태양광 배터리 충전기의 CC-CV모드 변환시 과도상태 성능개선

박성수, 김정현, 이교범
아주대학교

Performance Improve of Transient State in CC-CV Mode Change for PV Battery Chargers

Seong Soo Park, Jung Hyum Kim, Kyo Beum Lee
Ajou University

ABSTRACT

본 논문에서는 태양광 배터리 충전 시스템에서 충전 모드가 변환될 때 과도상태를 보상하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존의 정전류 정전압 충전 알고리즘을 기반으로 정전류 모드에서 정전압 모드로 변경될 때 과도상태를 보상하기 위한 최적의 제어기법을 추가함으로 기존 알고리즘보다 우수한 과도 특성을 갖는다. 본 논문은 3kW급 PSIM 시뮬레이션을 통해서 제안하는 충전제어 알고리즘의 우수한 제어특성을 검증하였다.

1. 서론

태양광 배터리 충전기는 주로 계통에 연계되지 않는 독립형 발전 시스템에 적용되어 소규모 부하에 전력을 공급한다. 이러한 시스템의 특성상 태양광 발전 시스템의 효율을 극대화하기 위한 최대전력점추종(MPPT)제어와 배터리의 안정적인 운용을 위한 충전 알고리즘이 모두 고려되어야 한다[1]. 배터리 충전알고리즘은 크게 정전압 충전, 정전류 충전 그리고 정전류 정전압 충전으로 구분 될 수 있다[2]. 이중에서 정전류 정전압 충전 방법은 배터리를 안정적으로 충전하기 위해 일반적으로 적용되는 알고리즘으로 직렬형과 병렬형의 구조로 분류된다. 전압제어와 전류제어를 직렬로 설계하는 방법은 충전 모드의 전환이 유연하여 안정적인 제어가 가능하지만 충전시간이 길고 제어기 설계가 어려운 단점이 있다. 한편, 병렬형 방식은 일정구간은 정전류로 충전하다가 설정된 SOC (State of charge)가 되면 정전압충전 모드로 변경되어 충전효율을 극대화 할 수 있지만 충전모드가 변경되는 시점에서 과도 상태가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

본 논문에서는 독립형태양광 배터리 충전 시스템의 과도상태 보상을 위한 개선된 충전 알고리즘을 제안한다. 제안하는 충전 알고리즘은 기존의 병렬형 구조의 과도상태를 개선하여 최적의 충전효율을 낼 수 있다. 본 논문은 3kW급 독립형 태양광 시스템을 모의한 PSIM 시뮬레이션 결과를 통하여 제안하는 충전 알고리즘의 우수성을 보인다.

2. 태양광 배터리충전 시스템

2.1 태양광 배터리충전기의 구성

태양광 배터리 충전기는 그림 1과 같이 태양전지와 전력을 조절하는 강압형 컨버터 그리고 에너지 저장하는 배터리로 구성되어 있다. 태양전지는 태양에너지를 전기 에너지로 변환시키고 강압형 컨버터는 태양전지의 출력전압을 시스템의 출력전압 및 전류를 제어하며 태양광 모듈의 발전량을 제어하는 한편 배터리의 충전 제어를 수행한다.

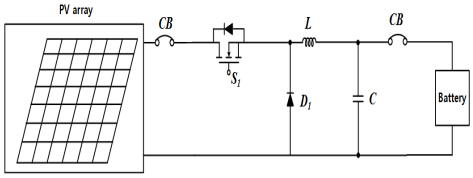

그림 1 태양광 배터리 충전기 시스템
Fig. 1 PV battery charger systems

2.2 배터리 충전 알고리즘

2.2.1 정전압 충전 알고리즘

배터리에 전압을 일정하게 인가되도록 설정하여 정전압으로 배터리 전압을 유지하면서 충전한다. 하지만 초기에 설정전압과 배터리 전압에 차이가 많으면 과전류가 발생 할 수 있는 문제점이 있다. 그러므로 과전류를 제한하는 알고리즘이 필요하다.

