

# 순시치 제어기를 이용한 태양광발전용 전력변환장치 동작특성

劉 權 鍾, 金 洪 聲, 宋 鎮 洙, 鄭 永 錫, 姜 琦 煥, 李 秉 求, 崔 奎 夏

## Operating Characteristic of Power Converter for Photovoltaic System using Instantaneous Controller

G.J Yu, H.S Kim, J.S Song, Y.S Jeong, K.H Kang, B.K Lee, G.H Choe

### 요 약

본 논문은 충방전 제어기를 사용한 독립형 태양광 발전시스템을 다루고 있다. 독립형 태양광 발전시스템의 주전원은 일반적으로 태양전지와 배터리이다. 그러므로 독립형 태양광 발전시스템은 배터리와 태양전지와 연결에 따라서 다양한 형태로 구분할 수 있다. 그중 주로 사용되는 연결은 태양전지와 배터리를 직접 연결하는 것으로 단순하고 간결한 구조를 갖는 이점이 있다. 그러나 그러한 시스템은 배터리와 솔라셀 사이의 전압불균형으로 인한 손실을 갖는다. 그러므로 태양전지를 최대전력점으로 운전할 수 있는 충방전 제어기를 갖는 독립형 태양광 발전시스템을 제안하여 순시치제어기로 설계하였다. 시스템의 동작특성은 실험실의 초기 시작품으로 검증되었다.

### ABSTRACT

This paper deals with stand-alone photovoltaic system(SPVS) with charge and discharge controller. Main power source of SPVS are generally solar cell and battery. Therefore SPVS can be classified into variable types in accordance with connection type between battery and solar cell. Mainly used one of them is direct connection type which has advantages such as simple structure and simple controller. However most big drawback of this system is energy loss by voltage disharmony between solar cell and battery. Therefore SPVS with charge and discharge controller which can operate solar cell at maximum power point is suggested and designed with instantaneous controller. And system operating characteristics are verified by experiment with a laboratory prototype in this paper.

**Key Words:** Stand-alone Photovoltaic system(SPVS), battery, solar cell, charge, discharge

### 1. 서 론

독립형 태양광 발전시스템은 낙도 등 상용전원의 공급이 안 되는 지역의 에너지원으로서 배터리와 복합적으로 운전하는 방식을 통해 국내 도서지역 5~6개 정도의 섬에 설치되어 운용되고 있다. 현재 전국 유인도서 518개중 270여개의 도서가 디젤발전기에 의한 제한송전, 또는 전혀 전원을 공급받지 못하고 있으므로 독립형 태양광 발전시스템(stand-alone photovoltaic system:SPVS)은 해저케이블을 통한 송전설비의 투자비나 기술적인 문제점을 감안하면 기존 발전방식과 경쟁 가능한 전원으로 사려된다.<sup>[1]</sup>

이러한 SPVS는 주로 배터리와 태양전지를 직접 병렬연결

하여 인버터의 직류전원으로 사용하는 방식을 취하는데 이러한 방식은 배터리와 태양전지간의 전압의 부조화로인해 에너지 손실이 발생하며 이러한 손실은 배터리전압의 공칭전압을 태양전지의 최대전력점을 기준으로 선정하는 방식에 따라 손실이 15-50(%)에 이를 수 있는 것으로 발표된 바 있다. 그리고 배터리보호를 위한 별도의 장치를 필요로 한다.<sup>[2][3]</sup> 그러므로 본 연구에서는 충방전기를 이용하여 양방향 전력제어를 통한 부하변동에 따른 태양전지 운전점의 이동 현상을 없애므로서, 병렬운전 방식에서의 전압의 부조화로 인한 에너지 손실을 줄이고 배터리 보호기능을 수행할 수 있는 충방전기를 이용한 독립형 태양광 발전시스템을 제안하였다. 본 연구에서 인버터 및 충방전기의 제어기는 빠른 응답특성을 위하

여 순시제어기를 바탕으로 설계되고, DSP(TMS320C31)를 이용하여 구현되었다. 그리고 실험실의 초기 시작품을 이용한 실험에서 시스템의 정상상태 및 과도상태운전을 통하여 운전특성을 확인하였다.

## 2. 독립형 태양광 발전시스템 개요

독립형 태양광 발전 시스템은 그림 1과 같이 태양전지와 배터리를 병렬로 연결하여 전원을 구성하고 DC/AC 인버터를 이용하여 교류전원을 출력하는 형태로 구성될 수 있다. 이와같은 구조의 시스템은 단순한 구조로 인한 제어의 간편성 등을 장점으로 들 수 있다. 그러나 그림 2에 나타난 태양전지 및 배터리의 합성 I-V 특성곡선과 부하간의 관계에 따른 태양전지의 동작점 전압의 변동으로 인하여 에너지 손실이 발생한다.

