

태양광 발전을 이용한 전기자전거용 배터리 충전장치

(The Battery Charger System for Electric Bicycle using Photovoltaic Power)

원동조* · 이주혁* · 김재형* · 원중연* · 정용채**

(Dong-Jo Won · Joo-Hyuk Lee · Jae-Hyung Kim · Chung-Yuen Won · Yong-Chae Jung)

(Abstract)

In this paper, we propose the battery charging device for electric bicycle using photovoltaic power. DC voltage from the solar cells is low, it needs to be step-up by the power conversion device. The power conversion device applied to this paper is phase-shift full-bridge converter. This converter steps-up from 12~22[Vdc] to 36[Vdc] for charging the battery of electric bicycle. Phase-shift full-bridge converter(PSFB) can obtain twice as much DC voltage compared with half-bridge converter, thus it has lower current stress less than half-bridge converter. It is simulated and tested the battery charging device using photovoltaic power.

1. 서 론

전 세계적으로 지구 온난화 및 에너지 소비의 급증에 따른 에너지 고갈 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 신재생 에너지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 다양한 신재생에너지 중 태양광에너지를 사용하였다.

태양광 발전 시스템은 태양광에너지를 기반으로 하여 발전하므로 화석 연료가 불필요하고 대기오염이나 폐기물 발생이 없다.

태양전지의 수명이 20년 정도로써 운전 및 유지관리에 따른 비용을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

그러나 태양광 발전 시스템은 온도, 일사량 및 기후 조건에 따라서 출력전압의 변동이 심하게 변하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 45W급 태양전지 모듈을 이용하여 BLDC 전기자전거용 배터리를 충전할 수 있는 시스템을 시뮬레이션 하였다.

이 시스템은 계통 전원을 이용하지 않고 배터리를 충전 할 수 있는 신재생에너지 충전장치로써 별도의 전력 공급 없이 태양에너지를 이용하여 구현하므로 환경오염 방지 및 전력변환 기술의 발전을 기대할 수 있다.

본 태양광 발전을 이용한 전기자전거용 배터리 충전장치 Full-Bridge Converter를 이용하여 배터리를 충전하는 방법을 사용하였고, 검증을 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 본 론

2.1. 모듈 구성

본 논문에서 구성한 충전장치의 전원으로써 45W급 태양전지 모듈을 사용하였다. 표1은 본 논문에서 사용된 태양전지 모듈의 사양을 나타낸다.

표 1. 45W급 태양전지 모듈 사양
Table 1. Specification of 45W solar module

Model	SPSM-045D		
Size	626x535x28	최대 출력전류	45[W]
최대 출력전압	17.6[V]	최대 출력전류	2.56[A]
개방전압	21.5[V]	단락전류	2.7[A]

2.2. 위상전이 풀-브리지 컨버터

45W급 태양전지 모듈로부터 발생되는 12~22V의 직류전압은 Full-Bridge Converter의 입력전압으로 사용되고, 컨버터에서는 직류전압을 승압하여 배터리에 공급한다.

그림 1은 Phase-Shift Full-Bridge Converter를 포함한 전체 배터리 충전 시스템의 블록도를 나타낸다.

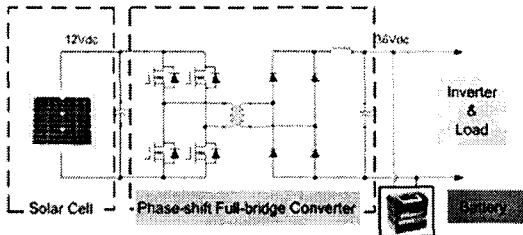


그림 1. 시스템 블록도
Fig 1. System block diagram

Full-Bridge Converter 는 인버터 부, 고주파 변압기 부, 다이오드 정류부, 필터부로 구성된다.

인버터부는 직류전압을 교류전압으로 변환시키며, 변압기부는 교류전압을 승압한다.

다이오드 정류부는 승압된 교류전압을 직류전압으로 변환시키며, 필터부는 리플을 제거하여 전압과 전류를 평활화 하는 역할을 한다.

본 논문에서 사용한 Full-Bridge Converter는 PWM 을 발생시키고, 출력단의 전압을 검출 받아 정전압 제어를 한다.

