

신재생에너지 발전 시스템을 위한 고품위 축전지 충방전 컨트롤러 (추적식 태양광 발전시스템을 중심으로)

이 재 민*

A High Quality Battery Charge-Discharge Controller for New & Renewal Energy Power Generation System (Focusing on Sun-tracking Solar Power Generation System)

Jae-Min Lee*

요 약

본 논문에서는 추적식 태양광 발전 시스템을 위한 고품위 축전지 충방전 컨트롤러를 설계하였다. 제안하는 컨트롤러는 태양광 발전시스템에 일반적으로 사용하는 납산축전지(연축전지)뿐만 아니라 향후 개발되어 신재생에너지 발전 시스템에 사용될 다양한 배터리를 충전하는데 적합하도록 미세 전류조절기능을 갖춘 새로운 기능을 갖는 컨트롤러이다. 사용자 편의성을 높이기 위하여 LCD 표시기의 기능을 보강하였으며 CAD를 이용한 최적설계를 통하여 대기 전력의 최소화를 구현하였다.

ABSTRACT

In this paper, a high quality battery charge-discharge controller for new & renewal energy power generation system is designed. The proposed new controller has a function to manipulate the battery charging current precisely and it is suitable for various batteries including Lead-Acid battery generally used for solar power generation system. LCD display function is implemented to enhanced the user's convenience and minimization of standby power consumption is realized by optimal design using CAD tools.

Keywords : Battery charge-discharge controller, Sun-tracker, Solar power generation system, New energy system, Renewal energy system

1. 서 론

대표적인 신재생에너지 발전 시스템의 하나인 태양광 발전 시스템은 최근 태양전지 설계 및 제

조기술의 급속한 발전으로 효율은 크게 향상되는 반면 가격은 점차 낮아지고 있어 화석연료 등을 사용하는 방식을 대체하는 새로운 전력공급원으로서의 위치를 점차 확고히 다져가고 있다.

* 관동대학교 전자정보통신 공학부 교수 (leejm@kd.ac.kr)

접수일자 : 2011년 9월 15일, 수정일자 : 2011년 11월 24일, 심사완료일자 : 2011년 12월 08일

최근 저자는 추적식 태양광발전 시스템을 제안한바 있는데[1-3], 여기에는 하이브리드 방식의 태양 추적 기술과 감성형 LED 조명기술이 포함되어 있다. 태양광 발전 시스템의 구성요소로서 발전된 전기를 효과적으로 축전지에 충전하는데 필요한 컨트롤러는 매우 중요한데[1-3] 저자는 기존 연구[4-6]에서 종래의 다른 개발자들의 기술을 향상시킨 컨트롤러를 제안한 바 있는데 점차 다양화 되어 가는 배터리 기술[7-8]을 수용할 수 있는 기능을 갖는 컨트롤러의 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존 저자의 기술을 개선하여 미세 전류 조절이 가능한 새로운 다목적 배터리 충방전 컨트롤러를 설계한다. 제안하는 컨트롤러는 충전 대상 배터리의 특성과 사양을 고려하여 충전 전류를 미세하게 조절할 수 있도록 설계하고 저자가 개발한 하이브리드 방식의 추적식 태양광 감성형 LED. 가로등 시스템에 적용하여 동작과 성능을 확인한다.

II. 새로운 배터리 충방전 컨트롤러

그림 1은 전류조절 기능이 있는 충전컨트롤러 전체 시스템을 나타내고 있는데 마이크로 컨트롤러를 중심으로 LCD 전원 제어부, 외부 부하 제어부, 태양전지 입력부, 전지충전부, 축전지등으로 구성되어 있다.

배터리 충전부는 PWM 가변 전원장치 및 전류 측정센서와 전압 측정회로를 통해 전류 및 전압을 제어한다. 마이크로프로세서는 충전 전압과 충전전류를 감지하며 15V와 3A를 넘지 않도록 PWM 신호를 이용하여 전압을 제어한다.