이러한 에너지 손실율은 태양전지 최대전력점 전압과 배터리 개방전압의 관계에 따라 15(%) - 50(%)에 이르며 최소

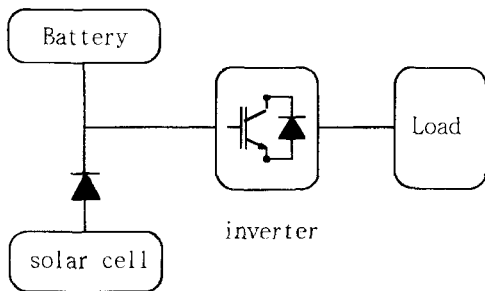


그림 1 병렬운전 독립형 태양광 발전시스템 개략도  
Fig. 1 Schematic diagram of parallel operation type stand-alone photovoltaic system

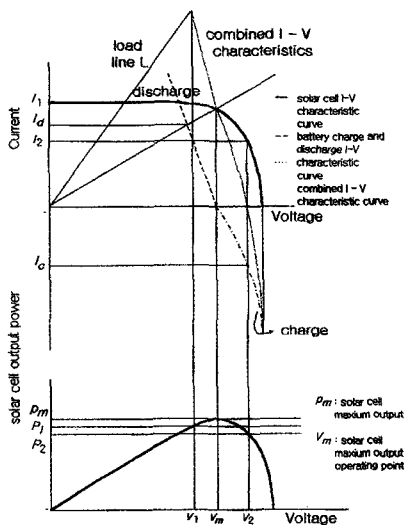


그림 2 태양전지의 동작전압에 대한 축전지의 영향  
Fig. 2 Influence of battery on operating voltage of solar cell

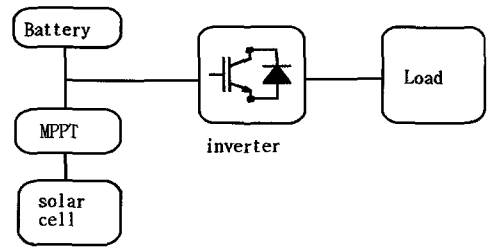


그림 3 MPPT를 이용한 시스템 개략도  
Fig. 3 Schematic diagram of system with MPPT

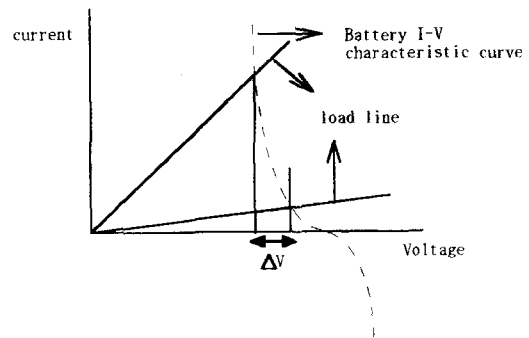


그림 4 부하에 따른 인버터 직류 전압의 변동  
Fig. 4 Variation of inverter DC voltage according to load

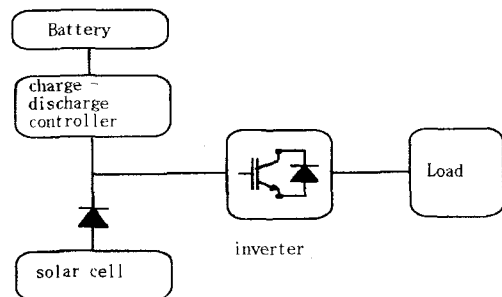


그림 5 충전전기를 이용한 독립형 태양광발전시스템 개략도  
Fig. 5 Schematic diagram of stand-alone photovoltaic system using charge and discharge controller

손실율은 배터리 개방전압이 태양전지 최대 전력점 전압의 90(%)~95(%)사이로 설정될 때 얻어지는 것으로 알려져 있다.<sup>(2)(3)</sup> 이러한 전압의 부조화로 인한 전력손실을 줄이기 위하여 그림 3과 같이 MPPT(maximum power point tracker)를 이용하는 방식을 생각할 수 있다. 이러한 방식은 태양전지의 최대 전력점 운전은 가능하나 그림 4에 나타난 바와같이 부하상태 및 일사량에 따라 배터리 출력전류변동에 의하여 인버터 직류단의 전압 변동이 발생하며 배터리 보호를 위하여 별도의 장치를 필요로 한다. 그러므로 이러한 단점을 보완할수 있는 시스템으로 그림 5와 같이 충전전기를 이용한 시스

템을 생각할 수 있다.

충방전기는 양방향 전력제어가 가능하므로 태양전지 출력에 따라 충, 방전 모드로 동작하도록 제어하므로서 직류전압 제어가 가능하므로 태양전지의 운전점을 일정하게 할수 있어서 전압 부조화에 의한 전력손실, 직류전압변동, 그리고 밧데리 보호등의 문제점 해결이 가능하다.

### 3. 시스템 모델

그림 6은 충방전제어기를 이용한 독립형 태양광 발전시스템의 전력회로이다. 충방전기로는 2상한 초퍼를 이용하였다. 그리고 시스템 모델의 인덕터, 커패시터, 스위치는 이상적인 소자로 가정하였다.

