

4륜구동 직렬형 하이브리드 전기추진시스템의 구성품 용량 최적화 연구

장명연^{*,1)} · 정순규¹⁾ · 한규홍¹⁾ · 여승태¹⁾

¹⁾ 국방과학연구소

A Study on Optimization of Components Sizing for 4×4 Series Hybrid Electric Propulsion Systems

Myeong-Eon Jang^{*,1)} · Soon-Kyu Jeong¹⁾ · Kyu-Hong Han¹⁾ · Seung-Tai Yeo¹⁾

¹⁾ Agency for Defense Development, Korea

(Received 18 December 2013 / Revised 24 February 2014 / Accepted 29 March 2014)

ABSTRACT

The study is conducted on the subject of optimization of components sizing for series hybrid electric propulsion systems. The components sizing of series type hybrid system is very important because each component of series type is larger than the corresponding component of the parallel type or series-parallel type. If the components sizing is greater or less than what is required to this system, the performance of the system is getting worse. The methodology for the sizing of a driving motor is introduced based on the foundation of determined system configuration and performance target. And the sizing of an engine/generator and a battery is achieved based on simulation results using Dynamic Programming. It is possible to find the optimal sizing of these components by comparing fuel efficiency of hybrid electric propulsion system for 8 driving cycles.

Key Words : Optimization(최적화), Components Sizing(구성품 용량), Hybrid Electric Propulsion Systems(하이브리드 전기추진시스템), Driving Cycle(주행사이클)

1. 서론

하이브리드 전기추진시스템은 고유가 시대를 대비하여 차량의 연비를 개선하고, 지구 온난화 방지의 관점에서 탄소 배출을 저감시키기 위한 환경 대책 및 전

순기 동안의 차량 유지비를 절감할 수 있는 실행 가능한 해결책으로 부상하고 있다. 특히 직렬형 하이브리드 전기추진시스템은 뛰어난 동적 성능과 간단한 구조를 그 특징으로 하고, 내연기관으로 배터리를 충전하고 구동모터가 차량 구동을 담당하기 때문에 연비개선 효과가 탁월하다. 하지만, 전기추진시스템 파워트레인 구성품의 합리적인 용량 매칭 없이는 시스템 성능이 실제 요구성능을 훨씬 웃돌거나 기대에 못

* Corresponding author, E-mail: jangmyeong@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

미칠 수 있다. 또한, 직렬형 하이브리드 전기추진시스템은 구동모터, 엔진/발전기, 배터리의 용량이 병렬형이나 직병렬형에 비해 상대적으로 크기 때문에 용량 선정의 범위가 넓어 용량 매칭의 중요성은 더욱 강조됨에 따라, 차량의 목표 성능을 만족하면서 최적의 구성품 용량을 선정하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다^{1)~6)}.

본 연구에서는 전기추진시스템의 파워트레인 구성품 용량 최적화를 위해 이 시스템의 성능 목표를 만족하는 구동모터의 용량을 선정한 후, Highway, City, Rural 등 다양한 주행사이클을 대상으로 엔진/발전기와 배터리의 용량을 각각 조합하여 전기추진시스템의 연비가 최대가 될 수 있는 엔진/발전기와 배터리의 용량을 선정한다.

본 연구의 2장에서는 적용된 전기추진시스템의 제원 및 성능 목표를 소개하고, 3장에서 전기추진시스템의 성능 목표를 만족하는 구동모터의 요구동력을 계산하여 용량을 선정하며, 4장에서 전기추진시스템의 최대순항속도 성능 목표를 만족하는 엔진/발전기의 최소 조건을 계산하고, 5장에서 구성품 용량 최적화 방법을 소개하고, 시뮬레이션을 위한 구성품 선정대상을 식별하며, 6장에서 8개의 주행사이클을 대상으로 다른 용량의 5개 타입 엔진/발전기와 5개 타입 배터리를 각각 조합하여 Backward Simulation 기법인 Dynamic Programming을 사용하여 전기추진시스템의 연비가 최대가 될 수 있는 엔진/발전기와 배터리의 용량을 선정하여 전기추진시스템의 구성품 용량을 최적화 한다.

