

마이크로프로세서를 이용한 소형 태양광발전용 충전전시스템

문은아, 김보현, 정남인, 박정국, 최연옥, 조금배
조선대학교

Charge/Discharge System for Small Scaled Photovoltaics using Microprocessor

E.A Moon, B.H Kim, N.I Jeong, Z.G Piao, Y.O Choi, G.B Cho
Chosun University

Abstract - This paper presents charge/ discharge system for small PV using micro- processor. Charge/discharge system designs a Buck converter and using constant voltage charge system because regular voltage is rather high a condenser. Besides, we did compensate for charge voltage of condenser through a temperature compensation circuit.

We consists of a 170W stand-alone PV system to observe charge/discharge system character. In the result of search about output character we know that charge and discharge are smoothly running.

1. 서 론

태양광발전시스템은 태양빛을 이용하여 태양전지에서 전기를 생산하는 기술이다. 전기를 생산하는데 있어서 깨끗하고 햇빛만 있으면 발전이 가능한 기술이다. 입지 조건도 그다지 까다롭지 않고, 유지도 쉽다는 장점도 있다. 화석연료 소비의 증가로 인해 환경문제와 대체에너지 수단으로 주목을 받고 있다.

태양광발전시스템은 대부분의 발전설비가 전력생산을 위해서는 소음 또는 진동을 유발하지만 PV시스템은 구동부가 없어 매우 조용하게 운전되므로, 주거시설 가까이 설치 가능하며, 한 번 설치해 놓으면 특별한 문제가 발생되지 않으므로 무인운전이 가능하다. 인공위성이나 무인 등대에서도 특별한 유지관리 없이 지속적인 발전이 가능하며, 특히 PV모듈은 수명이 20~30년 이상 되어 유지관리에 의한 비용을 줄일 수 있다. PV모듈은 다양한 색상과 형상으로 제작이 가능하며, 전기에너지 생산이라는 본래의 기능 외에 외벽, 지붕, 창호, 차양 등의 건축외장재로 사용하여 경계성 향상과 다기능적 역할을 수행한다.

독립형 태양광발전시스템은 전력계통으로부터 전력을 공급받지 못하는 낙도나 산간벽지, 무인등대, 무인중계소, 인공위성 등에 충전지나 인버터를 이용하여 DC 부하 또는 AC 부하에 전력을 공급하는 시스템이다.^{[1][2]}

본 논문에서는 독립형 PV시스템의 핵심요소인 배터리의 충전제어 시스템을 구성하고 특성을 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

독립형 태양광발전시스템은 주간에 태양전지에서 발전된 전기를 배터리에 저장하고 부하량이 발전량보다 큰 경우나 발전이 불가능한 야간에는 배터리에서 공급하게 된다.

독립형 태양광발전시스템은 충전설비를 가지고 있고 계통선과 분리되어 있기 때문에 시스템에서 발생된 무효 전력이나 유효전력 그리고 고조파는 전력계통선에 영향

을 끼치지 않는다. 그러나 충전설비가 고가이고 넓은 설치공간을 필요로 하며 배터리의 액 보충, 유출, 폭발과 같은 문제점들이 나타난다. 또한, 태양전지에 배터리를 직접 병렬로 연결하여 사용하는 경우 축적배터리의 전압 동요가 태양전지의 동작점을 이동하게 하여 최대전력을 얻는 것이 불가능하며, 배터리의 충전 손실이 발생하게 되어 효율이 떨어진다라는 단점을 가지고 있다.

독립형 태양광발전시스템은 직류부하인 경우는 주로 소용량이고 그림 1에서와 같이 과전압 안정회로를 부착한 배터리 저장방식으로 Power Conditioner 내에 과전압 보호장치가 설치되어 있어 항상 일정 전원을 배터리에 공급하여 운전하는 가장 간단한 시스템이다.^{[3][4]}

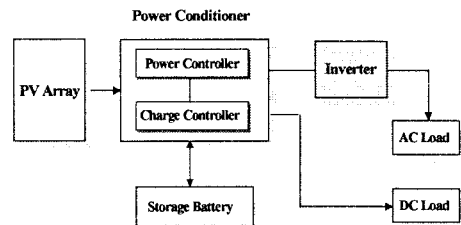


그림 1. 독립형 PV 시스템 구성도

2.1.1 충전전 특성

독립형 태양광발전시스템의 경우 충전제어가 적절치 못할 경우 배터리에 과충방전이 발생하고 고장이 빈번하다. 태양광발전시스템은 일반 전원과 달리 무한 전원이 아니기 때문에 충전전류 제어가 어려워 배터리의 과충방전이 발생할 우려가 높다.^{[5][6]}