2.2.2 정전압 충전 알고리즘

배터리에 전류가 일정하게 인가되도록 하는 충전 알고리즘이다. 배터리가 완전충전 될 때까지 일정한 전류로 충전된다. 하지만 일정전류로 계속해서 배터리를 충전하면 과충전이 발생하여 배터리의 파손 및 수명 단축 등의 문제가 발생 할 수 있다. 그러므로 충전시간과 충전 전류값을 정확하게 제어하는 알고리즘을 추가해야 한다.

2.3 개선된 배터리 충전 알고리즘

정정류 정전압 충전 알고리즘은 제어기 구조에 따라 직렬형과 병렬혈으로 구분된다. 직렬형 충전기법은 전압제어기와 전류제어기가 직렬로 구성되있는 구조로 정전류모드로 충전할 때 전류가 일정하지 않고 서서히 감소하면서 일정전압이 되면 정전압모드로 변경되는 방법이다. 이 방법은 충전 모드가 변환할 때 안정적이지만 충전시간이 길고 제어기의 차수가 증가하여 설계가 어려운 문제점이 있다. 병렬형은 전압제어기와 전류제어기가 병렬로 구성되어 정전류 모드로 배터리를 충전하여 설정한 SOC까지 배터리 전압이 상승하면 정전압 모드로 변경된다. 병렬형 정전류 정전압 충전 알고리즘은 일정전류로 빠르게

배터리를 충전 할 수 있지만 충전모드가 변경 될 때 투입되는 제어기의 출력은 기존의 제어기의 출력을 반영하지 못하므로 강압형 컨버터에 인가되는 통유율이 급변하게 된다. 그 영향으로 충전모드가 변경될 때 배터리 전압 및 전류에 과도한 맥동이 발생한다. 본 논문은 이러한 과도상태에서의 문제를 해결하기 위해 보상 알고리즘이 추가된 정전류 정전압 충전 알고리즘을 제안한다. 기존에 동작하던 전류 제어기의 듀티와 전압제어기에 P제어기의 출력을 이용하여 정전압 제어기에 I제어기를 보상함으로 기존 전류제어기와 동일한 듀티로 정전압 제어를 시작하게 되어 충전 모드가 변환될 때 과도구간이 개선된다.

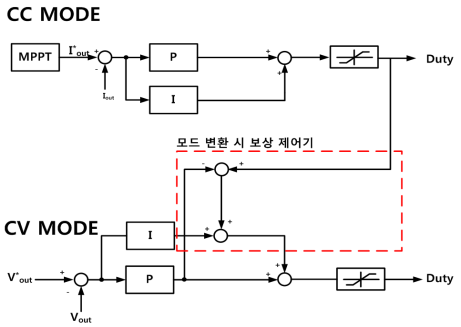

그림 2 정전류-정전압 충전 알고리즘의 블록다이어그램
Fig. 2 The block diagram of cc-cv charging algorithm

3.시뮬레이션

본 논문은 제안된 알고리즘의 검증을 위해 PSIM을 이용하여 3kW급 독립형 태양광 충전기를 모의한 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션의 사용된 강압형 컨버터의 파라미터를 나타낸다.

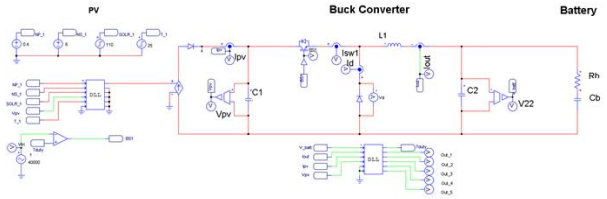

표1. 배터리 충전기의 파라미터 값
Table 1 Parameters of the PV Battery charger

Parameter	Value
L1	2 [mH]
C1	1980 [uF]
C2	940 [uF]