2. 전기추진시스템 구성

본 연구에서는 4륜구동 직렬형 하이브리드 전기추진시스템을 대상으로 하며, Fig. 1에서 보는 바와 같이 엔진/발전기, 배터리 및 구동모터의 주요 구성품이 있다. 본 연구에서 대상으로 하는 전기추진시스템의 주요 제원은 Table 1과 같으며, 5.5톤급의 중량을 기본으로 엔진/발전기와 배터리의 용량에 따라 전체 시스템 중량을 시뮬레이션 시에 가감한다. 엔진/발전기는 디젤 엔진과 영구자석 타입의 발전기를 사용한다.

전기추진시스템의 성능 목표는 Table 2와 같다.

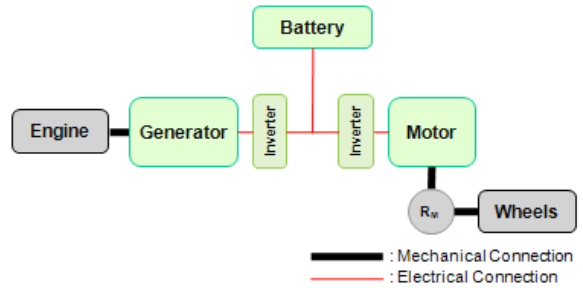


Fig. 1. Configuration of Series Hybrid Electric Propulsion System

Table 1. Main Specifications of Electric Propulsion System

제 원	값
Vehicle Weight (m_v)	5.5 ton급
Vehicle front area (A_f)	3.44 m ²
Vehicle C.G. height (h_g)	0.92 m
Length from C.G. to Front axis (L_a)	2.0 m
Length from C.G. to Rear axis (L_b)	1.3 m
Tire radius	0.44 m

Table 2. Capacity Target of Electric Propulsion System

항목	성능 목표
등판 성능	15 kph @60%
최고속도 성능 (v_{max})	110 kph
가속 성능	60 kph @7초
최대순항속도 성능 (v_{Cmax})	100 kph

3. 구동모터 용량 선정

본 장에서는 전기추진시스템 구동모터의 용량을 선정하기 위하여 Table 2의 전기추진시스템 성능 목표 중 구동모터와 관련된 경사로 등판 능력인 등판 성능, 최고속도를 낼 수 있는 최고속도 성능, 정지상태에서 가속하여 규정속도 이상을 낼 수 있는 가속 성능을 만족할 수 있도록 한다.

3.1 등판 성능

등판 성능은 전기추진시스템이 60 % 경사로에서 미끄럼없이 15 kph의 속도로 등판할 수 있는 구동모터의 순시파워를 산출한다.

먼저 경사로에서 전기추진시스템이 미끄럼없이 주행할 수 있는 최대 구동력 제한조건은 다음과 같이 계산할 수 있다⁷⁾.

전기추진시스템의 주행을 위해 필요한 구동력은 도로와 타이어 사이의 마찰에 의해 작용하며, 마찰계수에 의하여 제한된다. Fig. 2는 경사각 θ 인 경사로를 등판하는 전기추진시스템에 작용하는 하중을 나타내고 있다.

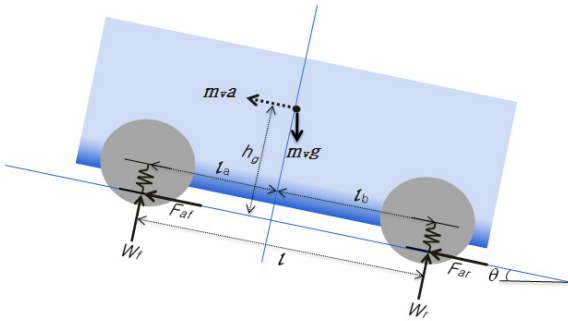


Fig. 2. Load on the slope

전륜에 작용하는 수직하중 W_f 와 후륜에 작용하는 수직하중 W_r 은 Fig. 2에서 모멘트평형식을 이용하여 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} W_f &= m_v \frac{g}{L} (L_b \cos\theta - h_g \sin\theta) \\ W_r &= m_v \frac{g}{L} (L_a \cos\theta + h_g \sin\theta) \end{aligned} \quad (1)$$

슬립이 발생하지 않는 전륜 및 후륜의 최대 구동력은 도로의 마찰계수와 비례하기 때문에 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{af} &\leq \mu W_f \\ F_{ar} &\leq \mu W_r \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 μ 는 도로 마찰계수로 0.8을 적용한다. 도로 경사도가 60 %일 때 전륜 최대 구동력 F_{af} 을 계산하면 8.4 kN, 후륜 최대 구동력 F_{ar} 은 28.6 kN이

되어, 전기추진시스템의 최대 구동력은 37.0 kN 이내로 제한된다. 도로 경사도가 0 %일 때 전륜 최대 구동력 F_{af} 은 17.0 kN, 후륜 최대 구동력 F_{ar} 은 26.1 kN이 되어 전기추진시스템의 최대 구동력은 43.1 kN 이내로 제한된다.