배터리는 충전하면 잔존용량 증가와 함께 전압이 상승하고 방전시에는 반대로 전압이 감소하는 특성을 갖는다. 그림 2에 배터리 충·방전 특성을 나타내고 있으며 실선은 충전특성 곡선이고 점선은 방전 특성 곡선을 표시하고 있다. $- \Delta V$ 점은 충전 과정에서 전압이 상승하다가 만충전 상태가 되면 배터리 내부의 역반응으로 전압이 일시적으로 감소하는 지점으로 충전을 종료하지 않을 경우 많은 열이 발생하고 배터리에 손상을 주어 배터리 수명을 단축시키는 원인이 된다. 따라서 $- \Delta V$ 점에서는 충전을 즉시 종료하여야 한다. 방전시에는 배터리 내부 저항으로 인해 동일 잔존용량일 때 충전시 전압보다 낮은 전압을 나타내게 된다. 배터리의 보호를 위해 충·방전시 Cut off 전압을 설정하여 배터리의 과충·방전을 예방해야 한다. 또한, Cut off 전압은 배터리 종류 및 충·방전 전류에 따라 달라지므로 태양전지와 함께 사용할 경우 이를 고려해야 한다.

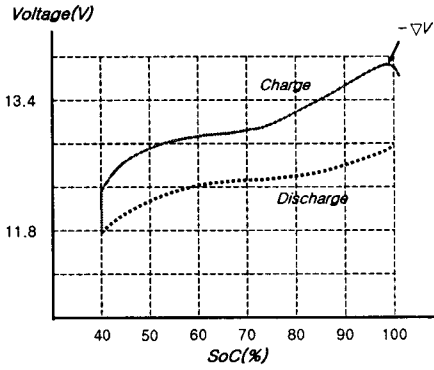


그림 2. 배터리의 충방전특성

2.1.2 충방전제어 시스템

태양전지 모듈의 출력 전압이 배터리의 충전전압보다 높은 것이 일반적이다. 따라서 본 논문에서는 배터리의 충전 제어를 Buck 컨버터를 사용한다. 배터리는 정전압 방식으로 충전하며, 방전시 배터리의 잔존용량이 전체용량의 40% 이하로 되면 방전을 차단한다.

배터리의 충전전압은 온도에 따른 전압 보정이 필요하며 식 1과 같이 보정하였다.

$$V = V_0 + \beta(T - 20^\circ\text{C}) \quad (1)$$

여기서 V : 실제 충전전압, V_0 : 20°C 시 충전전압,
 β : 온도 보상계수, T : 배터리 온도

충방전시스템의 제어는 20MHz 발진을 갖는 마이크로프로세서 PIC16F877을 사용하였으며 최대 약 200kHz의 PWM 신호 2개를 갖고 있으며 8개의 10-bit AD 컨버터를 갖고 있어 피드백 받은 전압 및 전류를 직접 받아 읽을 수 있다. 충전시 전류 및 전압을 입력 받아 PWM 신호의 듀티비를 계산하여 출력함으로써 일정전압으로 충전하며, 방전시 배터리의 잔존용량은 전압측정법으로 측정하며 전체용량의 40% 이하로 되면 방전을 차단한다.

그림 3은 배터리의 충방전 제어 구성도를 나타내고 있다. DC 전원 입력부, 스위칭 및 드라이버 부, LC필터부, 배터리, 제어부로 구성되며 모든 제어는 마이크로프로세서 PIC16F877을 통하여 제어된다. PWM 제어부는 마이크로프로세서 PIC16F877을 이용하였으며 발진소자는 20MHz 오실레이터를 이용하였다. 신호 검출 및 증폭은 OP Amp를 통하여 마이크로프로세서의 AD 컨버터 핀으로 입력되고 마이크로프로세서에서 PWM 시비율 D를 연산하여 출력한다.