충방전기의 시스템 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{di_{BA}}{dt} = (V_{BAI} - V_{SW}) / L_{BA} \quad (1)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = (i_{BD} + i_{sol} - i_{inv}) / C \quad (2)$$

동작 모드별 스위치 전압( $V_{SW}$ ) 및 충방전기를 통한 DC링크 커패시터 입력전류( $i_{BD}$ )의 표현식은 다음과 같다.

- 방전기로 동작 (S3, D4 사용)

$$S_{ba} = 1 : S3 \text{ on} \quad S_{ba} = 0 : S3 \text{ off}$$

$$V_{SW} = (1 - S_{ba}) V_C \quad V_{SW} = (1 - S_{ba}) V_C$$

$$i_{BD} = (1 - S_{ba}) i_{BA}$$

- 충전기로 동작 (S4, D3 사용)

$$S_{ba} = 1 : S4 \text{ on} \quad S_{ba} = 0 : S4 \text{ off}$$

$$V_{SW} = S_{ba} V_C \quad i_{BD} = S_{ba} i_{BA}$$

그리고 인버터 표현식은 다음과 같고

$$\frac{di_s}{dt} = (V_{inv} - V_{cf} - i_s R) / L_f \quad (3)$$

$$\frac{dV_{cf}}{dt} = (i_s - i_l) / C_f \quad (4)$$

여기서  $V_{inv} = S_{inv} V_C$

$S_{inv}$  : 인버터 스위칭 함수

DC 링크단에서의 출력전류( $i_{inv}$ )의 표현식은 다음과 같다.

$$i_{inv} = S_{inv} i_s \quad (5)$$

솔라셀 출력전류의 표현식은 다음과 같다.

$$i_{sol} = i_{sc} \left( 1 - \exp \left( K \left( \frac{V_c}{V_{oc}} - 1 \right) \right) \right) \quad (6)$$

솔라셀 전류의 표현식은 실제 태양전지 V-I곡선의 근사표현식으로서 K는 곡선상수,  $V_{oc}$ 는 태양전지 개방전압,  $i_{sc}$ 는 단락전류를 나타낸다.

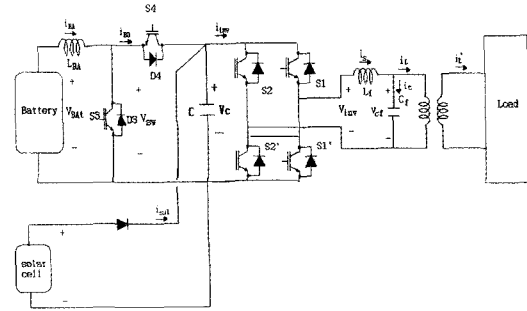


그림 6 충방전기를 이용한 독립형 태양광발전시스템  
Fig. 6 stand-alone photovoltaic system using charge and discharge controller

### 4. 시스템 설계

#### 4.1 밧데리전압 선정

밧데리는 그림 7과 같이 내부저항( $R_{in}$ )과 공칭전압( $E$ )로 모델링되며 그림 8은 밧데리 I-V특성곡선 및 내부저항의 변동특성을 나타내는 것으로 비선형 특성을 보이는 전원임을 알 수 있다.<sup>(2)(3)(5)</sup>

밧데리는 태양전지와 부하간의 전력관계에 따라 부하 또는 전원으로 작용하며 충전기와 방전기로 운전시 모두 듀티비의 측면에서 비슷한 운전 조건을 가질 수 있도록 전압이 선정되어야 한다. 밧데리 전압은 그림 9와 같은 유효전력의 측면에서 인버터 및 태양전지를 저항으로 취급할 경우의 시스템 근사모델을 이용하여 연속전류조건에서 상태평균화법<sup>(4)</sup>에 의한 정상상태 전달함수를 이용하여 구할 수 있다.<sup>(5)</sup>

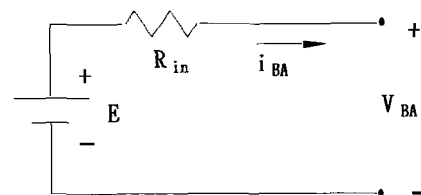


그림 7 밧데리 모델  
Fig. 7 Battery model

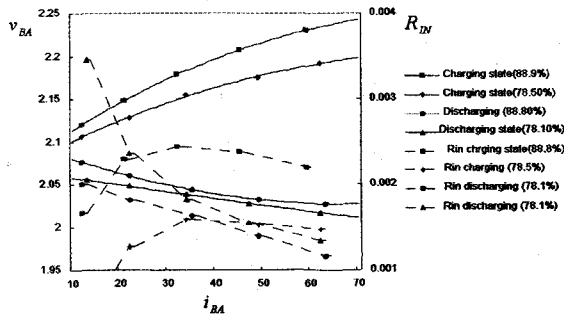


그림 8 배터리 I-V 특성곡선 및 내부저항 변동특성  
Fig. 8 Battery I-V characteristic curve and inner resistance variation characteristics

