



(사)한국CAD/CAM학회 2 / 0 / 1 / 5 하계학술대회

2015 Summer Conference of
Society of CAD/CAM Engineers

2 0 1 5

8 . 1 9

Wed

~ 2 0

Thu

일시

2015년 8월 19일(수)
~ 20일(목)

장소

용인 명지대학교
자연캠퍼스 창조예술관

구두 발표신청 및
발표자 등록 마감

6월 26일(금)

포스터 발표신청 및
발표자 등록 마감

7월 10일(금)

논문제출 마감

7월 17일(금)

참가자 사전등록 마감

7월 31일(금)

발표신청 및
제출 / 사전등록

학회홈페이지
(<http://www.cadcam.or.kr>)

주최
사단법인 한국CAD/CAM학회

문의
한국CAD/CAM학회 사무국

TEL : 02.501.6862
EMAIL : scadcam@cadcam.or.kr
URL : <http://www.cadcam.or.kr>

CAD
CAM

동특성을 고려한 직렬 하이브리드 전투차량의 배터리 및 발전기 최적 용량 산정.

김대기· 김동민· 채승희· 홍정표[†]
한양대학교 미래자동차공학과

Determination of Optimized Battery and Generator Capacities Considering Dynamic Characteristics of Series Hybrid Combat Vehicle

Dae-Kee Kim, Dong-Min Kim, Seung-Hee Chai, Jung-Pyo Hong[†]

Dept. of Automotive Engineering, Hanyang Univ.

ABSTRACT:

Series hybrid vehicle system is a hybrid vehicle system which is driven by only electric motor. Electric motors of the series hybrid vehicle gains electric energy from battery and generator linked with internal combustion engine. The performance of the hybrid vehicle system varies depending on the specification of battery and generator although each system applies same electric motor and vehicle body, especially series hybrid system. Thus, to design series hybrid system that satisfies the demanded performance, the process that determines the specification of a vehicle components is needed. Equations can be obtained considering resistance forces and acceleration ability and the optimized capacity of each component can be determined. In this paper, we will discuss the process of determining optimized capacity of battery and generator considering mass, size, and dynamic characteristic of the vehicle.

Key Words: Battery, Dynamic characteristics, Generator, Series hybrid vehicle, Vehicle performance

1. 서 론

화석 연료 사용으로 발생하는 배기가스는 지구 온난화 및 스모그 등 환경 문제를 일으키는 원인으로 대두되고 있다. 이에 따라 배기가스를 규제하는 법안들이 발의되고 자동차 시장 전반에 걸쳐 화석 연료를 줄이거나 대체 에너지를 사용하는 친환경 차량에 대한 연구가 진행되고 있다.^[1]

하이브리드 차량은 화석 연료를 사용하는 내연기관과 전기 에너지를 사용하는 전기 모터로 구동되는 친환경 차량으로서 여러 분야에서 기

존의 내연기관 차량을 대체하고 있다. 그 중 국방 분야에서는 전투차량에 하이브리드 구동 방식을 적용하려는 움직임을 보이고 있다. 특히 배터리의 전기 에너지 저장 기술이 상당한 발전을 이루면서 하이브리드 전투차량 개발에 박차를 가하고 있다. 하이브리드 시스템에서도 직렬 하이브리드, 병렬 하이브리드 등의 여러가지 방식이 있는데 전투차량의 경우 공간을 효율적으로 배치할 수 있고 저소음 주행이 가능한 직렬 하이브리드 구동 방식을 주로 채택하고 있다. 직렬 하이브리드 구동 방식은 전기 모터를 통해서만 구동력을 얻고, 전기 모터에 사용되는 전기 에너지는 배터리와 내연 기관으로 구동되는 발전기를 통해서 얻는다.^[2]

[†] Corresponding Author, hongjp@hanyang.ac.kr
© Society of CAD/CAM Engineers

직렬 하이브리드 차량 시스템은 동일한 차체와 동일한 출력의 구동 모터를 사용하더라도 발전기와 배터리의 용량에 따라 차량 성능이 상이하게 나타난다. 그러므로 차량 설계시 요구되는 성능을 만족시키기 위한 발전기와 배터리의 용량을 산정하는 프로세스가 필요하다.^[3]

본 논문에서는 직렬 하이브리드 전후 차량의 질량, 크기 등의 제원과 동특성을 고려한 발전기 및 배터리의 최적 용량 산정 프로세스에 대하여 논의하였다. 차량의 저항력과 가속 성능을 고려한 발전기 및 배터리 용량 산정에 관한 수식을 도출하였고 이를 이용해 발전기 용량 산정 후 차량 시뮬레이션 프로그램인 ADVISOR를 통해 주행 조건에 대한 배터리 용량 산정을 진행하였다.

