL2} \quad (22)$$

$$T_{MG1} = T_{CL2} - \lambda_1 T_e \quad (23)$$

식 (20)는 미지수 4개(ω_{out} , ω_{MG1} , ω_{MG2} , ω_e)를 포함하는 2개의 식이므로 2 자유도 시스템이다. 이 시스템의 두 독립 변수로는 목표 차속 ω_{out} 과 ω_e 로 정하기로 한다. 또한 식 (21)~(23)는 미지 토크 2개(T_{out} , T_{CL2})를 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e , T_{MG1} , T_{MG2}) 중에서 2개는 독립적인 구동 토크이고 1개는 미지 토크이어야 한다. 본 시스템의 독립적인 구동 토크는 제어 토크 T_{MG1} , T_{MG2} 의 2개라 생각하고 목표토크 T_e 는 미지 토크로 고려한다.

고정기어 1 mode는 $\omega_{MG2} = \omega_e$, $\omega_{R2} = 0$, $T_{CL2} = T_{BK2} = 0$ 을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1 + \lambda_2)\omega_{out}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1 - \lambda_1} = \omega_e, \quad (with \ \omega_{MG2} = \omega_e) \quad (24)$$

$$T_{MG2} = -(1 - \lambda_1)T_e - \lambda_1 T_{CL1} + \lambda_2 T_{BK1} \quad (25)$$

$$T_{out} = (1 + \lambda_2) T_{BK1} \quad (26)$$

$$T_{MG1} = -\lambda_1(T_e - T_{CL1}) \quad (27)$$

식 (24)는 미지수 3개(ω_{out} , ω_{MG1} , ω_{MG2})를 포함하는 2개의 식이므로 1 자유도 시스템이다. 이 시스템의 독립 변수로서 목표 차속 ω_{out} 을 정하기로 한다. 또한 식 (25)~(27)은 미지 토크 3개

$(T_{out}, T_{CL1}, T_{BK1})$ 를 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e, T_{MG1}, T_{MG2})는 모두 독립적인 구동 토크로 작용되어야 미지토크가 결정된다.

고정기어 2 mode는 $\omega_{MG1} = \omega_{R2} = 0, T_{CL1} = T_{BK2} = 0$ 을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1+\lambda_2)\omega_{out}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e}{1-\lambda_1} = \omega_{MG2}, \text{ (with } \omega_{MG1} = 0) \quad (28)$$

$$T_{MG2} = -(1-\lambda_1)T_e + \lambda_2(T_{CL2} + T_{BK1}) \quad (29)$$

$$T_{out} = (1+\lambda_2)(T_{CL2} + T_{BK1}) \quad (30)$$

$$T_{MG1} = T_{CL2} - \lambda_1 T_e \quad (31)$$

고정기어 2 mode 역시 식 (28)에서 볼 수 있듯이 미지수 3개 ($\omega_{out}, \omega_e, \omega_{MG2}$)를 포함하는 2개의 식이므로 1 자유도 시스템이다. 이 시스템의 독립 변수로서 목표 차속 ω_{out} 을 정하기로 한다. 또한 식 (29)~(31)은 미지 토크 3개($T_{out}, T_{CL2}, T_{BK1}$)를 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e, T_{MG1}, T_{MG2}) 모두 독립적인 구동 토크로 작용해야 한다.

고정기어 3 mode는 $\omega_{MG2} = \omega_e, \omega_{MG1} = \omega_{R2}, T_{BK1} = T_{BK2} = 0$ 을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1+\lambda_2)\omega_{out} - \omega_{MG1}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1-\lambda_1} = \omega_e, \quad (32)$$

(with $\omega_{MG2} = \omega_e$)

$$T_{MG2} = -(1-\lambda_1)T_e - \lambda_1 T_{CL1} + \lambda_2 T_{CL2} \quad (33)$$

$$T_{out} = (1+\lambda_2)T_{CL2} \quad (34)$$

$$T_{MG1} = T_{CL2} - \lambda_1(T_e - T_{CL1}) \quad (35)$$

식 (32)은 미지수 3개($\omega_{out}, \omega_{MG1}, \omega_{MG2}$)를 포함하는 2개의 식이므로 1 자유도 시스템이다. 이 시스템의 독립 변수로서 목표 차속 ω_{out} 을 정하기로 한다. 또한 식 (33)~(35)는 미지 토크 3개 ($T_{out}, T_{CL1}, T_{CL2}$)를 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e, T_{MG1}, T_{MG2}) 모두 독립적인 구동 토크로 작용해야 한다.