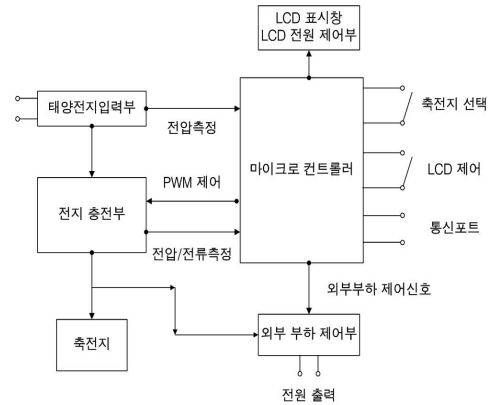


그림 1. 전류조절 기능이 있는 배터리 충방전 컨트롤러의 구성
Fig. 1. Scheme of Battery Charge-discharge Controller with Current Controllability

또한 컨트롤러는 PWM 가변 전원장치, 전류 및 전압측정회로를 통해서 발전된 전압을 1V ~21V까지 가변적으로 조절하여 생성한다. 외부 부하 제어부는 충전된 전기를 외부 부하에 공급하는 부분으로서 보통 가로등이나 DC-AC 인버터 등을 연결하여 사용한다.

2.1 배터리 선택회로

그림 2는 충전 대상 배터리를 종류에 따라 선택하는 내부 스위치회로를 나타낸 것이다. SW_0을 올리면 리튬 폴리머 전지를 스위치를 내리면 납산전지를 충전할 수 있도록 설계하였다. 리튬폴리머전지의 경우 셀당 3.7V이고 3개를 직렬 연결하여 11.1V가 된다. 각 셀당 4.2V를 넘지 않게 충전해야 하므로 4.2V*3셀 (= 12.6V)로 충전하면 된다.

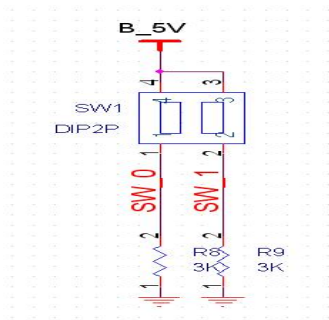


그림 2. 배터리 선택 스위치 회로
Fig. 2. Battery Select Switch

2.2 외부 부하 제어회로

그림 3은 외부 부하 제어회로로서 축전지의 전압이 낮거나, 낮아질 때 자동으로 부하를 차단하는 회로이며 +극성의 출력을 제어한다. 인버터, 가로등 및 기타 부하장치를 연결할 수 있다.

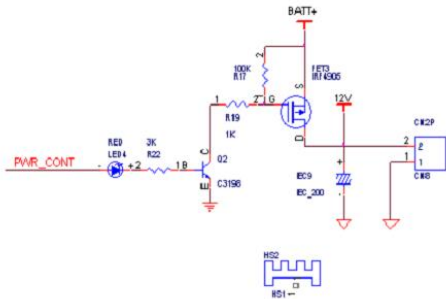


그림 3. 외부 부하 제어회로
Fig. 3. Control Circuits for External Loads

2.3 전류조정 기능이 있는 배터리 충방전 컨트롤러 전체 회로

그림 4는 배터리 충방전 컨트롤러의 전체회로도이다. 제안하는 시스템에서는 최신 고성능 산업용 마이크로프로세서인 AVR을 사용하였으며 기존의 충방전 컨트롤러의 성능 개선과 회로 최적화를 통하여 전력소모를 줄이고, 동작의 정확성과 편리성을 향상시켰다.