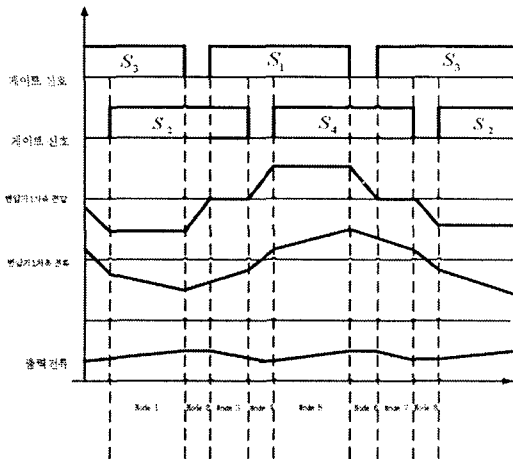


그림 2. 위상 천이 풀-브리지 컨버터 파형
Fig 2. Waveform of Phase-Shift Full-Bridge Converter

그림 2는 컨버터의 주요 파형을 나타낸다. Phase-Shift Full-Bridge Converter는 환류 구간에서 생기는 링잉성분을 최소화시키기 위해 스위치의 신호를 위상천이 하는 제어방식에 의해 컨버터의 시비율을 결정한다.

2.3. 모드해석

컨버터의 동작모드를 분석하기 위해, 그림 3과

같이 8개의 동작모드로 나누어 설명한다.

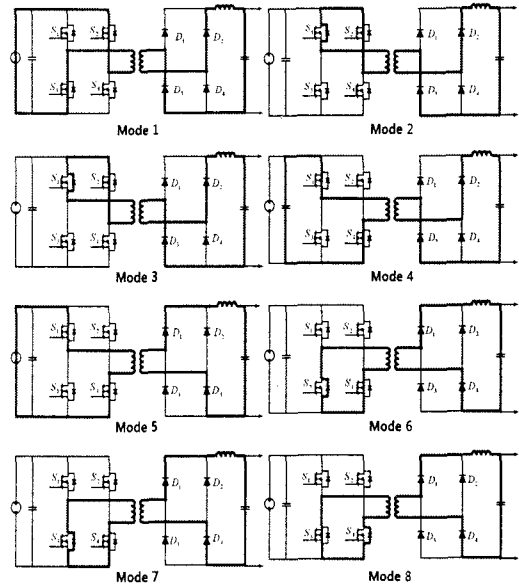


그림 3. 동작 모드
Fig 3. Operation modes

Mode 1:

스위치 2번과 3번이 턴온이 됨으로써, 변압기 1차 측에 음의 전압이 인가되고, 변압기 1차측 전류는 음의 전류가 흐르게 된다. 1차 측 입력에너지는 변압기에 의해 2차 측으로 넘어가며 전파 정류기에 의해 DC로 변환된다.

Mode 2:

스위치 3번과 1번 사이의 데드타임(dead time) 구간으로 1차측에 누설인덕턴스에 축적되었던 에너지가 2차측으로 방출하게 되며, 1차측 양단에 인가되는 전압은 0으로 된다.

Mode 3:

스위치 1번과 2번이 턴온이 되고, 변압기 1차측의 인덕터가 Source가 되어 그 전 모드에서 축적되었던 에너지를 사용한다. 이 Mode동안에 축적되어 있던 에너지를 사용하므로 전류는 감소한다.

Mode 4:

스위치 2번과 4번 사이의 데드타임(dead time)구간으로 1차측에 누설인덕턴스에 축적되었던 에너지가 2차측으로 방출하게 되며, 1차측 양단에 인가되는 전압은 0으로 된다.

Mode 5:

전류는 스위치 1번과 4번을 통하여 흐르게 되고 전원측의 에너지가 인가되므로 변압기 1차 측의 흐르는 전류의 양이 증가한다. 다이오드 정류기에서는 다이오드 1번과 4번으로 흐르게 된다.

Mode 6:

스위치 3번과 1번 사이의 데드타임(dead time)구간으로 1차측에 누설인덕턴스에 축적되었던 에너지가 2차측으로 방출하게 되며, 1차측 양단에 인가되는 전압은 0으로 된다.