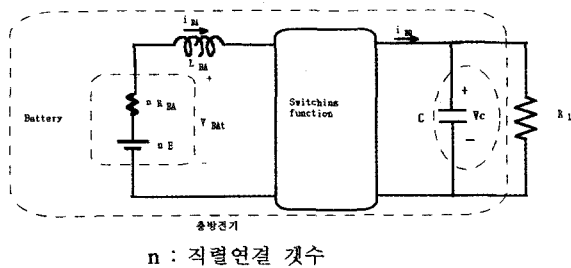


그림 9 시스템 근사 모델  
Fig. 9 Approximated system model

#### 4.2 제어기 설계

시스템 제어기는 DC/AC 인버터 및 충방전기의 제어기로 구성된다. 충방전기는 전류제어에 의한 양방향 전력제어를 통한 교류부하 및 태양전지 사이의 전력균형제어를 통하여 직류전압을 제어하며 DC/AC인버터는 필터커패시터 전압의 CVCF(constant frequency and constant voltage)기능을 가진다.

##### 4.2.1 DC/AC 인버터 제어기 설계

인버터제어기는 내부에 전류제어기를 그리고 외부에 전압 제어루프를 가지는 순시 제어기를 사용하였다. 전류제어기는 제어 게인 선정의 간편함 및 우수한 과도특성을 가지는 것으로 알려진 다음과 같은 예측전류제어기를 이용하였다.<sup>(6)</sup>

$$V_{inv}^*(k) = \frac{L_f}{T_s} (i_s^*(k+1) - i_s(k)) + V_{cf}(k) \quad (7)$$

여기서  $T_s$  : sampling time

식(3)을 backward difference approximation<sup>(7)</sup>을 이용하여 표현하면 다음과 같으므로

$$V_{inv}(k) = \frac{L_f}{T_s} (i_s(k+1) - i_s(k)) + V_{cf}(k) \quad (8)$$

인버터의 변조기가 이상적이고, 연산지연 시간등이 무시할 수 있을 만큼 짧다면 식(7)의 인버터 기준신호 및 식(8)의 실제 인버터전압은 일치하므로 두 식을 이용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고 이는 현재의 전류기준신호가 한 샘플링시간후의 실제전류와 정확히 일치함을 의미한다. 그러므로 샘플링시간이 매우작다면 전류제어기는 단위게인으로 근사화 될 수 있다.

$$i_s(k+1) = i_s(k+1)^* \quad (9)$$

그리고 전류기준신호는 PI제어기의 출력 및 제어루프에서 외란형태로 나타나는 부하전류의 합으로 다음과 같이 얻어진다.

$$i_s^* = \left( K_p + \frac{K_i}{s} \right) (V_{cf}^* - V_{cf}) + i_L \quad (10)$$

그러므로 전류제어기를 단위게인으로 근사화하고 식(3),(4) 그리고 (10)을 이용하면 다음과 같은 전달함수를 얻을 수 있다.

$$\frac{V_{cf}}{V_{cf}^*} = \frac{\frac{K_p}{C_f} s + \frac{K_i}{C_f}}{s^2 + \frac{K_p}{C_f} s + \frac{K_i}{C_f}} \quad (11)$$

PI제어기의 이득은 극배치법을 이용하여 다음과 같이 얻을 수 있다.<sup>(8)</sup>

$$K_i = \omega_n^2 C_f$$

$$K_p = 2 \zeta \omega_n C_f$$

여기서  $\omega_n$  : natural angular frequency

$\zeta$  : damping ratio

그리고 부하전류는 다음 그림과 같은 부하전류 관측기를 이용하여 구하였다.

관측된 부하전류의 표현식은 주파수 영역에서 이득(g)에 따라 관측 속도가 좌우되는 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$\hat{i}_L = \frac{g}{S+g} (i_s - C_f S V_{cf}) \quad (12)$$

where  $g$  : observer gain

디지털 제어기를 이용할 경우 이득(g)는 관측기의 일치 지연요소의 주파수 대역폭이 제어기 샘플링 주파수의 1/6 이하가 되도록 설계한다.<sup>(7)</sup>

