

CC-CV충전제어가 가능한 IPMSM 토크제어기법

김준찬*, 원일권*, 추경민*, 홍성우*, 김우재*, 김도윤*, 김영렬**, 원충연*
성균관대학교*, 안양대학교**

IPMSM Torque Control Method available CC-CV Charge Control

Jun Chan Kim*, Il Kuen Won*, Kyung Min Choo*, Sung Woo Hong*, Woo jae Kim*,
Young Real Kim**, Chung yuen Won*
Sungkyunkwan University*, Anyang University**

ABSTRACT

In regenerative mode of an IPMSM control system without a bi directional DC DC converter, the 3 phase PWM inverter charges the battery. At this time, the regenerative torque reference for braking must output the proper torque reference to charge the battery. This paper proposed a regeneration control method that controls the voltage and current of the battery through CC CV control at the regenerative braking torque corresponding to the driver's brake control.

1. 서론

전기자동차 구동하는 모터 구동 시스템에서는 회생제동을 통한 배터리 충전이 필수적이다. 전기자동차 시스템에서 회생은 차량의 운행방향과 반대의 전기 회생토크를 인가함에 따라 구현되며, 고속영역에서 회생량이 매우 큰 특징을 가진다.

기존의 방식에는 배터리 충전영역에서는 전기적 토크의 크기에 따라 가변 DC전류가 배터리로 충전되고, BMS(Battery Management System)의 전압을 센싱 받아 만약 배터리 전압이 과충전 영역일 경우, 마찰브레이크를 통해 제동토크를 발생시키는 방식을 일반적으로 사용하였다. 이러한 방식은 배터리 충전 시 배터리의 내부 저항에 의한 전압강하를 고려하지 못하기 때문에 온라인에서 배터리 충전 시 배터리의 이용률이 떨어지기 때문에 효율적인 배터리의 운용이 불가능하고, 과충전에 대한 위험성이 존재하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 배터리 인버터 시스템의 모터 구동구조의 전기자동차 시스템에서 배터리의 과충전 방지 및 효율적인 배터리 충전을 위한 CC CV 제어기법을 적용할 수 있는 알고리즘을 제안하고 검증한다.

2. CC-CV 제어기법

CC CV 제어기법은 배터리의 정전류/정전압 제어 기법으로 배터리의 전압이 일정 전압보다 낮을 경우는 CC 제어로 정전류 제어를 하면서 배터리 전압을 일정 전압까지 충전한다. 배터리 전압이 일정 전압까지 충전될 경우 CV 제어로 전환하여 배터리의 내부 저항에 의한 전압강하를 고려하여 전류를

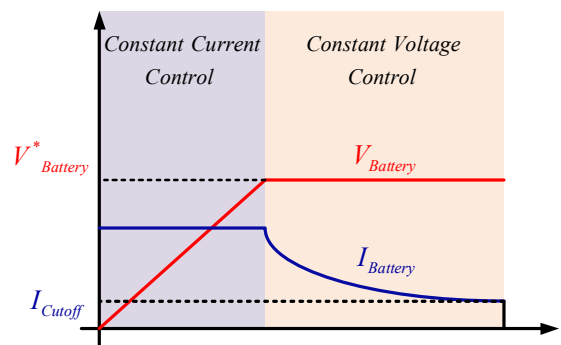


그림 1 배터리 충전을 위한 CC-CV 제어

Fig. 1 CC-CV control for charging the battery

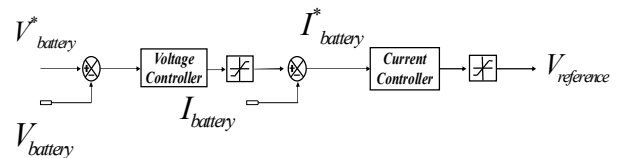


그림 2 CC-CV 제어의 블록도

Fig. 2 The block diagram of CC-CV

서서히 감소시킨다. 전류를 감소시킬 경우 전압강하는 작아지고 배터리 전압은 조금씩 증가하면서 차단 전압에 도달하게 되면 충전 모드를 종료한다. 배터리 전압은 조금씩 증가하면서 차단 전압에 도달하게 되면 충전 모드를 종료한다.

기존의 IPMSM 회생제어 시스템에서 입력되는 전기적 토크의 크기와 DC전류의 가변에 따라 배터리가 충전되었고 배터리의 효율적인 충전 방식의 CC CV 제어 기법을 사용하지 않았다. 만약 CC CV 제어 기법을 사용 하기 위해서는 DC링크 전압을 제어하고 회생 시 배터리에 전력을 저장 가능한 양방향 DC DC 컨버터를 구성해야만 한다.

본 논문에서는 IPMSM 회생제어 시스템을 추가적인 양방향 DC DC컨버터 없이 CC CV 제어 기법을 하여 배터리 인버터 시스템으로 모터구동을 하였다. 양방향 DC DC 컨버터가 없기 때문에 높은 배터리 전압으로 선정해야 하고 DC link 전압 변동에 따라 제어기법도 필요한 문제점이 있지만 컨버터에 의한 손실이 없고 추가적인 스위치와 인덕터가 포함되지 않고 제어 요소를 고려하지 않아도 되기 때문에 전체적인 시스템의 부피를 줄일 수 있다.