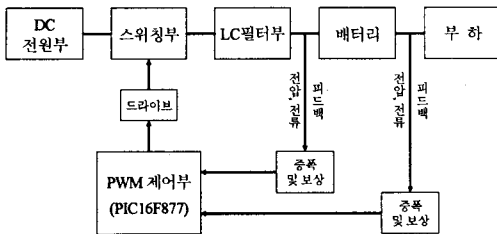


그림 3. 충방전시스템 구성도

그림 4는 본 논문에서 설계한 Buck 컨버터 방식의 충방전제어 회로도를 나타내고 있다. 스위칭 레귤레이터용 코일은 아를퍼스의 코어재료를 사용한 갭이 없는 트로이델 코어형을 사용한다.

출력단의 인덕터 L 값은 식 2와 같이 유도하여 산출

할 수 있다.

$$L = \frac{V_o T}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (2)$$

여기서 V_o : 출력전압, T : 스위칭 주기,
 $I_{\max} - I_{\min}$: 리플전류

리플전류는 ΔI_o 로 표시하며 일반적으로 출력 전류 I_o 의 $\pm 15\%$ 정도로 한다. 스위칭 주기 T 가 크면 인덕터 L 값도 커지므로 주파수를 높여 주기를 작게 하여야 한다. 그러나 Buck 컨버터에서 주파수가 너무 높으면 스위칭에서의 에너지소모가 높아지므로 PWM 주파수는 20kHz에서 50kHz로 설정하는 것이 일반적이며 본 논문에서는 40kHz로 한다.

출력단의 커패시터 C 값은 식 3과 같이 유도하여 산출할 수 있다.

$$C = \frac{V_o(1-D)T^2}{8L\Delta v_o} \quad (3)$$

여기서 Δv_o : 리플전압

커패시터 C 를 크게 하여 리플전압 Δv_o 를 작게 하여야 한다. 또한 평활용 콘덴서는 콘덴서의 등가 직렬 저항 ESR의 영향으로 리플 전압이 나타나기 때문에 임피던스 값이 낮은 고주파 electrolytic capacitor를 사용하는 것이 좋다.

스위칭의 선정에는 스위치가 OFF 상태일 때 양단에 걸리는 최대전압 V_{DSmax} 과 ON 상태일 때 흐르는 최대 전류 I_{Dmax} , 그리고 전도손실을 최소화 하기 위한 $R_{DS(on)}$ 등이 고려되어야 한다. 그러나 실제 선정에 있어서는 서지전압 및 전류를 고려하여 IRF540을 사용하였다.

환류 다이오드 역시 최대 정격전압과 전류가 고려되어야 하는데 이와 더불어 순방향 전도손실의 최소화, 우수한 역 회복 특성을 만족하는 FE6D를 사용하였다.

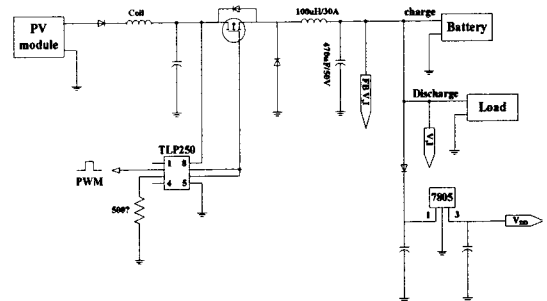


그림 4. 충방전제어 회로도

2.2 실험

본 논문에서는 충방전시스템을 구성하였으며 출력특성을 고찰하기 위하여 독립형 태양광발전시스템을 구성하였다. 태양전지모듈은 170W Sanyo사의 HIP-170N1을 사용하였고 표 1은 태양전지모듈의 규격을 나타내고 있다.

표 1 태양전지모듈 규격

항 목		세 부 사 항
모 델		HIP-170N1
제 조 사		Sanyo (일본)
전기적 특성	최대출력(Pmax)	170W
	단락전류(Isc)	5.65A
	개방전압(Voc)	45.2V
	최대출력전류(Ipmax)	4.74A
	최대출력전압(Vpmax)	35.9V
물리적 사양	치 수	1443 × 812 × 35 mm
	중 량	14 kg

충전설비는 세방전지의 12V 80AH인 밀폐식 연속전지 2대를 직렬 연결하여 24V로 하였으며 부하는 24V 45W 삼파장 램프를 사용하였다.

그림 5는 충전시 태양전지 출력 전압 및 전류를 나타내며, 그림 6은 배터리 충전 전압 및 전류를 나타낸다. 그림 7은 방전시 배터리 전압 및 전류를 나타낸다.

