

메인 배터리와 보조 배터리 충전을 위한 PHEV용 하이브리드 시스템

박진수, 김성혜, 강필순
한밭대학교

Hybrid System for PHEV to Charge Main and Auxiliary Battery

Jin soo Park, Seong hye Kim, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 전기 자동차와 계통의 양방향 충전 동작이 가능한 완속 충전 시스템과 차량 전장용 에너지 공급을 위한 LDC용 보조 배터리를 충전시키는 시스템을 Select Switch의 설정에 따라 선택적으로 운용 할 수 있는 두 가지 기능을 갖는 하이브리드 충전 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 계통과 메인 배터리의 양방향 충전 동작과 메인 배터리에서 보조 배터리로 에너지 전달을 하는 동작을 수행하며, DC link와 메인 배터리와의 에너지 전달을 모두 Interleaved 방식으로 동작시킴으로써 전기 에너지의 활용도를 높일 수 있다. PSIM 컴퓨터 시뮬레이션으로 본 논문의 타당성을 검증하고자 한다.

1. 서 론

최근 전기 사용량이 늘면서 대정전 사태(Black Out)에 대한 불안감이 커지고 있다. 발전 시설을 증설 하는 방법이 있으나 원자력과 같은 발전소들은 사회의 많은 여건에 부딪치기 때문에 쉽게 증설하기가 어렵다. 결국 공급은 그대로지만 수요는 증가 하고 있기 때문에 전력난이 생기게 되는데, 이 문제를 해결 할 방안을 모색해야 한다. 본 논문은 상황에 따라 Select Switch 설정으로 차량의 전기를 계통에 연결하여 전기 사용이 많거나 차량을 사용하지 않는 시간대에 활용하여 전력 공급원으로 사용하고, 심야 전기와 같은 값 싼 전기를 활용하여 메인 배터리를 충전함으로써 에너지 활용도를 높일 수 있다. 보조 배터리와 연결의 경우 메인 배터리의 에너지를 보조 배터리에 전달하여 충전함으로써 차량 전장용 에너지 공급원으로 사용할 수 있다. 그리고 메인 배터리와 C_{dc} (DC link) 간의 양방향 동작을 Interleaved 방식으로 하기 때문에 좀 더 효율적인 에너지 전달을 기대 할 수 있다.^[2] 제안하는 회로의 각 동작을 PSIM 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증 하고자 한다.^[1]

2. 제안하는 PHEV용 하이브리드 시스템

2.1 모드 1. AC-DC 컨버터 동작

그림 1은 본 논문에서 제안하는 PHEV 하이브리드 시스템 회로이며, 모드 1은 계통과 메인 배터리와의 양방향 충전

동작 중 메인 배터리를 충전 시키는 동작을 나타낸다. 그림 2(a)는 Select SW가 ②의 AC_{grid}의 계통과의 연결 된 것을 나타내며, 스위치 Q_1, Q_3 는 내부 다이오드만을 이용하고, Q_2 는 AC 전압의 정방향 일 때 PWM 스위칭을 하고, Q_4 는 부방향 일 때 스위칭 동작을 함으로써 PFC동작의 역할 보상이 이루어져 C_{dc} 로 에너지 전달을 하게 된다.

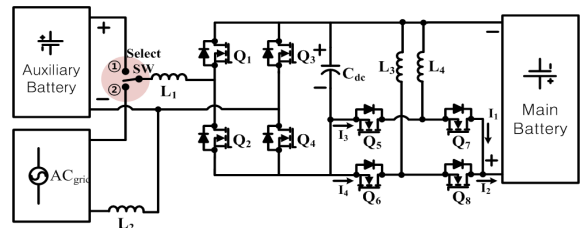


그림 1 제안하는 PHEV용 하이브리드 시스템 회로

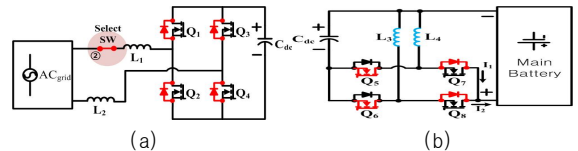


그림 2 (a) AC_{grid} - C_{dc}(DC-link) 정류 회로, (b) C_{dc}(DC-link) - 메인 배터리 Buck-Boost Converter