전기추진시스템이 구동하기 위해서는 전기추진시스템이 주행할 때 받는 저항력을 구동력이 초과해야 한다. 저항력 F_r 은 임의의 속도로 평지 및 경사면을 주행할 때 식 (3)과 같이 구름 저항력 F_r , 공기 저항력 F_a , 경사 저항력 F_s 을 합산하여 계산할 수 있다⁸⁾.

$$F_{tr} = F_r + F_a + F_s \quad (3)$$

$$\begin{aligned} F_r &= f_r m_v g \cos\theta \\ F_a &= \frac{1}{2} C_d \rho A_f v^2 \\ F_s &= m_v g \sin\theta \end{aligned}$$

여기서 f_r 은 구름저항 계수로 포장도로는 0.016, 비포장도로는 0.03을 적용하고, C_d 는 공기저항 계수로 0.8, ρ 는 공기밀도로 1.293을 적용한다.

전기추진시스템 등판성능 목표인 60 % 경사로에서 15 kph 속도에서의 총 저항력 F_{tr} 를 계산하면 28.5 kN이 되며, 이는 전기추진시스템의 최대 구동력 제한조건인 37.0 kN 이내로 만족한다.

구동모터에서 필요한 요구동력 P_t 는 식 (4)와 같이 계산할 수 있다⁸⁾.

$$P_t = \frac{F_{tr} \times v}{\eta_r \eta_d \eta_h} \quad (4)$$

여기서 감속기 효율 $\eta_r = 0.95$, 차동기어 효율 $\eta_d = 0.95$, 허브기어 효율 $\eta_h = 0.98$ 을 적용하면, 요구동력 P_t 는 134.3 kW가 계산된다.

3.2 최고속도 성능

최고속도 성능은 전기추진시스템이 최고속도(v_{max}) 110 kph를 낼 수 있는 구동모터의 순시파워를 산출한다.

위 식 (3)을 이용하여 전기추진시스템 최고속도 성능 목표인 평지에서 110 kph 속도에서의 총 저항력 F_r 를 계산하면 2.5 kN이 되며, 식 (4)를 이용하여 구동모터에서 필요한 요구동력 P_t 를 계산하면 86.4 kW가 계산된다.

3.3 가속 성능

가속 성능은 전기추진시스템이 평지의 정지상태에서 60 kph 속도까지 7초에 달리기 위한 구동모터의 순시 파워를 산출한다.

전기추진시스템의 가속 성능을 만족시키기 위한 요구동력 P_t 는 식 (5)와 같다^[8].

$$P_t = \frac{\delta m_v}{2t_a}(v_f^2 + v_b^2) + \frac{2}{3}m_v g f_r v_f + \frac{1}{5}\rho C_D A_f v_f^3 \quad (5)$$

여기서 v_b 는 모터의 기저속도에 대응되는 전기추진시스템의 속도로서, 모터가 최대속도일 때 전기추진시스템이 최대속도로 주행한다고 가정하면 $v_b = v_{max}/x$ 로 계산할 수 있기 때문에 전기추진시스템의 최고속도 v_{max} (= 110 kph)를 모터 속도비 x (= 6 적용)로 나누어 계산한다. v_f 는 전기추진시스템의 가속 성능 도달속도 60 kph이며, δ 는 휠, 차축, 감속기/모터 등 회전부품 등의 회전관성을 고려하기 위하여 도입한 회전관성계수로 1.1을 적용한다.

이들을 적용하여 계산하면 요구동력 P_t 는 144.1 kW가 되며, 앞서 언급한 감속기, 차동기어 및 허브기어의 효율을 동일하게 적용하면, 요구동력 P_t 는 162.9 kW가 계산된다.

