비절연형 단상 계통 연계형 스마트 모빌리티 충전 시스템 설계

김대원, 박성민
홍익대학교 전자전기융합공학과

Design of Smart Mobility Charge Station with Non-isolated Grid-tied Single Phase System

Dae Won Kim, Sung-Min Park
Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University

ABSTRACT

미래 도시 교통 체계에 큰 변화를 줄 수 있는 매체로 스마트 모빌리티가 주목 받고 있다. 스마트 모빌리티 운용을 위해서는 효율적인 충전 시스템을 필요로 한다. 본 논문에서는 비절연형 단상 계통 연계형 태양광 발전 시스템에서의 스마트 모빌리티 충전 시스템 설계를 소개한다. 설계한 시스템의 회로 및 제어기 구성법은 Matlab/Simulink 시뮬레이션을 이용하여 해당 컨버터 및 인버터와 제어기 구성의 타당성을 보여준다.

1. 서론

전 세계의 대도시들은 도시 집중 현상 심화에 따른 도시교통 문제를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다. 최근 첨단 ICT(Information and Communications Technology)가 발전하면서 도시교통의 문제점을 효과적으로 해결할 수 있는 '스마트 모빌리티'가 주목 받고 있다. 스마트 모빌리티는 다양한 과거 및 실시간 데이터와 정보통신기술의 도움으로 이동시간을 최적화하는 개념이다. 도로 혼잡, 사고 유해가스 배출량을 감소시키는 효과를 발휘할 수 있다. 다양한 디지털 솔루션으로 구성되어 있으며 사람과 상품의 수요와 공급을 최적화하는데 초점이 맞춰져있다. 모빌리티와 함께 모빌리티 운영을 위한 플랫폼도 같이 제공되어야 한다.

본 논문에서는 스마트 모빌리티를 위한 충전 시스템을 설계한다. 해당 시스템은 신재생 에너지와 ESS를 도입시켜 계통과의 연계를 통해 에너지 비용 절감과 정전 없는 원활한 전력 공급이 가능한 모빌리티 충전 시스템을 제안한다.

2. 본론

2.1. 설계 회로 구성

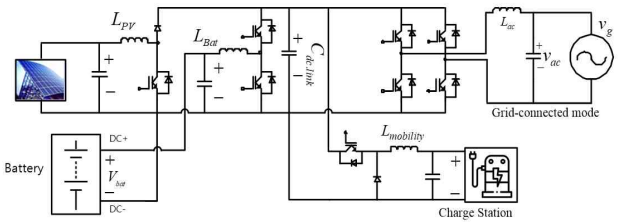

Fig. 1 circuit diagram of the proposed Smart Mobility Charge Station in Grid-tied Single Phase Non-isolated Photovoltaic System.

그림 1은 PV-ESS가 결합된 스마트 모빌리티 충전 시스템의 구조를 나타낸 그림이다. 3.3kW 시스템으로 설계하였다. 태양광 발전 시스템에는 승압을 위한 Boost 컨버터로 구성했으며 ESS 시스템에는 승압과 강압이 가능한 Buck-Boost 컨버터가 구성되어있다. 모빌리티 충전 시스템에는 강압을 위한 Buck 컨버터로 구성했다. 출력 계통부에는 풀 브리지(Full-Bridge) 컨버터로 구성하여 부족 전력 및 잉여 전력이 발생 시 양방향 전력흐름이 가능하도록 동작된다.

2.2. 시스템 제어방법

2.2.1. 제어기 설계

그림2 (a)는 태양광 컨버터의 제어 블록 다이어그램을 나타낸다. 태양광 발전 시에 필요한 컨버터로 부스트 컨버터를 설계했다. 본 논문에서는 P&O(Perturb & Observe) 방식의 MPPT 알고리즘을 사용하였다. P&O 제어방법은 간단한 피드백 구조로 태양광 패널을 통해 출력되는 전압과 전력을 비교하여 최대 전력의 상태를 연속적으로 추적하게 된다[1].

그림 2의 (b)는 ESS 시스템의 컨버터의 제어 블록 다이어그램을 나타낸다. ESS 컨버터는 전체 시스템의 부족 전력과 잉여 전력을 위한 전력균형제어를 실시하여 배터리 충전 혹은 방전모드로 동작할 수 있다. DC 링크 전압을 400V로 제어하며 ESS 충전 전류 제어에 PR(Proportional Resonant)제어기를 추가하였다. PR제어기는 고조파 성분을 분석하여 전류맥동을 저감시킬 수 있는 역할을 한다.

그림 3의 (a)는 모빌리티 충전 시스템의 컨버터 제어 블록 다이어그램을 나타낸다. CC/CV(Constant Current Constant Voltage)제어를 위해 PI(Proportional Integral)제어기로 설계하였다.

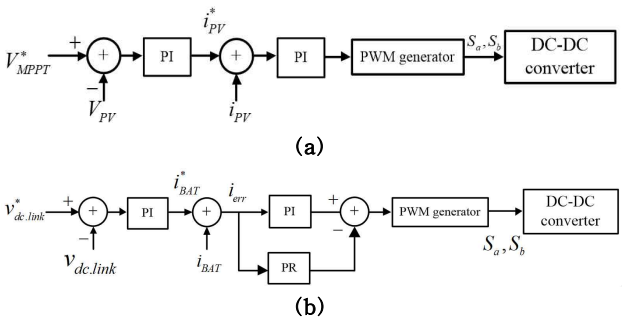

Fig. 2 (a) Control block diagram of PV DC-DC converter, and (b) Control block diagram of ESS DC-DC converter.