Mode 7:

Mode 7에서는 이전 모드에서 축적되었던 에너지를 Source로 사용하며, 정류기에서는 다이오드 1번과 4번에 전류가 흐르게 된다.

Mode 8:

스위치 4번과 2번 사이의 데드타임(dead time)구간으로 1차측에 누설인덕턴스에 축적되었던 에너지가 2차측으로 방출하게 되며, 1차측 양단에 인가되는 전압은 0으로 된다.

3. 시뮬레이션

3.1. 시뮬레이션

표 2. 컨버터 파라미터
Table 2. Parameters Converter

입력전압	12~22[Vdc]
출력전압	36[vdc]
용량	45[W]
변압기 권선비	2:8
인덕터	180[μH]
캐패시터	470[μF]
스위칭주파수	50[kHz]

표 2는 논문에서 사용된 Phase-Shift Full Bridge Converter의 파라미터를 나타내며 이러한 파라미터와 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

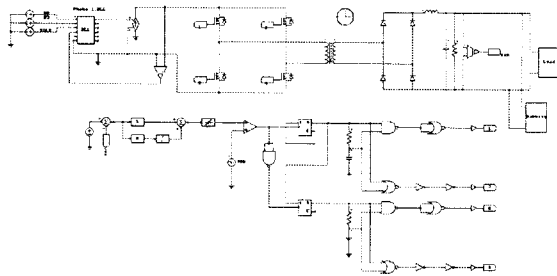


그림 4. 시뮬레이션 회로도
Fig 4. Simulation schematic

그림 4는 PSIM으로 구성된 시뮬레이션 회로도를 나타낸다. 태양전지는 DLL로 모델링 하였고, 셀 수와 모

듈 수, 일사량 및 온도 등을 가변시킬 수 있다. Full-Bridge Converter는 출력전압을 검출하여 PWM신호를 발생시키는 Closed-Loop 시스템으로 구성하였다. DLL로 태양전지 모델링을 할때, 매개변수형과 보간형으로 나누어 지는데, 본 논문에서는 실제 태양전지에 출력을 비교적 정확하게 추종하는 특성을 갖는 매개변수형을 사용하였다.

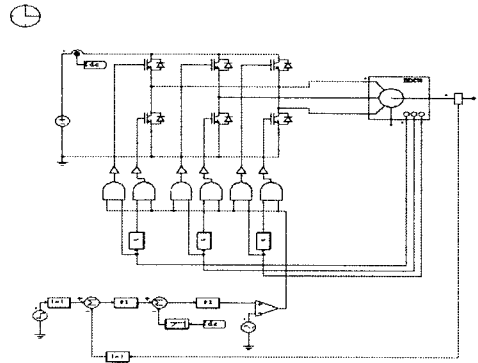


그림 5. BLDC motor 시뮬레이션 회로도
Fig 5. BLDC motor simulation schematic

배터리는 저항과 캐패시터를 이용하여 모델링 하였고, 부하는 BLDC motor를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 5는 부하로 사용한 BLDC motor의 시뮬레이션 회로도를 나타낸다.

출력 측에 정전압을 얻기 위하여 검출한 전압을 PI 제어기를 사용하여 제어하였으며, 제어기를 통해 나온 신호를 스위치에 인가하여 Phase-Shift 방식으로 스위칭 하도록 하였다.

3.2. 시뮬레이션 결과

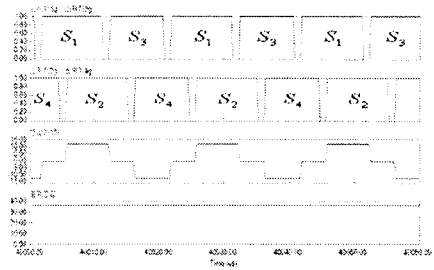


그림 6. 스위칭 신호, 변압기 1차측 전압 및 출력전압
Fig 6. Switching signal, Primary voltage of the transformer, output voltage

그림 6은 본 논문에서 사용된 Phase-Shift Full-Bridge Converter의 PWM 신호와 변압기 1차측

전압 및 36V의 출력전압을 나타낸다.