따라서 구동모터는 가속성능에 필요한 요구동력이 가장 크며, 순시출력이 162.9 kW 이상으로 선정되어야 한다.

4. 엔진/발전기 용량 조건

본 장에서는 전기추진시스템이 경사도가 0 %인 도로를 배터리의 동력 부가없이 엔진/발전기의 동력만으로 최대순항속도 성능을 만족할 수 있도록 엔진/발전기 용량의 최소 조건을 계산한다.

4.1 최대순항속도 성능

전기추진시스템이 엔진/발전기 동력만으로 최대순항속도(v_{Cmax}) 100 kph로 연속주행하기 위해서는 식 (4)의 요구동력 P_t 에 구동모터, 동력전달계 및 발전기 효율을 고려하면 계산할 수 있다.

구동모터 효율 $\eta_m = 0.85$, 동력전달계 효율 $\eta_{tr} = 0.9$, 발전기 효율 $\eta_g = 0.9$ 를 적용하여 계산하면, 엔진/발전기 연속출력이 102.0 kW 이상으로 선정되어야

한다.

5. 구성품 용량 최적화 방법

전기추진시스템 구성품 용량 최적화를 위해 앞에서 산출한 전기추진시스템의 성능을 만족하는 구동모터의 용량과 엔진/발전기의 용량 조건을 기반으로 하여, 다양한 주행사이클에 따라 엔진/발전기와 배터리의 용량을 다양하게 조합하여 Backward Simulation 기법인 Dynamic Programming을 사용하여 전기추진시스템의 연비가 최대가 될 수 있는 엔진/발전기와 배터리의 용량을 선정한다.

5.1 Dynamic Programming 최적화 기법

본 연구에서는 엔진/발전기와 배터리의 용량 최적화를 위해 Dynamic Programming(DP) 최적화 기법을 적용하였다^[1].

Dynamic programming은 Bellman의 최적화 이론을 근거로 한 최적화 방법으로, 초기 조건과 말기 조건 및 다양한 제한 조건이 주어진 최적화 문제에서 이를 만족하는 최적의 경로를 찾는 방법이다. 이는 주어진 단계적 과정의 문제나 단계적 과정으로 근사화할 수 있는 문제에 적용 가능하다^[9].

일반적인 최적화 문제에서 가능한 모든 영역을 탐색하기 위하여 단계의 개수가 많아짐에 따라 계산량이 기하급수적으로 증가하는 것에 비하여, Dynamic programming을 적용한 최적화의 경우 주어진 단계의 수에 비례적으로 계산량이 증가하기 때문에 상대적으로 적은 계산을 통해 최적 경로를 찾을 수 있다는 장점이 있다.

일반적으로, Dynamic programming 이론에서의 최적화 문제는 식 (6)과 같이 정의된다.

$$x(k+1) = f(x(k), u(k)) \quad (6)$$

식 (6)에서 제어변수 k 단계의 상태변수 x 와 제어변수 u 에 따라 다음 단계의 상태변수 $x(k+1)$ 가 정의되는 것을 알 수 있다.

Dynamic programming의 최적화를 위한 목적함수 J 는 N 개의 단계를 가진 상태 변수 x 와 제어 변수 u 에 따라 경로 비용 L 을 최소화하는 값의 합으로 식 (7)과 같이 정의할 수 있다.

$$J = \min \sum_1^N L(x(k), u(k)) \quad (7)$$

Dynamic programming은 이러한 최적화 문제의 정의를 바탕으로 식 (8)과 같이 $k+1$ 단계에서 최종 단계 N 까지의 최소 비용 $J_{k+1,N}^*(x(k+1))$ 을 알고 있을 경우 k 단계에서의 최소 비용 $J_{k,N}^*(x(k))$ 을 k 와 $k+1$ 단계에서의 비용 $L(x(k), u(k))$ 의 관계를 분석하여 계산하게 된다.

$$J_{k,N}^*(x(k)) = \min \{L(x(k), u(k)) + J_{k+1,N}^*(x(k+1))\} \quad (8)$$

이와 같은 정의를 바탕으로 초기 단계부터 최종 단계까지의 최소 비용 $J_{1,N}^*$ 을 계산하게 되며, 이러한 계산 방식은 최종 단계 N 부터 1까지 후방향(Backward)으로 이루어지게 된다.