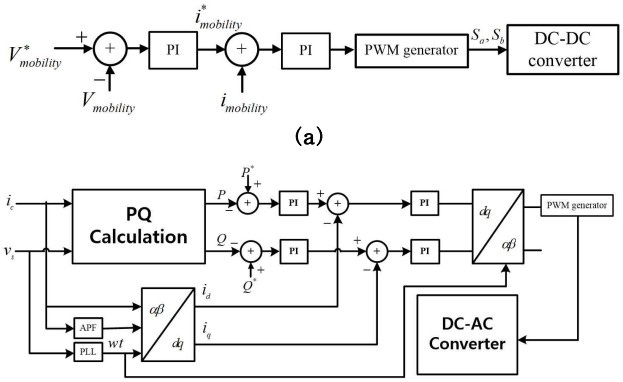

Fig. 3 (a) Control block diagram of Mobility DC-DC converter, and (b) Control block diagram of DC-AC converter.

그림 3 (b)는 단상 계통형 컨버터의 제어 블록 다이어그램을 나타낸다. 계통 안정화를 위한 전력보상이 유효전력 및 무효전력제어를 통해 이루어지며 전류제어는 가상 d-q축 전류 제어기를 이용하였다. 이를 통해 순시전력 이론에 의해 d축 전류와 q축 전류를 제어하여 유효전력 및 무효전력을 독립적으로 제어할 수 있다. 이는 고정 좌표계상의 제어에 비해 과도응답 특성이 향상되며 안정적인 제어시스템을 구현할 수 있다[2].

3. 실험 시뮬레이션 결과

제안하는 비절연형 단상 계통 연계형 스마트 모빌리티 충전 시스템의 회로와 제어 방법에 따른 성능을 검증하기 위해 MATLAB/Simulink 시뮬레이션을 이용하였다. 시스템의 전력 변화에 따른 컨버터의 제어를 확인하였다.

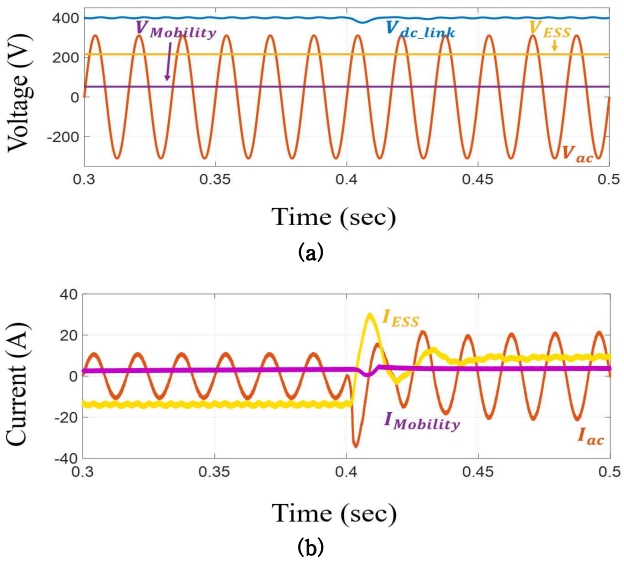

Fig. 4 The waveform of Simulation of Gried tied PV-ESS Smart mobility charge station (a)voltage, and (b)current.

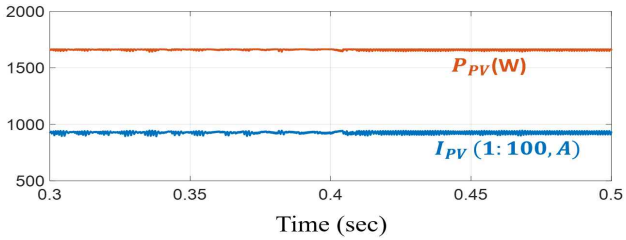

Fig. 5 The waveform of Simulation of PV power, and voltage.

Table 1 Values of the system parameters

Parameters	Mark	Values
AC voltage (V)	V_g	220
ESS voltage (V)	V_{ESS}	200
Mobility voltage (V)	$V_{mobility}$	48
DC link voltage (V)	$V_{dc.link}$	400
PV power (W)	P_{PV}	1650
Switching Frequency (kHz)	f	20

그림 4는 0.4초에 DC-AC 컨버터를 이용하여 계통의 1650W와 PV에서 발전된 1650W가 ESS를 충전해주고 있는 상황에서 PV와 ESS의 3.3kW의 전력을 계통으로 공급하는 시스템으로 전력의 흐름이 변화되었을 때 나온 결과 파형이다. 전력의 흐름에 변화가 있음에도 DC 링크 전압이 400V로 유지되는 것을 관찰할 수 있었으며 또한 모빌리티 충전 전압과 전류가 전력변동과 무관하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 스마트 모빌리티를 충전하기 위한 비절연형 단상 계통 연계형 스마트 모빌리티 충전 시스템을 제안하였다. PV-ESS를 연계한 모빌리티 충전 시스템 제어를 위해 회로 구성과 제어방법을 제안하였다. 시스템 내부의 전력 변동에 응답하며 ESS 시스템은 충전 및 방전운전을 통해서 전체 시스템의 전력균형 유지한다. 이를 통해 안정적인 DC 전압 및 스마트 모빌리티 충전 시스템의 전압, 전류가 제어됨을 확인하였다. 제안된 제어방법은 MATLAB/Simulink 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

이 논문은 2020년도 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인재양성사업'의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호 N0000717)

참 고 문 헌

[1] J. H. Kim, S. T. Jou, and K. B. Lee. *An Improved Battery Charging Algorithm for PV Battery Chargers*, The Transactions of Korean Institute of Power Electronics 18(6), 507-514, (2013).

[2] S. G, Kim. K. H. Baek, S. M. Park, and G. B. Chung. "Single-Phase CHFL Converter with Buck-type Active Power Decoupling for EV on-board Charger" *The Conference of Korea Institute of Power Electronics*, pp. 328-329, (2018).