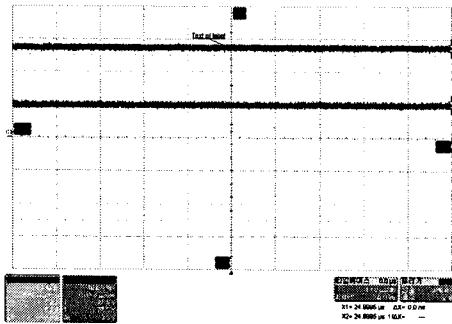


그림 5. 태양전지 출력 전압 및 전류

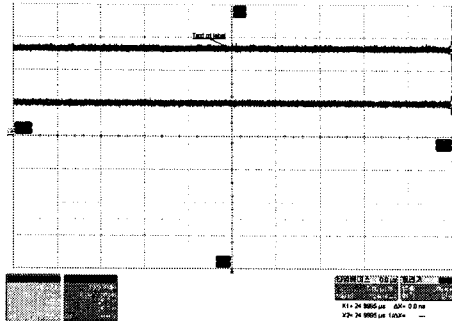


그림 6. 배터리 충전 전압 및 전류

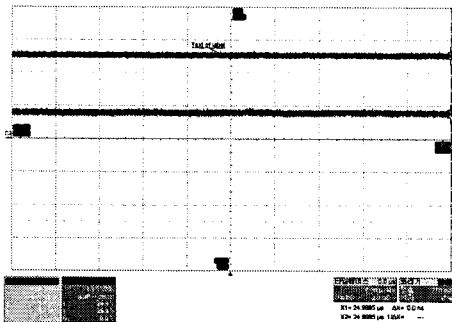


그림 7. 배터리 방전 전압 및 전류

3. 결 론

본 논문에서는 소형 독립형 태양광발전시스템의 충방전제어시스템을 구성하였으며 충방전 특성을 고찰하였다.

태양전지의 정격전압이 축전지의 충전전압보다 높으므로 충방전제어는 Buck 컨버터로 설계하였으며, 정전압 충전방식을 이용하였다. 또한 온도보상회로를 통하여 축전지의 충전전압에 대한 온도 보정을 하였다.

충방전제어 시스템의 특성을 고찰하기 위하여 170W급 독립형 태양광발전시스템을 구성하였으며 출력특성을 고찰한 결과 충전 및 방전이 원활히 진행됨을 알 수 있었으나 충전시 정전압 충전방식을 사용하였고 태양전지 출력측에 MPPT제어가 이루어 지지 않은 탓으로 태양전지 이용율이 떨어지는 단점이 있다는 것을 확인하였다.

또한, 화창한 날 태양전지의 등가 발전시간은 약 6시간에서 7시간 정도 나오지만 연평균 4시간 미만으로서 시스템 설계시 4시간으로 계산이 된다. 결과 화창한 날 축전지는 오전 중에 충전이 완료되고 오후발전량은 모두 버리게 되며 태양전지 이용률도 떨어지게 된다. 향후 이러한 단점을 살리기 위한 LED 전광시스템 등 광고효과를 나타내는 부수적인 부하에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

This research was supported by WISE center of Chosun University in GwangJu, Chonnam.

【참 고 문 헌】

- [1] Tomas Markvart, "Solar Electricity", John Wiley & Son's, pp. 37, 2002.
- [2] H. J. Noh, D. Y. Lee, D. S. Hyun, "An Improved MPPT Converter With Current Compensation Method for Small Scaled PV-Applications", IEEE IES, Vol. 2, PP. 1113-1118, 2002.
- [3] Andoubi, R., Mami, A., Dauphin-Tanguy, G., Annabi, M. "Bond Graph Modelling and Dynamic Study of a Photovoltaic System Using MPPT Buck-Boost Converter", IEEE ICS, Vol. 3, PP. 200-205, 2002.
- [4] Ruther, R., de Silva, A.J.G., Montenegro, A.A., Salamon, I.T., Araujo, R.G., "The Petrobras 45.5kwp, grid-connected PV System: a Comparative Study of Six Thin-film Module Types Operating in Brazil", Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 2002, PP. 1440-1443, 2002.
- [5] Kotsopoulos, A., Duarte, J.L., Hendrix, M.A.M., Heskes, P.J.M., "Islanding Behaviour of Grid-connected PV Inverters Operating under Different Control Schemes", Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference - Volume 3, PP. 1506-1511, 2002.
- [6] William Lynch, Margaret Casacca and Ziyad Salameh, "Liner current mode controller for battery test applications," Transactions on Industrial Electronics of IEEE, Vol. 8, No. 1, PP. 20-24, 1993.