5.2 구동모터 선정

구동모터는 앞 장에서 계산된 순시출력 162.9 kW 이상으로 선정되어야 하고, 도로 경사도가 0%일 때 전륜 최대 구동력 F_{gr} 17.0 kN, 후륜 최대 구동력 F_{ar} 26.1 kN의 제한조건을 고려하여 전륜과 후륜의 구동모터 비율을 2:3으로 하고, 시스템 출력 여유와 상용 구동모터의 사양을 고려하여 전륜 구동모터 80 kW, 후륜 구동모터 120 kW의 순시출력을 가진 구동모터를 선정한다.

5.3 엔진/발전기 선정 대상

엔진/발전기는 최대순항속도 성능을 만족하기 위하여 앞 장에서 계산된 연속출력 102.0 kW 이상을 대상으로 하며, Table 3과 같이 엔진/발전기 타입 E1에서 E5까지 5개를 선정 대상으로 한다.

5.4 배터리 선정 대상

배터리는 리튬이온 배터리를 기준으로 Table 4와 같이 배터리 타입 B1에서 B5까지 5개를 선정 대상으로 한다.

5.5 전기추진시스템 중량

전기추진시스템 중량은 5.5톤급을 기준으로 엔진/발전기와 배터리의 용량에 따른 중량 차이를 전기추진시스템 중량에 각각 반영하여 Table 5와 같이 적용한다.

Table 3. Selection Candidates of Engine/Generator

Type	엔진		발전기		중량
	용량	출력	정격	순시	
E1	2500 cc	126 kW	110 kW	160 kW	540 kg
E2	3125 cc	158 kW	138 kW	200 kW	630 kg
E3	3750 cc	189 kW	165 kW	240 kW	722 kg
E4	4375 cc	221 kW	193 kW	280 kW	812 kg
E5	5000 cc	252 kW	220 kW	320 kW	903 kg

Table 4. Selection Candidates of Battery

Type	용량	최대 출력	중량
B1	3.71 kWh	75 kW	79 kg
B2	9.45 kWh	99 kW	162 kg
B3	15.19 kWh	113 kW	245 kg
B4	20.25 kWh	145 kW	319 kg
B5	30.38 kWh	208 kW	466 kg

Table 5. Weights of Electric Propulsion System(Unit: kg)

엔진 배터리	E1	E2	E3	E4	E5
	B1	5,119	5,209	5,301	5,391
B2	5,202	5,292	5,384	5,474	5,565
B3	5,285	5,375	5,467	5,557	5,648
B4	5,359	5,449	5,544	5,631	5,722
B5	5,506	5,596	5,688	5,778	5,869

6. 최적화 시뮬레이션 및 결과 분석

본 연구에서는 2장에서 기술한 제원을 가진 전기추진시스템을 대상으로 3장의 구동모터 용량 선정 결과와 4장의 엔진/발전기 용량 조건을 반영하고, 5장의 구성품 용량 최적화 방법과 구성품 선정 대상을 이용하여 시뮬레이션을 수행한다.

본 연구에서 구성품 모델은 실제 차량에 적용된 구성품의 운전특성을 모델링하여 엔진/발전기와 배터리

의 용량에 따른 특성을 반영하여 적용하고, 시뮬레이션은 MATLAB 기반으로 자체 개발한 최적화 프로그램을 사용하며, 최적화 시뮬레이션 방법과 연구 결과는 참고문헌 1에 게재하였다.

Fig. 3의 8개의 주행사이클을 따라 주행할 때, 각각의 운전특성이 반영된 구성품 모델에 주어진 각 스텝(예. 1초 주기)에서 최적 경로를 찾아 최대 연비 성능을 비교한다. 이때 실제 전기추진시스템과 유사한 구현을 위해 다음의 조건을 반영한다.

- 엔진은 OOL(최적운전선도)상의 10 kW~250 kW 범위에서 출력
- 엔진 시동시 마다 에너지가 항상 3 kW 소모
- 모터 컨버터 효율은 85 % 적용
- 발전기 컨버터 효율은 90 % 적용
- 기어비는 6.88, 기어 효율은 88.4 % 적용
- 배터리 SOC는 0.2~0.9 범위로 제한하며, 시뮬레이션 시작과 끝에서 0.7로 동일하게 유지

Fig. 4는 시뮬레이션 결과로 연료 1리터로 갈 수 있는 거리(km)인 연비 결과를 도출했다. 엔진은 가장 적은 용량인 E1 타입의 2500 cc 엔진이 모든 경우에서 연비가 좋았다.