그림 2(b)에서 Q_7, Q_8 은 스위칭 없이 내부 다이오드만을 이용하는 상태이고, C_{dc} 의 에너지가 Q_5, Q_6 의 PWM 스위칭에 따라 Interleaved 방식으로 메인 배터리를 충전하는 동작을 하게 되며, Buck Boost 방식과 같은 에너지 전달을 한다.

$$V_o = \frac{D}{1-D} \times V_i \quad (1)$$

2.2 모드 2. DC - AC 인버터 동작

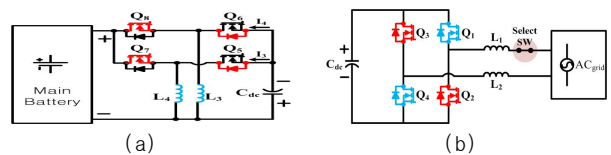


그림 3 (a) 메인 배터리 - C_{dc}(DC-link) Buck-Boost 동작, (b) C_{dc}(DC-link) - AC_{grid} Inverter

모드 2는 메인 배터리의 에너지를 계통의 방향으로 방출하는 동작을 나타낸다. 그림 3(a)에서 메인 배터리의 에너지를 AC 계통으로 전달하기 위해 Q_7, Q_8 을 PWM 스위칭을 하며, 마찬가지로 Interleaved 방식으로 메인 배터리의 에너지를 C_{dc} 에 전달한다. 그림 3(b)는 Q_1, Q_4 와 Q_2, Q_3 의 교차 스위칭 하며, C_{dc} 에서 AC_{grid} 로 3레벨을 형성하는 인버터 동작을 한다.

2.3 Mode3. DC to DC 컨버터 동작

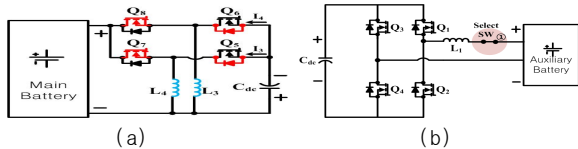


그림 4 (a) 메인 배터리 - C_{dc} (DC-link) Buck-Boost 동작, (b) C_{dc} (DC-link) - 보조 배터리 Buck 동작

그림 4는 메인 배터리의 에너지로 보조 배터리를 충전 하는 동작을 나타내며, 그림 4(b)에서 Select SW가 ①에 연결되어 보조 배터리와 회로가 형성 된 것을 볼 수 있다.

그림 4(a)는 저압의 보조 배터리에 충전(14.4V)하기 때문에 메인 배터리의 475[V]의 전압을 14.4V로 한 번에 강압을 할 수는 없으므로 메인 배터리 전압을 1차 강압시켜 C_{dc} 에 전달한다. 그림 4(b)에서 1차 강압된 C_{dc} 전압이 Q_1 의 PWM 스위칭으로 Buck Converter와 같은 에너지 전달을 한다. 이 때, Q_2, Q_3 는 스위칭 없이 내부 다이오드만을 이용하고, Q_4 는 항상 ON 상태를 유지한다.

$$V_o = D \times V_i \quad (2)$$

2.4 시뮬레이션

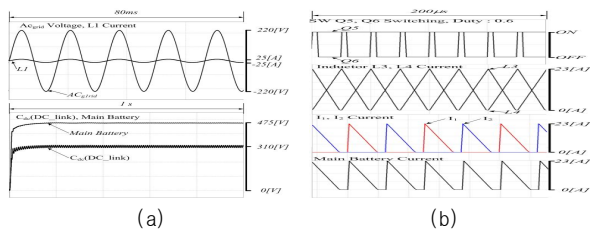


그림 5 AC_{grid} - 메인 배터리, (a) AC_{grid} 전압 및 L_1, L_2 전류, C_{dc} (DC-link) 및 메인 배터리 전압, (b) Duty 0.6 스위칭 및 L_3, L_4 전류, I_1, I_2 메인 배터리 전류

그림 5는 계통에서 메인 배터리 충전 방향의 동작을 나타낸다. 그림 5(a)는 AC_{grid} 의 입력 전압과 전류, 메인 배터리 전압, 전류를 나타내고, 5(b)는 Q_5, Q_6 의 스위칭에 따라 L_3, L_4 에 흐르는 전류 및 Interleaved에 따른 I_1, I_2 동작의 변화를 나타낸다. 시뮬레이션 설정은 다음과 같다.