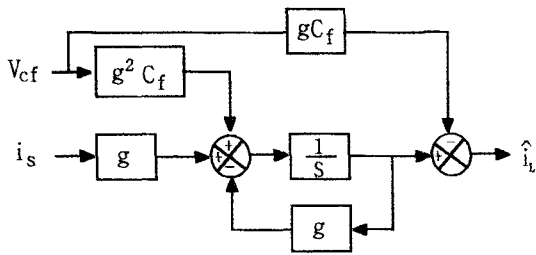


그림 10 부하전류 관측기  
Fig. 10 load current observer

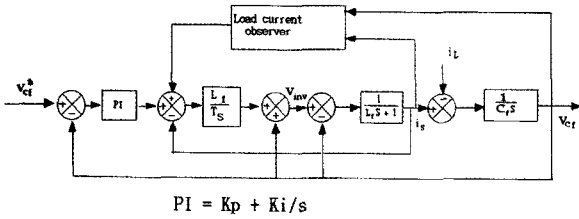


그림 11 인버터 블록선도  
Fig. 11 inverter block diagram

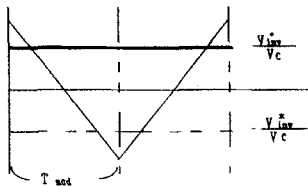


그림 12 변조기 설계의 개념도  
Fig. 12 Schematic diagram for modulator design

표 1 인버터 변조기 설계  
Table 1 Inverter modulator design

	S <sub>1</sub> on time	S <sub>2</sub> on time
V <sub>inv</sub> * > 0	0.5T <sub>mod</sub> + 0.5 * (V <sub>inv</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>	0.5T <sub>mod</sub> - 0.5 * (V <sub>inv</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>
V <sub>inv</sub> * < 0	0.5T <sub>mod</sub> - 0.5 * (V <sub>inv</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>	0.5T <sub>mod</sub> + 0.5 * (V <sub>inv</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>

그러므로 제어를 포함하는 인버터의 블록선도는 다음과 같다. 변조기로는 개념적으로 그림 12의 단방향 스위칭 방식(4)을 이용하였으며 표1과 같이 인버터 기준신호의 방향에 따라 스위치의 on 시간이 다음과 같이 계산된다.

#### 4.2.2 충전전기의 제어기 설계

충방전기는 양방향 전력제어를 통한 인버터 직류전압의 제어기능을 가지며 제어기의 구조는 인버터 제어기와 같이 전

류제어기와 전압제어기로 구성된다.

전류제어기는 식(1)을 이용하여 다음과 같은 제어 규칙을 가진다.

$$V_{sw}^*(k) = \frac{L_{BA}}{T_s} (i_{BA}^*(k+1) - i_{BA}(k)) + V_{BAr}(t) \quad (13)$$

전류기준신호는 식(14)의 전력 균형 방정식과 PI제어기를 이용하여 식(15)와 같이 구해진다.

$$V_{BAr} i_{BA} = V_C i_{BD} = V_{inv} i_s - V_C i_{sol} \quad (14)$$

$$i_{BA}^* = (V_C^* - V_C) \left( K_{pd} + \frac{K_{id}}{s} \right) + \frac{(V_{inv}^* i_s - V_C i_{sol})}{V_{BAr}} \quad (15)$$

식(15)에서는 식(14)의 실제 인버터 전압 대신 제어기 상에서의 인버터 기준신호를 이용하였는데 이는 실제 인버터 출력전압의 측정이 힘들기 때문이다. 이 경우 직류전압의 유한성에 기인하는 제어기의 포화시 실제전력과 계산된 전력간의 오차가 크질 수 있으나 인버터 기준신호의 크기가 직류전압을 초과할 경우에는 리미터를 사용하여 이런 문제를 보완할 수 있다.

그리고 변조기는 표 2와 같이 전류방향에 따라 각 스위치의 on 시간을 계산하였다. 전류방향에 따라 on시간이 다른 이유는 전류방향에 따라 충전전기가 송압 초과 또는 강압 초과로 동작하기 때문이다.

그림 13은 충전전기의 제어블록선도이다. 충전전기의 PI제어기 이득은 다음과 같은 가정하에 설계된다.

- 변조기는 이상적임
- 배터리 전압은 거의 일정
- 전류제어기는 단위이득을 가짐
- 충전제어기의 측면에서 외란으로 보이는 태양전지 입력과 인버터 출력이 전향제어에 의하여 제거됨

식 (14)의 전력균형 방정식을 통하여 충전전기를 통한 인버

표 2 변조기 설계  
Table 2 Modulator design

	S3	S4	on time
i <sub>BA</sub> * > 0	use	no use	T <sub>mod</sub> - (V <sub>sw</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>
i <sub>BA</sub> * < 0	no use	use	(V <sub>sw</sub> * / V <sub>c</sub> ) * T <sub>mod</sub>

터 직류측으로의 입력전류는 다음과 같이 표현된다.

$$i_{BD} = \frac{V_{BA} i_{BA}}{V_C} = V_{BA} i_{BA} P_g \quad (16)$$

여기서  $P_g = 1/V_C$

위 식에서  $P_g$ 는 테일러 급수를 이용하여 다음과 같이 선형화된다.

$$P_g = \frac{1}{V_C^*} + \frac{1}{V_C^{*2}} (V_C - V_C^*) \quad (17)$$

여기서  $V_C^*$ : nominal operating point (DC voltage reference)

식 (17)의 왼쪽 두 번째 항을 무시하고 위에서 언급한 가정하에 식(2)와 (17)을 이용하면 다음 그림과 같이 근사화된 충방전기의 제어 블럭선도를 얻을 수 있다.