배터리는 주행사이클에 따라 다른 결과를 나타내는데, 먼저 주행사이클 (a) Nuremberg_r36과 (b) VITO_RW_Decede_Jumper의 경우, B2 타입의 9.45 kWh 배터리가 모든 엔진 타입에서 연비가 좋았다.

주행사이클 (c) Newyork_Bus, (d) UDDS_Truck, (e) India_hwy의 경우, B2 타입의 9.45 kWh 배터리가 모든 엔진 타입에서 연비가 좋았으며, B1 배터리는 E1, E2 엔진과 결합 시에 동력원 용량이 부족하였다.

주행사이클 (f) FTP-72의 경우, B2 타입의 9.45 kWh 배터리가 모든 엔진 타입에서 연비가 좋았으며, B1 배터리는 E1, E2, E3 엔진과 결합 시에 동력원 용량이 부족하였다.

주행사이클 (g) Japan의 경우, E1 엔진에서 B3 타입의 15.19 kWh 배터리가 가장 연비가 좋았으며, E2~E5 엔진에서는 B5 배터리가 연비가 좋았다.

주행사이클 (h) Manhattan의 경우, E1, E2 엔진에서 B5 타입의 30.38 kWh 배터리가 가장 연비가 좋았으며, E3, E4 엔진에서는 B3 배터리가 연비가 좋고, E5 엔진에서는 B2 배터리가 연비가 좋았다.