2. 발전기 및 배터리 용량 산정

2.1 발전기 출력 산정 프로세스

직렬 하이브리드 차량에서 내연기관과 발전기의 역할은 배터리가 방전되어 성능을 잃지 않도록 충전을 하는 것이다. 각 주행 상황에 따라 발전기의 용량에 관한 식이 달라지는데 크게 도시 내 주행과 도시 간 고속도로 주행으로 나눌 수 있다.

도시 내에서 가속과 감속을 반복하는 주행 조건에는 대표적으로 UDSS가 있다. 이 주행 조건 하에서 발전기의 출력을 나타내는 식은 다음과 같다.^[4]

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \left(M_v g f_r + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^2 \right) V + \delta M_v \frac{dV}{dt} dt \quad (1)$$

한편 고속도로에서 일정한 속도로 주행할 경우에 발전기의 출력은 다음과 같이 표현한다.

$$P_g = \frac{V}{1000 \eta_i \eta_m} \left(M_v g f_r + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^2 \right) \quad (2)$$

2.2 배터리의 용량 산정 프로세스

직렬 하이브리드 차량이 구동할 때 배터리는 모터에 전기에너지를 지속적으로 공급해야 한다. 그러므로 차량의 구동 모터의 출력을 고려하여 배터리의 출력과 용량을 산정해야 한다. 또한 배터리를 충전하는 발전기의 출력 역시 고려해야 한다.

2.2.1 배터리의 출력 산정

전기 모터의 출력을 전부 낼 수 있도록 하기 위해서는 발전기의 출력과 배터리의 출력의 합

이 전기 모터의 최대 출력 보다 높아야 한다. 배터리의 출력에 관한 식은 다음과 같다.

$$P_b \geq \frac{P_{m,max}}{\eta_m} - P_g \quad (3)$$

발전기의 출력은 2.1에서 구한 (1)이나 (2)를 사용한다.

2.2.2 배터리의 용량 산정

배터리 용량은 배터리의 에너지 변화량을 측정함으로써 구할 수 있다. 배터리에 저장된 에너지의 용량이 클 수록 차량이 더 오랜 시간 동안 구동할 수 있다. 또한 배터리의 에너지 변화량은 주행 조건에 큰 영향을 받는다. 그러므로 하이브리드 차량의 배터리 용량은 주행 조건을 고려하여 차량의 운행이 가능한 최소한의 배터리 용량을 산정해야 한다.

출력이 일정할 경우 정해진 시간 동안의 에너지 변화량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta E = P \cdot t \quad (4)$$

그러나 2.2.2에서 구한 배터리의 출력값은 대부분의 경우 일정하지 않기 때문에 출력값을 시간에 대하여 적분하여 배터리의 에너지 변화량을 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$\Delta E = \int_0^T \left(\frac{P_{m,max}}{\eta_m} - P_g \right) dt \quad (5)$$

배터리의 용량은 주행시간 동안의 에너지 변화량을 이용하여 구한다. 과충전 및 성능 하락을 방지하기 위해 차량이 주행할 경우 배터리의 SOC(충전량)는 100% 활용되지 않고 일부만 사용된다. 그러므로 배터리를 최대로 충전하였을 경우의 용량은 다음과 같이 나타낸다.^[4]

$$E_b = \frac{\Delta E_{max}}{SOC_{top} - SOC_{bot}} \quad (6)$$

3. 차량 요소 모델링

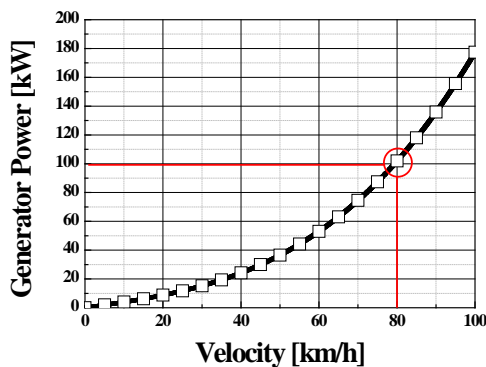
3.1 차량 사양 및 주행 정보

차량에 필요한 발전기의 출력과 배터리의 용량을 산정하기에 앞서 차량과 주행 사이클의 정보를 파악한다.