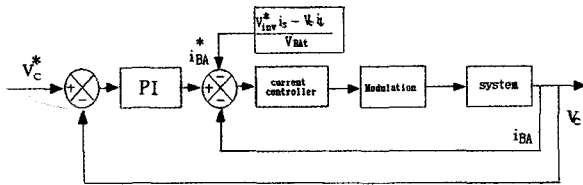


그림 13 충방전제어기의 블럭선도  
Fig. 13 block diagram of charge and discharge controller

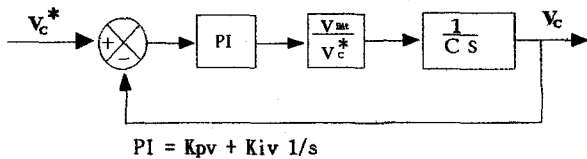


그림 14 근사화된 제어 블럭선도  
Fig. 14 Approximated control block diagram

그림 14의 전달함수는 다음과 같으므로 제어기 이득은 적절한 극배치를 통하여 선정될 수 있다.

$$\frac{V_C}{V_C^*} = \frac{\frac{k_{cg} K_{pv}}{C} s + \frac{k_{cg} K_{iv}}{C}}{s^2 + \frac{k_{cg} K_{pv}}{C} s + \frac{k_{cg} K_{iv}}{C}} \quad (18)$$

여기서  $k_{cg} = \frac{V_{BA}}{V_C^*}$

## 5. 실험결과

시스템 운전특성을 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 실험 조건은 표 3과 같으며 제어기 구현을 위하여 TMS320C31이 사용되었다. 실험실에서 배터리는 그림 15와 같이 사이리스터 정류기 및 저항을 이용하여 등가적으로 구성하였다.

### 5.1 인버터 운전특성

그림 16은 그림 11과 같이 제어기를 구성하고 무부하에서 부하상태로 변동시켰을 경우 인버터 AC 필터 커패시터 전압의 제어 특성 및 부하변동 전후의 주파수 해석결과를 보여준다. 부하변동시 순간적으로 전압의 함몰이 있은후 정상상태에 도달함을 볼 수 있다. 그리고 주파수 해석결과를 통하여 부하변동전후에 THD나 기본파의 크기가 거의 변동이 없음을 볼 수 있다.

그림 17은 부하전류 관측기를 사용하지 않았을 경우 부하변동시 인버터 제어특성을 보인다. 부하변동 전후에 THD는 비슷하나 무부하시에 비하여 부하시 기본파 성분의 크기가 약간 감소하였음을 볼 수 있다.

표 3 실험 조건  
Table 3 Experimental condition

Lf	1.2 [mH]
Cf	100 [μF]
Vcf	100[V]
DC Voltage	240[V]
C	8500 [μF]
LBA	2.7 [mH]
인버터 PI제어기 자연 각주파수	2199 [rad/sec]
충방전기 PI제어기의 자연 각 주파수	18.9 [rad/sec]
Sampling time (Ts)	100[μsec]
Modulator sampling time (Tmod)	100[μsec]
Solar cell maximum output	2 [kW]

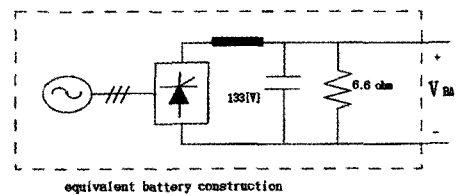


그림 15 등가적인 배터리 구성  
Fig. 15 Equivalent battery construction

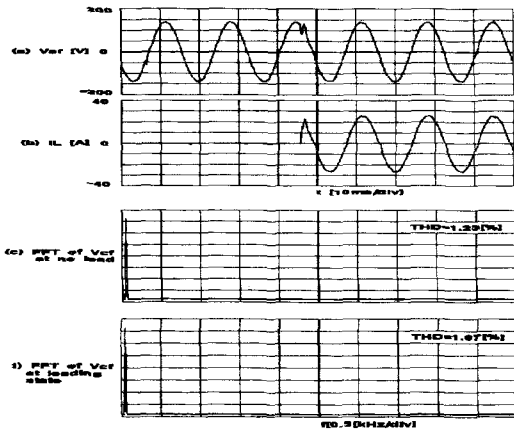


그림 16 부하전류 관측기 이용시 인버터 운전특성  
Fig. 16 Inverter operating characteristics with load current observer

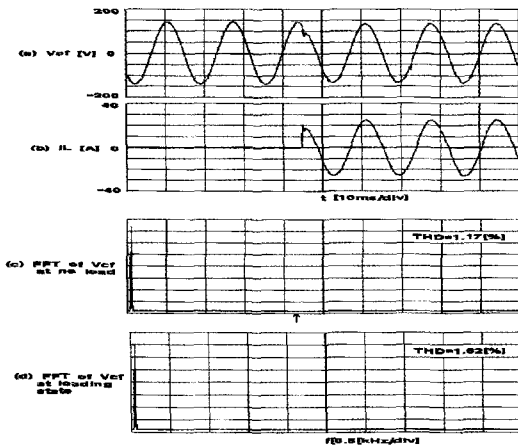


그림 17 부하전류 관측기 없을 경우의 인버터 운전특성  
Fig. 17 Inverter operating characteristics without load current observer