따라서 배터리 용량 선정은 Fig. 5에서 보는 바와 같

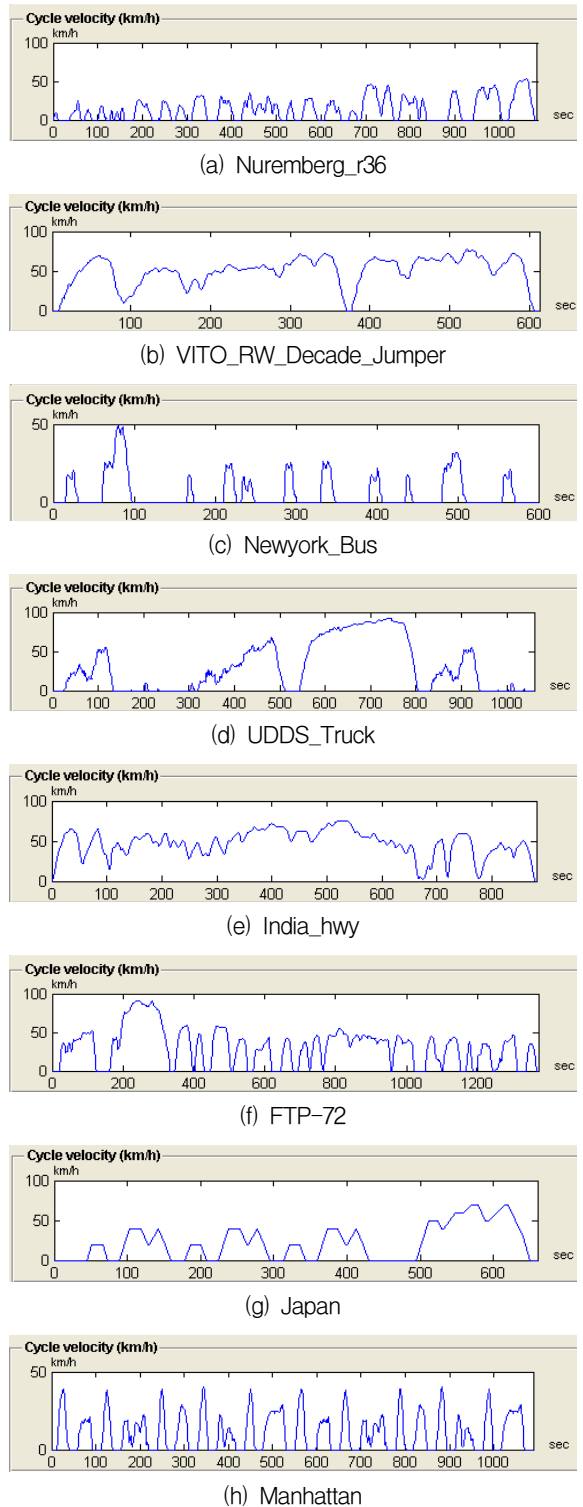


Fig. 3. Driving Cycles

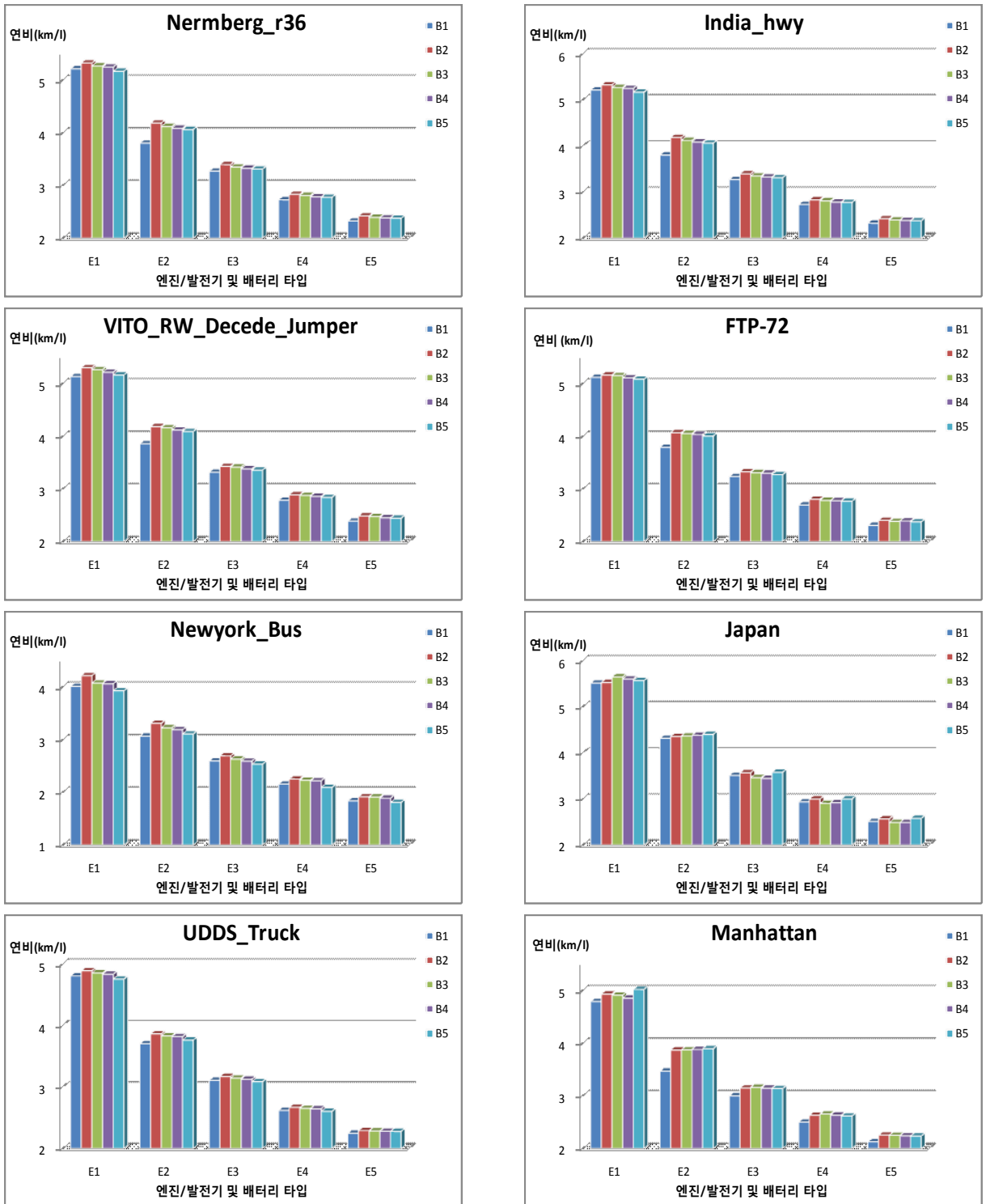


Fig. 4. Fuel Efficiency Results of the Simulations(Unit: km/l)

