

전기자동차용 급속충전기의 과충전 방지 제어 알고리즘

장민호, 유두영, 고영철, 방이석
현대중공업 (주)

Overcharge Protection Algorithm for Battery Charger in Electric Vehicle Applications

Min ho Jang, Doo young You, Young cheol Ko, Lee seok Bang
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

전기자동차용 급속충전기는 배터리의 SOC(State of Charge)가 낮은 경우 전류제어를 통해 배터리를 충전해 준다. 하지만 배터리가 충전되어 SOC가 최대치인 100%에 가까워졌을 경우 과충전을 방지하기 위해 전압제어로 배터리를 충전해 주는데 충전기가 전류제어에서 전압제어로 바뀌면서 과도상태가 발생하게 된다. 본 논문에서는 배터리 충전을 위한 전류제어에서 과충전 방지를 위한 전압제어로 과도상태 없이 변환될 수 있도록 제한적 2중루프 제어를 통한 급속충전기의 과충전 방지 제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션을 통해 검증하였고 차량용 50kW 급속충전기에 적용되어 제주도 스마트 그리드 실증센터에 설치되었다.

1. 서론

최근 화석연료의 고갈 및 환경오염의 문제로 인하여 전기자동차와 이를 충전하는 충전기에 대한 관심이 증가하고 있다.^[1] 특히 전기자동차용 급속충전기에 대한 연구 및 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

급속충전기에 대한 연구 중 하나로 배터리의 수명을 향상시키기 위해 배터리를 충전해주는 여러 가지 제어 알고리즘이 연구되고 있다.^[2] 그중 가장 많이 사용되는 방법은 CC CV (Constant Current Constant Voltage) 충전 알고리즘으로 정전류 제어와 정전압 제어를 선택적으로 사용하는 제어방법이다.^[3] 차량의 배터리는 충전이 가능한 최대 허용 전류가 정해져 있기 때문에 급속충전기는 빠른 충전을 위해 전기자동차 배터리의 최대 허용 전류로 배터리를 충전해 준다. 이처럼 정전류 제어를 통해 전기자동차의 배터리가 충전되어 SOC가 100%에 가까워지게 되면 급속충전기는 과충전을 방지하기 위해 충전되

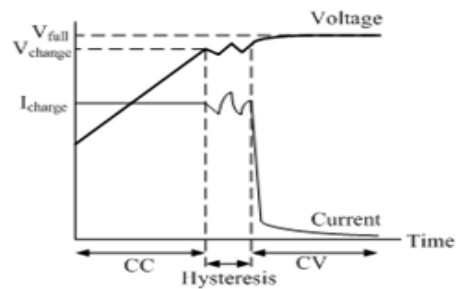


그림 2 기존 충전 알고리즘의 과도상태 응답 특성

는 전류의 양을 줄여 배터리를 충전해 주어야 한다. 급속충전기는 전류의 양을 줄이고 배터리의 전압이 최대 충전 전압을 넘지 않도록 정전압 제어를 통해 배터리를 충전해 준다.

이와 같은 CC CV 충전 알고리즘은 두 개의 독립된 제어기인 정전류 제어기와 정전압 제어기 사이에서 제어권이 변경되는 것이므로 이 과정에서 그림 2와 같이 과도상태가 나타나게 된다. 본 논문에서는 이러한 과도상태 없이 전류제어에서 전압제어로 바뀔 수 있도록 개선된 과충전 방지 제어 알고리즘을 제안한다.

2. 과충전 방지 제어 알고리즘

제안된 과충전 방지 제어 알고리즘은 기존의 2중 루프 제어 구조를 변형한 제한적 2중 루프 제어 구조를 이용하여 정전류 제어기에서 정전압 제어기로 제어권이 바뀌는 과정에서 과도상태가 나타나지 않도록 개선된 알고리즘이다. 기존의 CC CV 충전 알고리즘과 같이 배터리가 충전될 때는 정전류 제어를 통해 배터리의 최대 허용 전류로 충전해 준다. 배터리가 충전되어 SOC가 100%에 가까워지면 과충전을 방지하기 위해 전압제