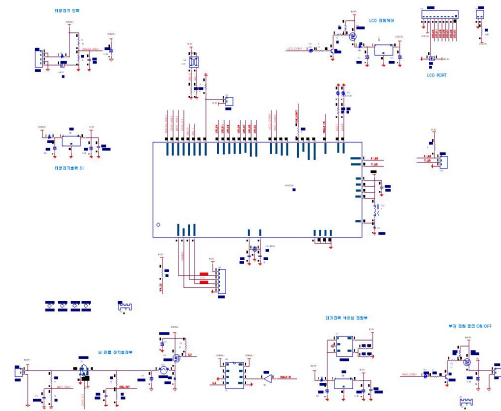


그림 4. 배터리 충방전 컨트롤러 전체 회로도
Fig. 4. Full Circuits of Battery Charge-discharge Controller

2.4 전압조정 기능

그림 5는 전압 조정의 과정을 나타낸 흐름도이다. PWM 발생과 펄스 평활과정, 마이크로프로세서의 PWM 발생기 활성화 및 레지스터 폭 조정 등을 거쳐 전압을 조정한다.

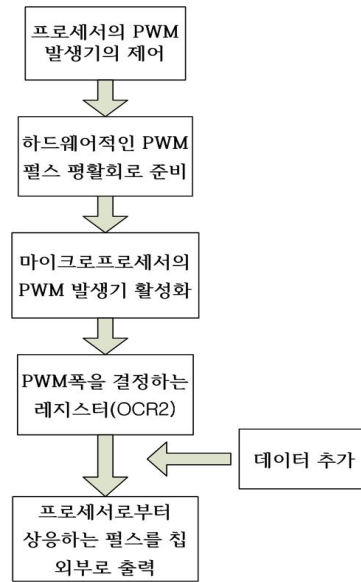


그림 5 전압조정 기능 흐름도
Fig. 5 Flowchart for Voltage Control

2.5 전압 및 전류 충전 실행

그림 6은 전압과 전류가 설정치를 넘지 않도록 제어되는 것을 보여 주는 충전프로그램 개념도이다.

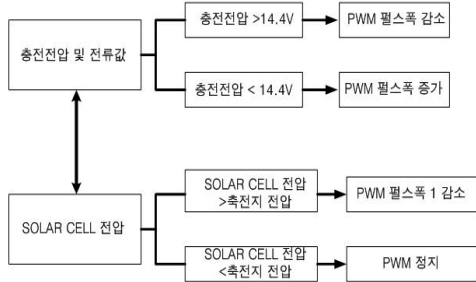


그림 6. 배터리 충전 프로그램 실행 개념도
Fig. 6. Concept flowchart of Execution for battery charge

2.6 전류제어 회로설계

그림 7은 충전전력 제어부와 전류조절부를 나타낸 것이다. PWM 출력에 의하여 충전전압을 조절하고 충전 전압과 전류를 피드백하여 배터리를 충전한다. 마이크로프로세서로부터 생성되는 PWM_CHG 신호는 5V로 FET2의 발열 원인이 될 수 있어 IR2101로 FET 게이트를 제어하고 IR2101로 전압을 12V레벨로 변환한다. 제어된 출력은 COIL2를 통과하면서 평활된 직류 전압을 출력하게 되고, 배터리로 공급되며, 동시에 제어된 출력은 COIL2를 통과하면서 평활된 직류를 출력한다. 이때 충전볼트 (CHG_VOLT)와 충전전류 (CHG_CT) 및 축전지 전압 (BATT_VOLT)을 마이크로프로세서에서 AD 변환기로 읽어 온다. 충전 전압과 충전전류를 감시하며 15V와 3A를 넘지 않도록 PWM 폭을 증가 시킨다. PWM 제어부는 0V-18V까지 전압을 가변시킬 수 있는데 PWM 폭이 넓어지면 전압이 상승하게 된다. 전압이 15V에 이르면 PWM 폭은 그대로 유지하고, 전류가 더 이상 흐르지 않으면 충전이 완료 되며, 완충 (미세 충전) 상태로 전환 된다. 전류조절회로는 극성도 인버팅 하는데 P-CH FET이기 때문에 극성전환 (인버

팅)이 필요하다. FET2에 PWM신호가 입력되고 SOLRA+전압이 약 20KHZ 정도의 주파수로 온-오프 동작을 한다.