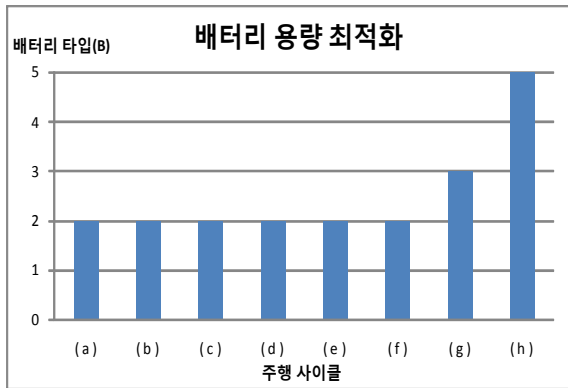


Fig. 5. Optimization of Components Sizing for Batteries

이 B2 타입의 9.45 kWh 배터리가 6개의 주행사이클에서 가장 연비가 높았고, B3 타입의 15.19 kWh 배터리와 B5 타입의 30.38 kWh 배터리가 각각 1개의 주행사이클에서 가장 연비가 높았으므로 B2 타입의 9.45 kWh 배터리를 선정한다.

7. 결론

본 논문에서는 4륜구동 직렬형 하이브리드 전기추진 시스템을 대상으로 전기추진시스템 구성품 용량 최적화를 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 전기추진시스템의 성능 목표를 만족하는 구동모터의 용량을 결정한 후, 8개의 주행사이클에 대하여 엔진/발전기의 용량과 배터리 용량을 각각 변경하여 최대 연비 성능을 비교하였다.

전기추진시스템의 구동모터는 가속 성능 조건에서 순시출력 162.9 kW 이상과 전류/후륜의 최대 구동력 제한조건을 고려하여 전륜 구동모터 80 kW, 후륜 구동모터 120 kW의 순시출력을 가진 구동모터로 선정하였고, 엔진/발전기는 시뮬레이션 결과 가장 좋은 연비 성능을 갖춘 E1 타입의 2500 cc 엔진과 110 kW 정격 출력의 발전기를 선정하였으며, 배터리는 B2 타입의 9.45 kWh 배터리를 선정하였다.

위와 같은 구성품 용량 최적화를 통해 많은 주행사이클에서 전기추진시스템의 연비가 최대가 되는 구성품 용량을 선정하였다.

References

- [1] M. Jang, S. Kim, K. Han and S. Yeo, "A Study on Optimization of Propulsion Systems for Series Hybrid Electric Vehicles Considering Mission Equipments", The Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 16, No. 2, pp. 225-232, April 2013.
- [2] M. Kim, D. Jung, H. Jang and K. Min, "Series-Type Hybrid Electric Bus Fuel Economy Increase with Optimal Component Sizing and Real-Time Control Strategy," Trans. Korean Society Mechanical Engineers, Vol. 37, No. 3, pp. 307-312, 2013.
- [3] C. Zheng, C. Shin, Y. Park and S. Cha, "Sizing of Powertrain in Fuel Cell Hybrid Vehicles," Trans. of KSAE, Vol. 19, No. 6, pp. 113-118, 2011.
- [4] D. Lee, J. Jeong, Y. Park and S. Cha, "The Component Sizing Process and Performance Analysis of Extended-Range Electric Vehicles (E-REV) Considering Required Vehicle Performance," Transactions of KSAE, Vol. 21, No. 2, pp. 136-145, 2013.
- [5] D. Lee and Y. Park, "Component Sizing and Evaluating Fuel Economies of a Hybrid Electric Scooter," Transactions of KSAE, Vol. 20, No. 3, pp. 98-105, 2012.
- [6] S. Fish, "Simulation-Based Optimal Sizing of Hybrid Electric Vehicle Components for Specific Combat Missions," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 37, No. 1, pp. 485-488, January 2001.
- [7] Rajesh Rajamani, "Vehicle Dynamics and Control," Springer, pp. 95-122, 2006.
- [8] M. Ehsani, Y. Gao and A. Emadi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles Fundamentals, Theory, and Design," CRC Press, 2010.
- [9] Brett Bethke, "Approximate Dynamic Programming Using Bellman Residual Elimination and Gaussian Process Regression," 2009 American Control Conference Hyatt Regency Riverfront, St. Louis, MO, USA, pp. 745-750, 2009.