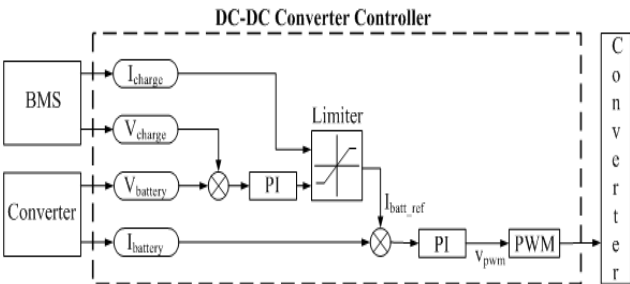


그림 1 기존 CC-CV 충전 알고리즘

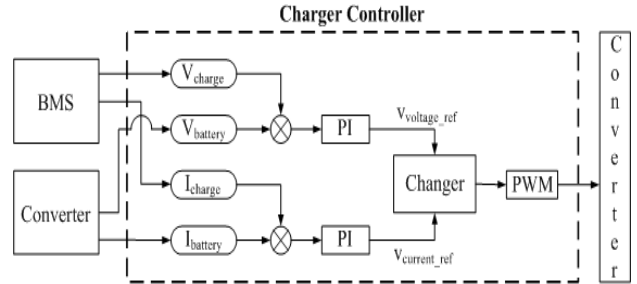


그림 3 제안된 충전 제어 알고리즘

이로 바뀌게 되는데 기존의 CC CV 충전 알고리즘과 다르게 기존의 전류제어기를 그대로 두고 전압제어기가 전류제어기의 전류 지령치를 제어하는 2중 루프 구조로 제어해 준다. 이때 전류제어기의 지령치는 배터리의 최대 허용 충전 전류를 넘지 못하도록 제한하여 전압제어기에서 출력되는 전류 지령치와 배터리의 최대 허용 충전 전류 중 더 작은 값으로 결정된다. 이렇게 전류제어기의 전류 지령치가 전압제어기의 제어에 따라 변하고 배터리의 충전전류가 항상 전류제어기에 의해 제어되기 때문에 배터리의 충전전류가 급격하게 변하지 않아 과도상태가 생기는 것을 막을 수 있다.

3. 시스템 구성 및 시뮬레이션 결과

3.1 급속충전기 시스템 구성

전기자동차용 급속충전기는 계통전원의 보호를 위해 역물제어를 해주는 3상 PWM (Pulse Width Modulation) 컨버터와 사용자의 안전을 위한 계통전원과 배터리간의 절연과 충전전류의 제어를 해주는 절연형 DC DC 컨버터로 이루어진다.

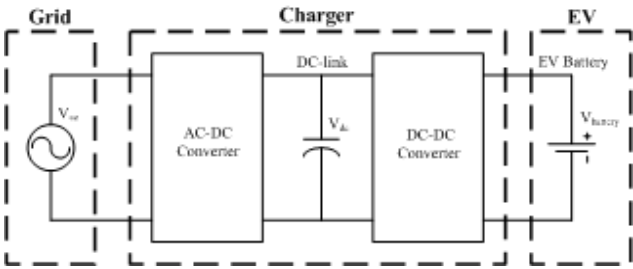


그림 4 급속충전기 시스템 구성도

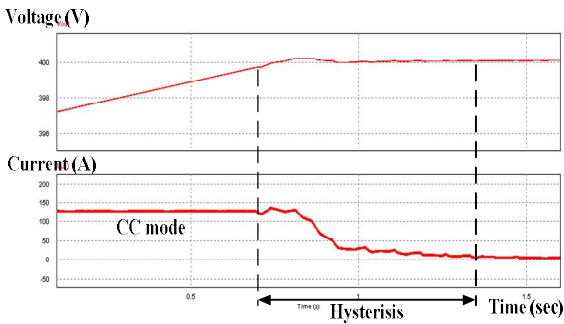


그림 5 기존 충전 알고리즘의 시뮬레이션 결과

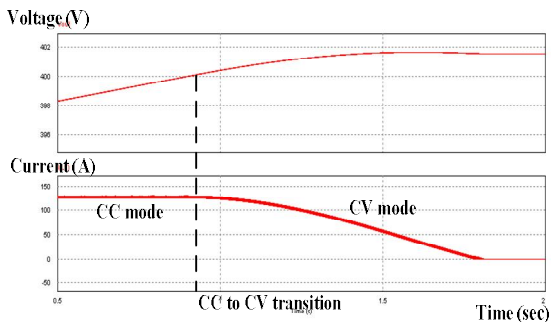


그림 6 제안된 충전 알고리즘의 시뮬레이션 결과



그림 7 제작된 50kW 차량용 급속충전기

3.2 시뮬레이션 결과

제안된 과충전 방지 제어 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 기존 알고리즘의 경우 전류제어에서 전압제어로 넘어가는 순간 과도상태가 나타나 전류가 불안정해 지지만 제안된 알고리즘의 경우 과도상태 없이 안정된 충전전류를 가지고 전압제어로 변경되는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

전기자동차용 급속충전기가 차량의 배터리를 충전할 때 배터리가 완전 충전되는 과정에서 생기는 과도상태를 줄여주기 위해 제한적 2중루프 제어방법을 이용한 과충전 방지 충전 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 검증된 알고리즘은 200 450V의 배터리를 최대 110Ah로 충전 가능한 50kW 급속충전기에 적용되어 제주 소재 스마트 그리드 실증센터에서 전기자동차 충전 및 스마트 그리드 검증 시험에 활용될 예정이다.

참고 문헌

- [1] A.Emadi, K.Rajasekara, S.S. Williamson and S.M.Lukic, "Topological Overview of Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicular Power System Architecture and Configurations." IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 54, NO. 3, May 2005.
- [2] Chih Chiang Hua, Meng Yu Lin, "A Study of Charging Control of Lead Acid Battery for Electric Vehicles," in Proc IEEE Industrial Electronics Conf. on Circuits & Syst., 2000, pp. 135 140.
- [3] Tetsuro Okoshi, Keizo Yamada, Tokiyoshi Hirasawa and Akihiko Emori, "Battery condition monitoring (BCM) technologies about leadacid batteries," J. Power of Source, vol. 158, no. 2, pp. 874 878, Aug. 2006
- [4] Shang Hsien Yang, Jen Wei Liu, Yi Hong Wu, Deng Sian Wang, Chua Chin Wang, "A High Voltage Battery Charger with Smooth Charge Mode Transition in BCD Process," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2011, pp813 816.