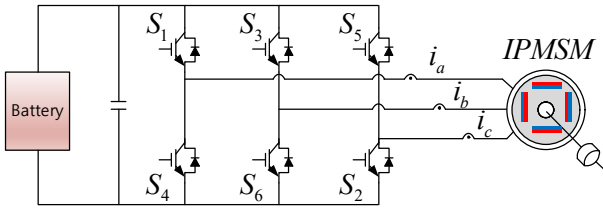


그림 3 배터리-인버터 시스템의 모터구동 구조
Fig. 3 Motor drive structure of Battery-Inverter system

3. 제안하는 IPMSM의 회생제어 알고리즘

식(1)을 보면 배터리 전압과 CC CV 알고리즘의 최종 출력 전류를 곱하여 전력을 계산할 수 있다. 출력 토크지령은 전력을 속도로 나눈 결과이다. 따라서 배터리 전압 지령을 입력으로 토크지령을 출력으로 나올 수 있다. 결과적으로 배터리의 전압과 전류 제어를 통해 전력을 제어하고 이로 인해 제동토크를 제어할 수 있다. 알고리즘을 통해 CC CV 제어 기법으로 전압을 출력해 전력을 제어하고 토크를 제어하면서 적절한 토크지령으로 출력하였다. 이 출력한 토크지령을 IPMSM 회생제어 시스템에 제동토크 입력으로 적용시킬 수 있다. 이로 인해 적절한 제동토크를 IPMSM 회생제어 시스템에 가해주면서 회생 제동영역에서 효율적인 배터리 충전을 할 수 있다.

$$V_{dc}I_{dc} = T_e\omega_r \quad (1)$$

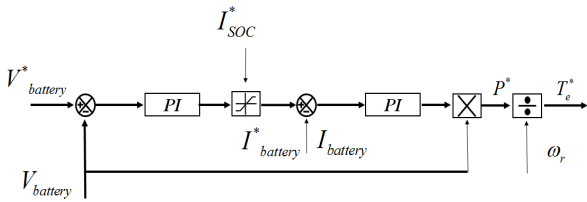


그림 4 토크출력 블록도
Fig. 4 The block diagram of Torque-output

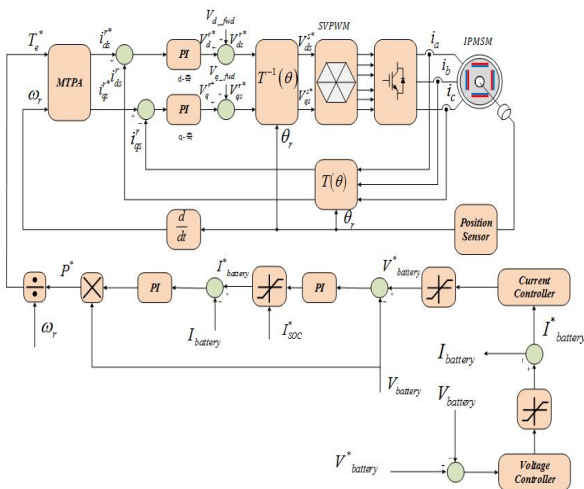


그림 5 제안된 IPMSM 제어 시스템
Fig. 5 Proposed IPMSM control system

4. 시뮬레이션

표 1 IPMSM 제어 시스템 파라미터

Table 1 IPMSM Toque control system parameter

배터리팩 전압	200[V]
배터리팩 용량	22[kWh]
3상 인버터 용량	80[kW]
IPMSM 용량	16[kW]
연속 정격전류	46[A]
최대 정격전류	157[A]
d축 인덕턴스	303[μH]
q축 인덕턴스	907[μH]
극수	8극

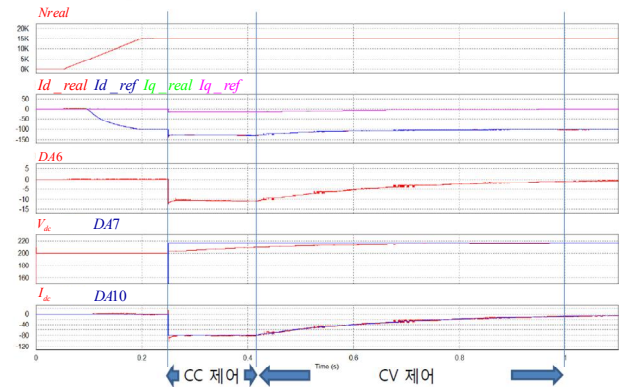


그림 6 IPMSM 회생제어 시스템 시뮬레이션 파형

Fig. 6 The simulated waveforms of IPMSM regenerative control system

시뮬레이션을 통해 정속도 영역에서 먼저 전류가 일정하고 전압은 증가하는 CC 제어한 뒤 배터리 전압이 200V지점에서부터 전압이 조금씩 증가하고 전류가 감소하는 CV 제어를 하는 것을 확인하였다. 이로 인해 q축 전류가 감소하면서 되면서 토크가 감소하면서 회생제동을 하는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 운전자의 브레이크 제어에 대응하는 회생토크를 회생전력제어를 통해 배터리의 전압과 전류를 제어하는 회생 제어 방법을 다루었다. 회생 토크로 안전한 회생제동하며 배터리를 효율적으로 충전하기 위해 CC CV 제어를 사용하여 전압과 전류를 제어하는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1D1A1B03033811).

참고 문헌

- [1] Do Yun Kim, "Regenerative Control Method without DC DC Converter for Electric Vehicle Application", 2014 IEEE Conference and Expo, pp. 1 5, 2014, Nov