Table 1은 직렬 하이브리드 전후 차량인 Autonomous Platform Demonstrator (APD)의 사양을 정리한 것이다. 주행 정보는 차량의 등판 각도 및 속도에 관한 정보를 의미한다. 본 논문의 취지는 전후 차량이 실제로 구동되는 환경을 반영하기 보다는 전후 차량의 발전기 및 배터리 용량 산정 프로세스를 정하는 것에 중점을 두고

Table 1 Values of parameters of APD^[5]

Parameters	Value
Total Mass	9.30 ton
Height	2.20 m
Width	2.24 m
Wheel radius	0.50 m
Maximum Speed	80 km/h
Motor Power	600 kW

**Fig. 1** The power of generator depending on the velocity

있으므로, 주행 정보는 최대한 단순화 하여 평지인 고속도로에서 APD 차량이 최고 속도인 80 km/h 의 일정한 속도로 서울에서 부산 까지의 거리인 400 km 를 주행하도록 정했다.

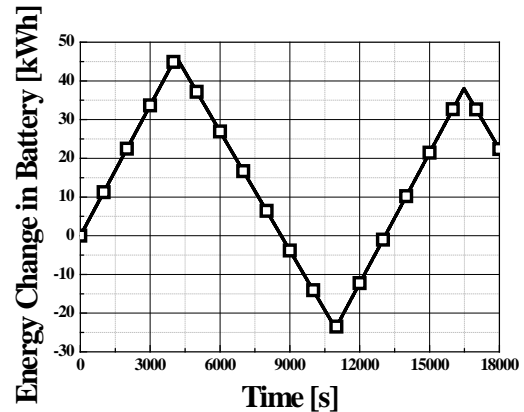
3.2 발전기 및 배터리의 사양 결정

2 장에서 논의한 발전기와 출력과 배터리의 용량을 구하는 과정을 3.1 절에서 주어진 사양 및 정보를 이용하여 구한다.

발전기 출력은 차량의 최고 속도로 일정하게 운행할 경우가 가장 크게 산정되므로 안정적으로 설계가 가능하다. 식 (2)와 주어진 차량의 사양을 이용하여 발전기의 용량을 구하면 100 kW 의 용량이 필요하다. Fig 1. 에서 위 내용을 파악할 수 있다.

배터리의 용량은 차량 시뮬레이션 프로그램인 ADVISOR 를 이용하여 구한다. 3.1 절에서 정한 주행 조건하에 차량의 사양을 입력하여 배터리의 에너지 변화를 파악할 수 있고, 식 (6)을 통해 APD 차량의 배터리 용량은 약 230 kWh 가 필요하다는 것을 파악하였다 Fig 2.는 APD 가 고속도로 주행 조건에서 운행하면서 나타나는 배터리 에너지 변화량을 나타낸 것이다.

4. 결 론

**Fig. 2** Energy change in battery at highway condition

본 논문에서는 직렬 하이브리드 차량 구동에 필요한 발전기와 배터리의 출력 및 용량을 구하는 프로세스를 수행하였다.

발전기의 경우 최고 속도로 주행할 경우를 고려하여 출력을 정하였다. 배터리는 차량의 제원과 주행 조건 등에 영향을 받기 때문에 이 정보들을 시뮬레이션 프로그램에 반영하여 에너지 변화량을 조사하였다. 그 결과 차량에 필요한 배터리 용량을 정하였다.

감사의글

본 연구를 진행할 수 있도록 도움을 주신 국방과학연구소 분들과 과제를 함께 수행하는 모든 분들께 감사를 전합니다.

참고문헌

1. Ail Emadi, 2008, Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-in Hybrid Electric Vehicle, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(6), pp. 2237-2245.
2. 장교근, 2012, 하이브리드 전투차량의 기능 안전성 적용 연구, *한국군사과학기술학회지*, 15(5), pp. 543-549.
3. Dae-Kee Kim, Dong-Min Kim, Seung-Hee Chai, Jung-Pyo Hong, 2015, *Dynamic Characteristics Simulation of HEV system and Determination of Driving Motor Power*, *KSAE spring conference 2015*, 991-996
4. Mehrdad Ehsani, 2004, *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles Fundamentals, Theory, and Design*, CRC Press.
5. TARDEC, Autonomous Platform Demonstrator, <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA54856>