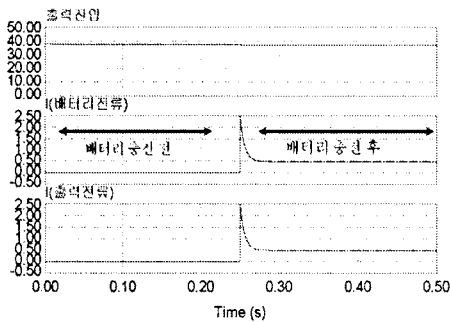


그림 7. 운전 전 전류파형
Fig 7. Current waveforms before drive bicycle

그림 7은 자전거를 운전하지 않을 때의 배터리를 충전하는 시뮬레이션 파형으로 컨버터의 출력전류가 전부 배터리로 흐르는 모습을 확인할 수 있다. 이 기간 에는 부하 단으로 전류가 흐르지 않고 배터리 쪽으로 전류가 흐르면서 충전이 된다.

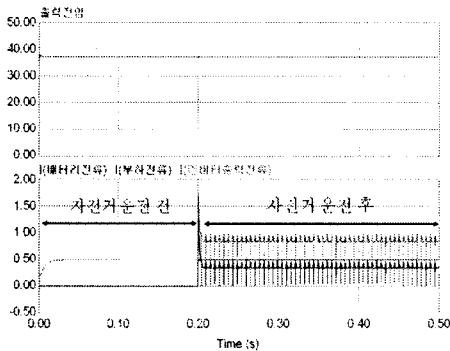


그림 8. 운전 후 전류파형
Fig 8. Current waveforms after drive bicycle

그림 8은 자전거 운전할 때의 배터리를 충전하는 파형으로 컨버터 출력전류가 부하와 배터리로 나뉘어 들어가는 모습을 확인할 수 있다. 부하 운전시 컨버터의 출력전류는 부하에 전류를 공급하고 남은 전류가 배터리로 흘러서 동시에 충전이 되고 있음을 알 수 있다.

본 시뮬레이션에서 제안한 방법에 따라 태양전지를 이용하여 전기자전거용 배터리를 충전할 수 있음을 시뮬레이션으로 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 45W급의 태양전지를 사용하여 충전

장치를 시뮬레이션 하였다.

일사량, 온도 등에 따라 변동이 심한 태양전지의 출력전압을 Closed-Loop로 구성하여 정전압으로 제어하고 전기자전거용 배터리를 충전하였다.

태양전지로부터 얻은 직류전압을 교류전압으로 변환시킨 후 고주파 변압기를 통하여 승압하였다.

그리고 승압된 교류전압을 다이오드 정류기와 필터를 이용하여 직류전압으로 변환하는 방식인 Phase-Shift Full Bridge Converter를 사용하여 시뮬레이션 하였다.

본 논문은 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 윤현기, 한상규, 문건우, 윤희중, "전압 리플을 이용해 영전류 스위칭하는 두 개의 트랜스포머를 가지는 위상천이 폴-브릿지 컨버터", 전력전자학회 논문지 제11권 제1호, 2006. 2, pp. 14~22
- [2] 신동률, 조용길, 김동완, 우정민, "개선된 위상 천이 제어에 의한 소프트 스위칭 공진형 FB DC-DC 컨버터의 정출력 제어", 한국조명·전기설비학회, 조명·전기설비학회논문지 제14권 제5호, 2000. 9, pp. 39~47
- [3] 구관본, 김태성, 문건우, 윤희중, "직렬 연결된 두 개의 트랜스포머를 갖는 새로운 위상천이 폴 브릿지 컨버터", 전력전자학회 2002년 학술대회논문집, 2002.7, pp. 370~373
- [4] Muetze A, Tan Y. C, "Performance evaluation of electric bicycles", Fourtieth IAS Annual Meeting, Conference Record of the 2005, Vol. 4, pp. 2865~2872, 2005.
- [5] Sousa D. M, Branco P. J. Costa, Dente J. A, "Electric Bicycle Supplied by an Electronic Converter Using Distinct Forms of Energy Storage", POWERENG 2007, pp. 128~133, 2007