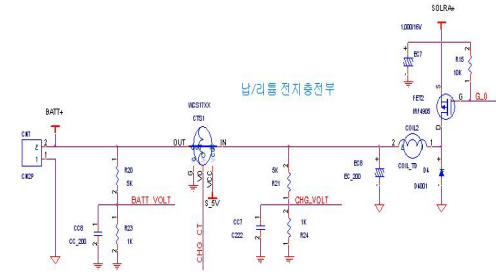
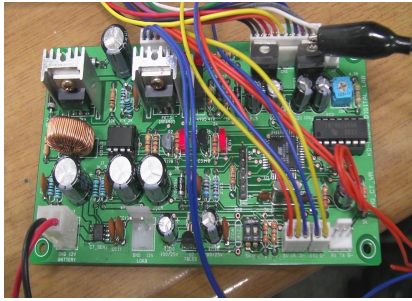


그림 7. 전류조절 기능이 있는 충전전 컨트롤러
Fig. 7. Battery Charge Controller with Current Controllability

III. 시작품 제작 및 평가

설계한 내용을 바탕으로 그림 8과 같이 시작품을 제작하였다. 기존의 기술을 개선하여 배터리의 선택폭을 넓혀 다양한 배터리를 충전할 수 있게 하였다. 사용자의 편의성을 향상시키기 위하여 LCD 표시부를 개선하고 회로 최적 설계와 다양한 시스템 정보를 제공하고 전원자동 on-off 기능을 구현하여 전력소비를 최소화하였다.

제작된 시작품을 이용하고 동일 용량의 납산배터리와 리튬폴리머 배터리를 사용하여 전류특성을 실험하였다. 사용한 배터리의 종류에 따라 표 1과 같은 내용 의 충전시간과 충전전류량을 측정할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 8. 완성된 시작품과 응용시스템 (a)전류조절기능이 있는 배터리 충방전 컨트롤러 메인보드 (b)제안한 배터리 충방전 컨트롤러를 채용한 추적식 태양광 감성형 LED 가로등
Fig. 8. Prototype System applied to LED street lamp
(a)Main board of battery charge-discharge controller with current controllability
(b)Sun-tracking emotional street lamp with proposed battery controller

표 1. 충전전류와 충전시간 측정 결과

Table 1. Experimental Results(Charging current and charging time)

배터리 종류	배터리 용량	충전 전압	충전 시간	충전 전류
납산 배터리	1.2Ah	13.8V	12시간	100mA
			6시간	200mA
			4시간	300mA
리튬 폴리머 배터리	1.2Ah	16.6V	12시간	100mA
			11시간40분	200mA
			9시간30분	300mA

동일한 전류량으로 충전하였을 때 전체적으로 리튬폴리머에 비해 납산 배터리가 적은 충전시간을 필요로 하였으며 낮은 전류량에서는 (100mA) 거의 동일한 충전시간을 갖는 특성을 보였다. 다음 표 2는 기존 기술과 제안하는 기술의 특징과 장단점을 비교한 것이다.

표 2. 기존 기술과 제안하는 기술의 비교

Table 2. Comparison with conventional techniques and proposed technique

기술	일반 기능	전류조절 기능
기존 상용 제품 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 충방전 제어 (PWM) - LCD 디스플레이 : 대부분 간단한 LED 표시 	없음
제안 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 충방전 제어(PWM) - 디지털 히스테리시스 기법 - LCD display(배터리 전압, 전류, solar cell등 소스 전압) 	있음 (10mA단위까지 가능)

제안하는 기술의 특징은 전류를 충전 대상 배터리의 종류 (사양)에 따라 사용자가 조절할 수 있고 충방전 경계값 제어를 위해 디지털 히스테리시스 기법을 사용하였으며 LCD 디스플레이 기

능을 강화하여 사용자의 편의를 높인점 등이다.