고정기어 4 mode는 $\omega_{MG1} = \omega_{R2}, \omega_{MG2} = 0, T_{CL1} = T_{BK1} = 0$ 을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{(1+\lambda_2)\omega_{out} - \omega_{MG1}}{\lambda_2} = \frac{\omega_e - \lambda_1\omega_{MG1}}{1-\lambda_1} = 0 \quad (36)$$

$$T_{MG2} = -(1-\lambda_1)T_e + \lambda_2 T_{CL2} - T_{BK2} \quad (37)$$

$$T_{out} = (1+\lambda_2)T_{CL2} \quad (38)$$

$$T_{MG1} = T_{CL2} - \lambda_1 T_e \quad (39)$$

식 (36)는 미지수 3개($\omega_{out}, \omega_{MG1}, \omega_e$)를 포함하는 2개의 식이므로 1 자유도 시스템이다. 이 시스템의 독립 변수로서 목표 차속 ω_{out} 을 정하기로 한다. 또한 식 (37)~(39)는 미지 토크 3개 ($T_{out}, T_{CL2}, T_{BK2}$)를 포함하는 3개의 식이다. 따라서 3개의 구동 토크(T_e, T_{MG1}, T_{MG2}) 모두 독립적인 구동 토크로 작용해야 한다. 마지막으로 앞에서 정의된 각 모드들의 구동성능을 분석하였다. 이를 위하여 1st mode, 2nd mode, 고정기어 1~4 mode의 속도 관계식들을 정리하면 식 (40)~(45)와 같이 정리할 수 있다.

$$\left(\frac{1+\lambda_2}{\lambda_2}\right)\left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e}\right) = \frac{\omega_{MG2}}{\omega_e} = \quad (40)$$

$$\left(\frac{1}{1-\lambda_1}\right) - \left(\frac{\lambda_1}{1-\lambda_1}\right)\left(\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e}\right)$$

$$\left(\frac{1+\lambda_2}{\lambda_2}\right)\left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e}\right) = \left(\frac{1}{1-\lambda_1}\right) + \left(\frac{1-\lambda_1(1+\lambda_2)}{\lambda_2(1-\lambda_1)}\right) \quad (41)$$

$$\left(\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e}\right) = \frac{1}{\lambda_2}\left(\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e}\right) + \left(\frac{\omega_{MG2}}{\omega_e}\right)$$

$$\left(\frac{1+\lambda_2}{\lambda_2}\right)\left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e}\right) = 1 = \left(\frac{1}{1-\lambda_1}\right) - \left(\frac{\lambda_1}{1-\lambda_1}\right) \quad (42)$$

$$\left(\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e}\right) \text{ (with } \frac{\omega_{MG2}}{\omega_e} = 1)$$

$$\left(\frac{1+\lambda_2}{\lambda_2}\right)\left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e}\right) = \frac{1}{1-\lambda_1} = \frac{\omega_{MG2}}{\omega_e}, \quad (43)$$

(with $\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e} = 0$)

$$\left(\frac{1+\lambda_2}{\lambda_2}\right)\left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e}\right) = \frac{\lambda_2}{1+\lambda_2}, \text{ (with } \frac{\omega_{MG1}}{\omega_e} = \frac{\omega_{MG2}}{\omega_e} = 1) \quad (44)$$