### 5.2 방전모드 운전결과

본 절에서는 밤이나 비오는 날 등 태양전지의 출력이 전무한 경우의 시스템 운전 특성을 보인다. 그림 18은 인버터 부하가 무부하에서 부하상태로 변동시 직류전압 및 배터리 출력전류의 과도응답 특성을 보여준다. 무부하에서는 배터리 출력전류가 거의 없음을 볼수 있으나 부하시에는 120(Hz) 성분, 직류성분 및 스위칭에 기인하는 리플성분으로 구성되는 전류가 흐름을 볼 수 있다. 그리고 부하변동시 직류전압의 변동이 거의 없음을 볼 수 있다. 그림 19는 외란에 대한 전향제어가 없을 경우 그림 18과 동일한 조건에서의 동작특성을 보여준다.

그림 19를 통하여 전향제어가 없을 경우 과도상태에서 오

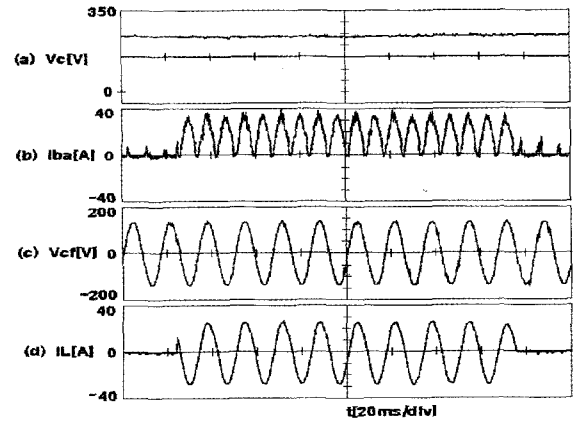


그림 18 방전모드에서 전향제어 수행시 시스템 파형  
Fig. 18 Waveforms of system with feedforward control in discharging mode

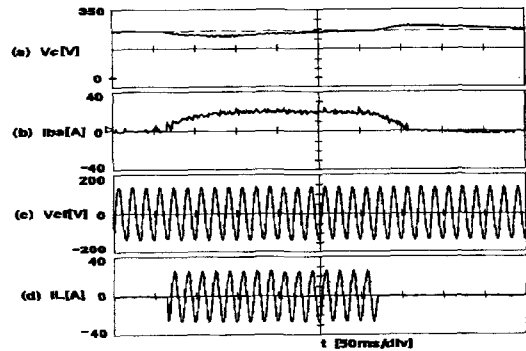


그림 19 방전모드에서 전향제어 수행치 않을 경우 시스템 파형  
Fig. 19 system waveforms with feedforward control in discharging mode

버슈트가 나타남을 볼 수 있다. 그리고 배터리 출력전류는 직류성분 및 스위칭 리플성분으로 구성됨을 볼 수 있다.

### 5.3 충방전기 운전모드 변동실험

그림 20은 태양전지 출력이 720(W) 정도일 때 부하가 무부하에서 부하상태로 그리고 다시 무부하로 변화시켜 예 충방전기의 운전모드가 충, 방전모드로 거듭 전이될 경우의 과도특성을 보여준다. 배터리 전류 파형을 통하여 무부하는 충방전기가 충전모드로 부하는 방전모드로 운전모드가 원활하게 전이됨을 볼 수 있으며 직류전압 역시 안정한 제어특성을 보임을 알 수 있다.

## 6. 결과 고찰

실험결과를 통하여 본 논문에서 설계된 제어기의 타당성을

검증하였다. 실험을 통하여 인버터의 경우 부하전류 관측기가 사용되지 않았을 때 부하변동 전후 전압변동이 발생함을 볼 수 있었는데 부하시 이러한 전압의 감소는 외란의 주파수 특성에 기인하는 것으로 단상 인버터와 같이 제어기상에서 입력이 주파수 특성을 가질경우 전향제어는 응답속도의 측면에서 뿐만아니라 정상상태 오차의 감소를 위해 필요함을 알 수 있었다.

그리고 충전전기의 경우 전향제어의 유무에 따라 직류전압의 제어특성에서 많은 차이를 보였다. 전향제어가 없을 경우에도 제어기의 게인을 크게하여 응답의 개선할 수 있으나 이는 노이즈나 샘플링 주파수 등에 의하여 제한이 됨을 감안하면 전향제어시 PI 제어기만 사용한 경우에 비해 확연한 직류전압의 과도응답특성의 개선이 가능함을 알 수 있었다. 이러한 전향제어의 단점은 순시 전력제어를 기초로 배터리 전류 기준신호를 만들므로 배터리 출력 전류피크의 상승에 의한 인덕터 및 소자 스위칭 스트레스의 증가를 생각할 수 있다. 그러므로 시스템 설계시 제어특성 및 가격의 측면에서 이러한 문제는 고려되어야 할 것이다.