그림 4는 기존의 병렬형 정전압 정전류 충전 알고리즘을 적용 하였을 시의 태양광 배터리 충전기의 성능을 보인다. 초기에 최대전력점제어 출력이 전류제어기의 지령값이 되고 충전기는 정전류로 배터리를 충전하면서 서서히 배터리 전압이 상승하게 된다. 그리고 SOC가 90%가 되었을 때 충전 모드가 정전압 충전으로 변경된다. 충전모드가 변환될 때 과도구간을 보상하는 알고리즘이 적용되지 않아서 PV 전력 및 배터리의 전압과 전류에 큰 맥동이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 그림 4와 동일한 조건에서 제안하는 충전 알고리즘을 적용하였을 시의 출력 특성을 보인다. 본 파형에서는 충전모드 변환 시 기존에 발생하던 전압, 전류 및 전력의 맥동이 상당부분 저감된 것을 확인할 수 있다.

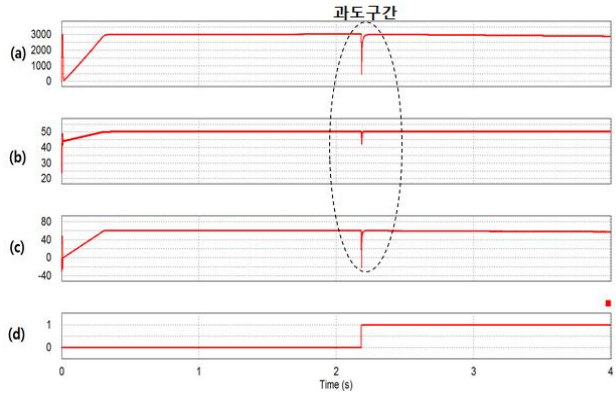

그림 4.기존 정전류-정전압 충전 알고리즘 파형
Fig. 4 Conventional CC-CV charging algorithm waveform
(a) Power Pv Power (b) Battery voltage
(c) Battery current (d) charge mode

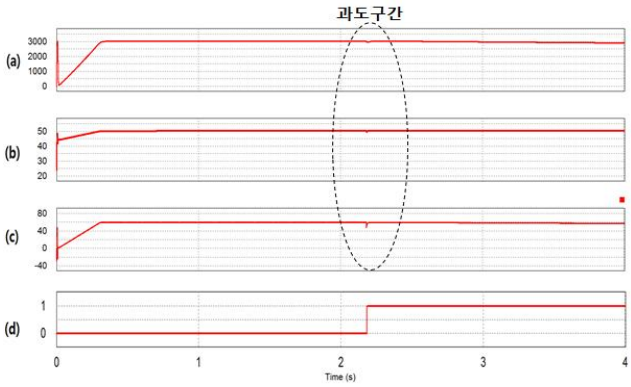

그림 5.개선된 정전류-정전압 충전 알고리즘 파형
Fig. 5 improved CC-CV charging algorithm waveform
(a) Power Pv Power (b) Battery voltage
(c) Battery current (d) charge mode

4. 결론

본 논문에서는 태양광 배터리 충전기에서 정전류 정전압 충전 알고리즘으로 배터리를 충전할 때 충전모드가 변경되는 구간에서 발생하는 과도상태를 확인하고 이를 보상하기 위한 최적에 제어기법을 추가한 알고리즘을 제안하였다. 성능 검증을 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 통해서 충전모드가 변경될 때 과도구간이 개선된 것을 확인하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국 에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (S2012A054200003)

참 고 문 헌

[1] V. Salas, E. Olias, A. Barrado, and A. Lazaro, “Review of the maximum power point tracking algorithms for stand alone photovoltaic systems,” Sol. Energy Mater. Sol. Cells, vol. 90, no. 11, pp. 1555 1578, Jul. 2006.

[2] Chanakya B. Bhatt, Vinod P. Patel and Nimit K. Sheth, “High Battery Charger,” International Conference on Electrical Machin Syetem 2007, pp1772 1777, Oct 2007