부하 저항: 60Ω , C_{dc} : $2000\mu F$, Duty(Q_5, Q_6): 0.6 , L_1, L_2 : $2mH$, L_3, L_4 : $500\mu H$

그림 6(a)는 메인 배터리에서 계통으로 방출 하는 동작으로, 메인 배터리의 방출 전압과 전류, 계통의 충전 전압과 전류를 나타낸다. 그림 6(b)는 메인 배터리 에너지가 C_{dc} 로 방출 할 때 Duty가 0.4 인 Q_7, Q_8 의 스위칭에 따른 L_3, L_4 인덕터의 동작 및 Interleaved에 방식에 의한 I_3, I_4 전류의 흐름을 나타낸다. 설계 사양은 Duty와 부하 저항을 제외한 AC_{grid} 메인 배

터리 사양과 동일하다.

그림 7(a)는 메인 배터리에서 C_{dc} 로 에너지 전달을 할 때 나타나는 L_3, L_4 인덕터 전류와 C_{dc} 전류를 나타낸다. 그림 7(b)는 C_{dc} 의 에너지를 보조 배터리에 전달 할 때 나타나는 전압과 Q_1 스위칭에 따른 L_2 인덕터의 전류 파형을 나타낸다.

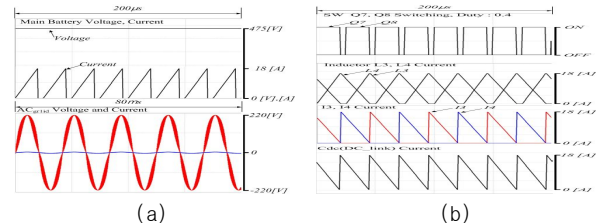


그림 6 AC_{grid} - 메인 배터리, (a) 메인 배터리 및 AC_{grid} 전압, 전류, (b) Duty 0.4 스위칭 및 $L_3, L_4, I_3, I_4, C_{dc}$ (DC-link) 전류

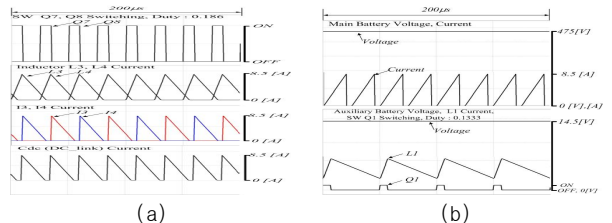


그림 7 메인 배터리 - 보조 배터리, (a) Duty 0.186 스위칭 및 $L_3, L_4, I_3, I_4, C_{dc}$ (DC-link) 전류, (b) Duty 0.133을 갖는 스위칭 및 L_2 전류, 보조 배터리 전압

3. 결 론

본 논문에서 제안한 PHEV용 Hybrid System 회로를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 각 모드에 따른 동작을 검증 하였다. Interleaved 방식을 이용하여 리플 감소와 스위치 설정에 따라 하나의 보드에서 두 가지 동작 및 1, 2차 두 번의 강압으로 보조 배터리로 에너지 전달을 함으로써 스위치의 스트레스를 줄일 수 있는 장점이 있으나 절연 회로를 택하지 않음으로써 안전상의 문제와 추가된 스위치로 인한 손실들이 생길 수 있다. 하지만 스위칭에 따라 절연과 같은 각각의 동작 수행을 하게 되므로 회로에 맞는 최적의 제어기를 설계함으로써 문제점을 개선한다면 전력 수급에 있어 큰 도움이 될 것이다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것이다. (No.2012 006120)

참 고 문 헌

- [1] 김성혜, 강필순, "플러그인 전기차의 배터리 충전과 인버터 기능을 통해 계통연계가 가능한 양방향 컨버터", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.270-272, 2012.
- [2] Fariborz Musavi, Murray Edington, Wilson Eberle, and William G. Dunford, "Evaluation and Efficiency Comparison of Front End AC DC Plug in Hybrid Charger Topologies", *IEEE Transactions on Smart Grid*, Vol. 3, No.1, March, 2012.