III. 결 론

본 논문에서는 기존의 기술[4-6]을 개선하여 외부 노브를 통하여 미세 전류 조절이 가능한 새로운 다목적 배터리 충방전 컨트롤러를 설계하고 시작품을 제작하여 성능을 확인하였다. 제안한 컨트롤러는 충전 대상 배터리의 특성과 사양을 고려하여 충전 전류를 조절할 수 있도록 설계하고 저자가 개발한 친분학적 데이터와 광센싱 방식을 결합한 하이브리드 방식의 추적식 태양광 감성형 LED가로등 시스템에 적용하여 동작과 성능의 유효성을 확인하였다. 제안한 전류조절 기능이 있는 배터리 충전컨트롤러는 PWM 가변 전원장치 및 전류측정센서와 전압 측정회로 인하여 발전된 전압과 전류를 감지하여 제어하고 축전지에 흐르는 전류만큼 조절하여 충전할 수 있도록 설계하였으며 대기 소모 전력을 최소화할 수 있도록 설계함으로써 기존 제품들에 비해 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 생각된다. 특히, 외부 노브를 통하여 전류를 조절이 가능하게 함으로써 다양한 배터리의 사용과 수명을 늘일 수 있게 하였다.

제안한 기술은 무인가로등 분야 등에 많은 활용이 예상되며, 또한 회로를 간소화시킨다면 가전 제품 등의 다목적 배터리 충전기 컨트롤러로도 사용 가능할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김보현외, “태양광발전용 배터리의 충방전 제어에 관한 연구, 전력전자학회 2008년도 학술대회논문집, pp. 612-614, 2008.

[2] 박상훈 외, “AC-DC PWM Buck 컨버터를 이용한 PHEV용 배터리 충전장치”, 한국조명전기설비학회 추계학술대회논문집, pp. 319-321, 2009.

[3] 이재민, “다중 추적식 태양광 발전 감성형 LED 가로등”, 한국산학기술학회 논문지, Vol. 12, No. 2, pp. 920-926, 2011.

[4] 이재민외, ‘하이브리드 광 추적 방식의 태양

광 발전 시스템’, 한국산업응용학회 논문집, Vol. 13, No. 2, pp.69-75, 2010.

[5] 이재민, 충방전 제어장치 및 충방전 제어방법, 대한민국 특허, 제 10-0787176호, 2007.

[6] 이재민, ‘마이크로프로세서 기반의 태양광 축전지 자동 충·방전 컨트롤러 설계’, 한국산업응용학회, 2005년도 춘계학술대회논문집, pp. 23-25, 2005.

[7] 이영진외, “리튬폴리머 배터리의 급속충전 제어방식에 관한 연구”, 전력전자학회 2011년도 학술대회논문집, pp.52-53, 2011.

[8] 서보환 외, “SPKF를 이용한 리튬 폴리머 배터리(LiPB)의 충전상태(SOC)관측”, 전력전자학회 2011년도 학술대회논문집, pp. 228-229, 2011.

저자약력

이 재 민(Jae-Min Lee)

정희원



1979년 한양대학교
전자공학과 학사
1981년 한양대학교 대학원
전자공학과 석사
1987년 한양대학교 대학원
전자공학과 박사
1986년 ~ 현재 관동대학교
교수 (전자정보통신공학부)
1990년 ~ 1991년 미국 일리노이대학교 Beckman 연구소 연구원(Post-Doc.)
2001년 ~ 2002년 미국 뉴욕주립대(버팔로) 연구교수
2009년 ~ 2011년 관동대학교 공학교육혁신센터장
2011년 ~ 현재 관동대학교 공과대학장

<관심분야> 시스템 온 칩(SOC) 설계 및 테스트, 신재생에너지 발전 시스템(축전지 충방전 제어기, 계통연계형 인버터 설계), 아날로그 및 혼합신호 회로 테스트