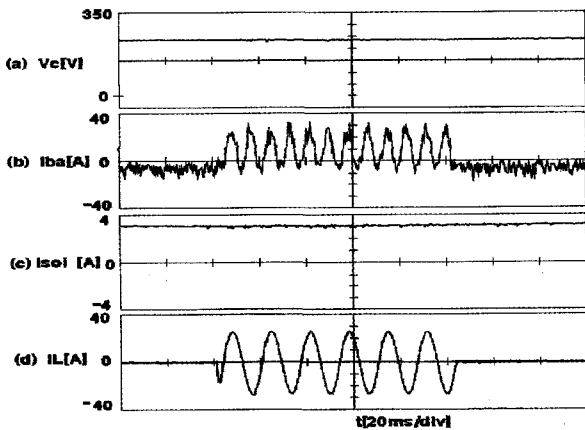


그림 20 운전모드 전이 특성  
Fig. 20 Operating mode transition characteristics

### 7. 결 론

본 연구에서는 충전전기를 이용한 독립형 태양광 발전시스템의 제어기 설계에 관한 내용을 다루었다. 제어기는 2중 루프 및 피드포워드제어를 기초로한 순시제어기로 설계되었고 실험을 통하여 운전특성을 확인하였다.

향후 현장 적용형 시스템 개발을 통해 현재 일반적으로 사용되는 병렬 연결형 독립형 시스템과의 경제성이나 특성면에서 비교검토가 필요할 것으로 사려된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 기술연구원, "낙도 전원용 태양광 발전시스템의 표준화 연구(Ⅲ)" 연구보고서, KRC-90G-T12.
- [2] 小林廣武, "太陽光 發電における 蓄電池電壓の 設定法", 電力中央研究所報告, 研究報告, T91071.
- [3] 小林廣武, 潼川 清, 武田行弘, "太陽光 發電システムにおける 蓄電池運用法の 検討 -大規模蓄電池システムの 運轉特性 シミュレーション-", 電力中央研究所報告, 研究報告, T91071.
- [4] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, "POWER ELECTRONICS: converters, applications and design", John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [5] 김홍성, 유권종 외, "충방전 제어를 이용한 독립형 태양광 발전시스템의 설계" 1998, 전력전자학회논문집
- [6] Navid R. Zargari and G za Jo s, "Performance investigation of a current-controlled voltage-regulated PWM rectifier in rotating and stationary frames", IEEE Trans. Ind. Electron., VOL. 42, NO. 4, pp. 396-401, AUGUST 1995.
- [7] LANDAU, "System Identification And Control Design", Prentice hall, 1990.
- [8] K.J. Astrom, et al., "Automatic tuning of PID Control 1 er", Instrument Society of America, 1988.

### 〈 저 자 소 개 〉



#### 유권종(劉權種)

1954년 8월 5일생. 1982년 2월 조건대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 10월 일본 KOBE대학 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 8월 태양에너지학회 학술상 수상. 1989년~1990년 일본 Fuji전기(주) 종합연구소 주임연구원. 1997년

2월~동년 7월 일본전력중앙연구소 객원연구원. 현재 한국에너지기술연구소 책임연구원. 당 학회 학술이사.



#### 김홍성(金洪聲)

1967년 2월 27일생. 1992년 건국대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 졸업(석사). 1998년 2월 동 대학원 졸업(박사). 현재 일본 전력중앙연구소 객원연구원.





**송진수(宋鎭洙)**

1971년 고려대 전기공학과 졸업. 1976년 동 대학원 석사과정 졸업(석사). 1985년 동 대학원 박사과정 졸업(공학). 현재 한국에너지기술연구소 책임연구원.



**이병구(李秉求)**

1972년 10월 1일생. 1996년 2월 충북대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 2월 동 대학원 졸업(석사).



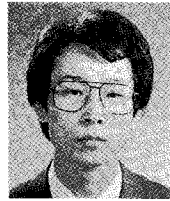
**정영석(鄭永錫)**

1970년 12월 9일생. 1994년 2월 충북대 공대 전기공학과 졸업. 1996년 2월 동 대학원 졸업(석사). 1996년 3월~현재 한국에너지기술연구소 연구원.



**최규하(崔奎夏)**

1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 졸업(석사). 1986년 동 대학원 졸업(공학). 1987년~1988년 미국 오레곤주립대 객원교수. 1997년~1998년 건국대학교 연구처장. 현재 건국대 공대 전기공학과 교수.



**강기환(姜琦煥)**

1967년 9월 20일생. 1991년 대전공대 전기공학과 졸업. 1993년 건국대 대학원 졸업(석사). 현재 한국에너지기술연구소 태양광발전연구팀 근무.