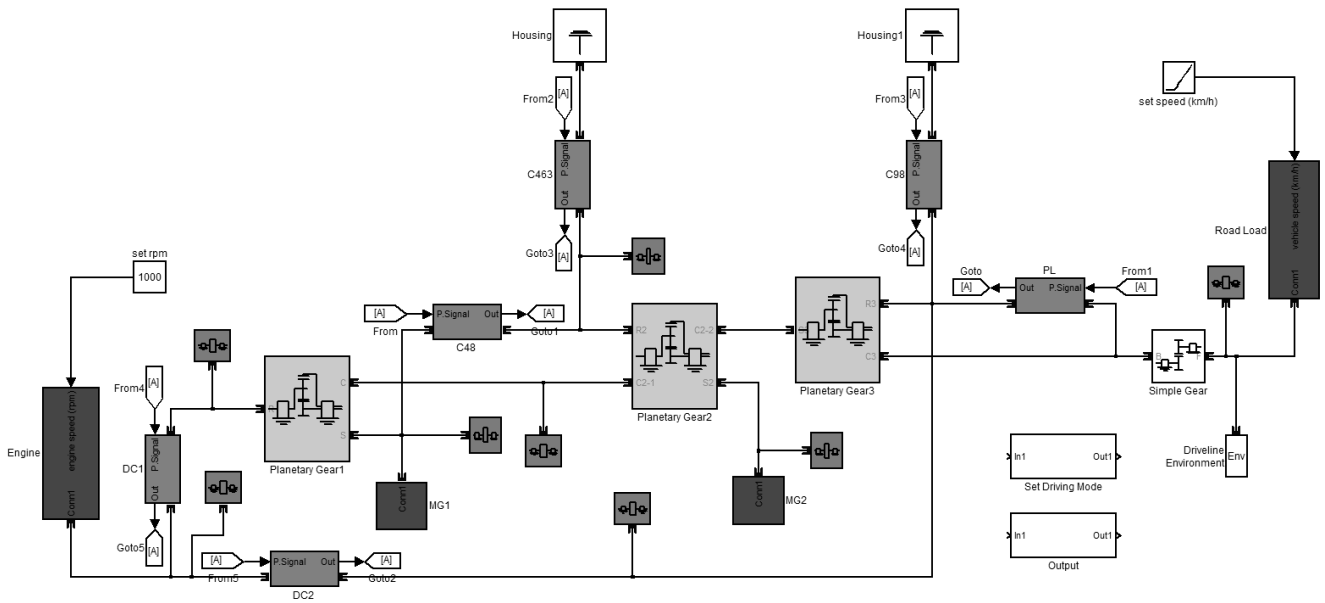


Fig. 12 Modeling of Performance Analysis using Matlab Simulink

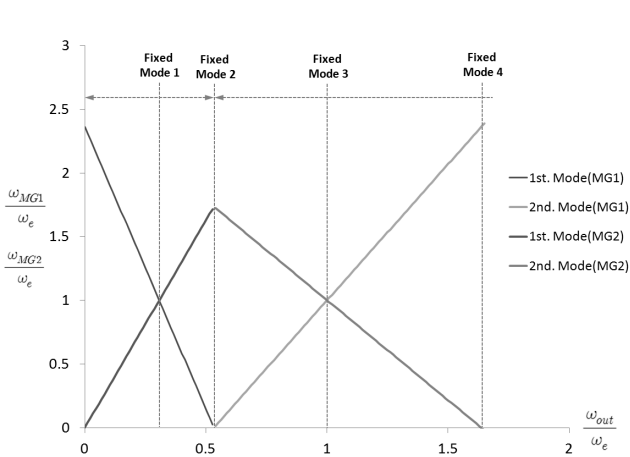


Fig. 13 Relationship graph of Velocity each Modes

$$\left(\frac{1 + \lambda_2}{\lambda_2} \right) \left(\frac{\omega_{out}}{\omega_e} \right) = \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} = \frac{1}{\lambda_2} \left(\frac{\omega_{MG1}}{\omega_e} \right) \quad (45)$$

식 (40)~(45) 식을 이용하여 Matlab Simulink 모델링을 통해 성능분석을 하였다. Fig. 12에는 Matlab Simulink를 이용한 성능 분석 모델링을 나타내었고, 성능분석을 통해 얻어진 변속시점과 구동력 선도는 Fig. 13, 14와 같이 나타났다. Fig. 13에서 MG1, MG2의 속도들이 변화하며 두 속도 그래프가 교차하거나 0의 값을 갖는 위치에서 주행 모드가 변화되고 있음을 알 수 있다. Fig. 14는 Fig. 13에서 정의되는 각 모드별 구동력들을 표시한 것으로서, 차속 증가에 따라 등과위 곡선과 유한 형태로 구동력이 나타나고 있음을 알 수 있다.

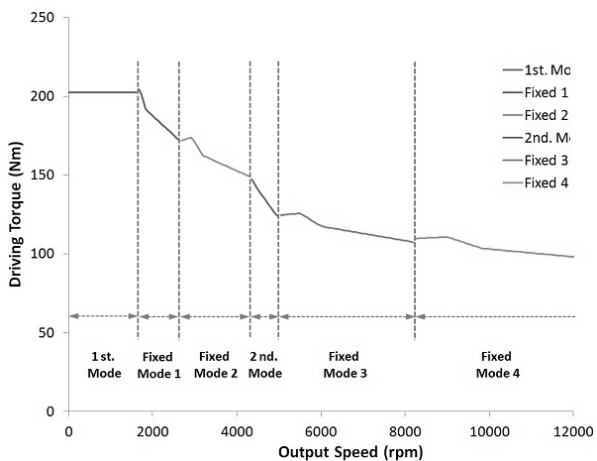


Fig. 14 Driving Force Graph of each modes

5. 결론

본 연구에서는 두 개 이상의 모드를 구현할 수 있는 멀티모드 하이브리드 차량 시스템의 특성 분석을 통하여 성능 관계식을 유도하였고, 이를 Matlab/Simulink 를 이용하여 모델링하였다. 구성된 시뮬레이션 계산 결과를 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

2개 이상의 모드를 구현하는 멀티모드 하이브리드 시스템의 동적 모델 및 성능 제어 시뮬레이터를 개발하였고, 이를 이용하여 다양한 모드 변환과 각각의 성능을 상세히 분석할 수 있었고, 시스템의 각 모드별 속도와 토크 그리고 파워 흐름을 분석하여 각 모드별 장단점을 파악하여 모드 변환 제어 로직의 기본 맵을 구축하는데 활용하였다. 또한, 개발된 운동방정식들을 이용하여 시스템의 운동

변수와 제어변수들을 정의하였고, 유효 지배방정식을 이용하여 주행 속도에 따른 모드 변환 및 각 모드별 구동력 선도를 도출하였다.

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] Park, S. M., Park, J. N., Lim, H. S., 2006, Experimental Investigation for Fuel Efficiency and Performance of Diesel Hybrid Electric Vehicle, KSAE 2006 Fall Conference, 1603-1610.
- [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, S., Yang, H. R., Cho, S. T., Lim, W. S., Cha, S. W., 2007, Composing of Dual Mode Hybrid Systems, KSAE, 2387-2392.
- [6] 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, 117-124.