

## 태양전지 출력특성을 갖는 DSP기반 EPS시스템 개발

정병환, 강병희, 김홍성, 최규하, 최영호, 김재철\*  
 건국대학교, 송실대학교\*

### Development of EPS System Based on DSP for Solar Cell Output Characteristics

B-H Jeong, B-H Kang, H-S Kim, G-H Choe, Y-H Choi, J-C Kim  
 Konkuk University, Soongsil University

#### ABSTRACT

In this paper, electronic-controlled power supply(EPS) system for solar cell characteristic is proposed to solve various problems and to achieve reliable experimental result on photovoltaic system. This system emulates the solar cell output characteristics, and it can substitute solar cell in laboratory experiment system. New model for solar cell is proposed to realize the EPS system for solar cell, which is based on the interpolation. Both simulation and experiment are executed to show the validity of the proposed EPS system.

#### 1. 서 론

최근 대체에너지 시스템에 관한 관심과 수요가 크게 증가하고 있는 가운데 공기오염이 없고 무한한 에너지원을 갖는 태양에너지 시스템은 미래의 주요한 대체 에너지원으로 각광받고 있다. 그러나 태양광발전시스템을 설치할 넓은 장소와 태양전지 재료비용이 많이 든다는 단점이 있다. 게다가 태양전지는 기후조건(특히, 온도와 일사량)에 따라 그 출력특성이 변하기 때문에 PV 시스템을 위한 제어 알고리즘과 이와 관련된 전력변환장치 및 제어기를 개발하기 어렵다. 그러므로 일정조건에서 실험을 반복하거나 연구자가 원하는 특정조건에서의 실험을 하기가 불가능하다.<sup>[1][2]</sup> 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 고효율 시뮬레이터 개발을 위한 기초기술을 연구하고자 PWM컨버터를 이용하여 전기적으로 태양전지를 가상 구현 하는 EPS(Electronic-controlled Power Supply) 시스템을 개발하여 실제 기후 조건과 무관하게 임의 일사량과 온도 level을 설정함으로써 태양전지 출력특성을 조절할 수 있도록 하였으며 실제 태양전지 모델을 이용하여 실험과 시뮬레이션을 실행하여 개발되어

진 EPS 시스템이 실제 태양전지의 출력을 나타냄을 검증하였다.

#### 2. 태양전지 출력특성

태양전지의 출력특성은 크게 온도에 따른 온도특성과, 일사량에 따른 일사량특성으로 구분할 수 있다. 그림 1(a)는 일사량에 따른 태양전지의 출력의 변화를 보여주고 있으며 그림 1(b)는 온도에 따른 태양전지의 출력 변화를 나타내고 있다. 일사량의 변화시 태양전지의 개방전압은 큰 변화가 없는 반면 출력전류가 크게 변화하고 있음을 알 수가 있다. 온도의 변화시는 단락전류는 큰 변화가 없는 반면에 개방전압이 크게 변화하고 있다. 이러한 특성은 태양전지의 가상 구현시 PWM컨버터가 가져야 할  $v-i$  출력특성이기도 하다. 따라서, 태양전지의 가상 구현 장치에서는 일사량과 온도의 변화에 따른 데이터베이스를 갖추어야 한다.

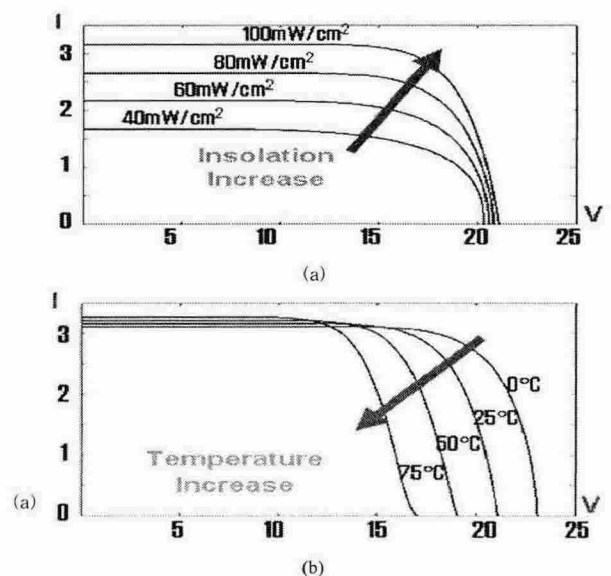


그림 1 기후조건에 따른 태양전지의 전기적 출력특성  
 Fig. 1 Electrical Characteristics of Solar Cell at Various Weather Conditions.

### 3. 태양전지 가상구현을 위한 EPS 시스템

#### 3.1 EPS시스템의 개요

여러 개의 단위 셀로 구성된 태양전지는 수 ~ 수십[W] 급의 모듈로 제조되고 있으며, 대용량화를 위해서 주로 기본 태양전지모듈을 직·병렬 연결하여 태양전지어레이로 사용하고 있다. 따라서 본 논문에서 제안하고자 하는 PWM 컨버터를 이용한 EPS시스템은 상용화된 50[W]급 태양전지 모듈의 특성을 미리 저장하여 데이터베이스화 되어있는 온도, 일사량의 값에 따라 태양전지의  $v-i$  특성곡선을 결정하고, 이를 전력변환 기술과 고성능 DSP를 사용하여 태양광 발전시스템의 출력특성을 가상적으로 구현하였다. 그림 1은 EPS시스템의 구성과 제어흐름을 나타내고 있다. PC에서는 온도, 일사량등의 태양전지 가상구현을 하기위한 변수를 데이터베이스화한다. 그리고 이러한 변수 값을 기반으로 제어부는 태양전지의  $v-i$  특성곡선을 구현하고 PWM신호를 PWM 컨버터에 보냄으로서 태양전지의 특성을 가상구현 하게 된다.

#### 3.2 EPS시스템의 구성

EPS시스템은 그림 1에 보이는 것과 같이 크게 센싱부와 제어부, 전력부 세 부분으로 나누어진다. 센싱부는 태양광 발전시스템이 설치되는 곳의 실제 온도, 일사량을 RS422통신을 통해 원거리에서 온도 및 일사량 데이터를 PC로 전송하게 된다. 제어부는 두 부분으로 나누어지는데 센싱부의 데이터를 저장하고 이 데이터를 연산하여 컨버터 제어보드에 변수값을 전달하는 PC와 직접적으로 컨버터의 스위칭 및 동작상태를 제어하는 DSP(TMS320C31)제어보드가 있다. 그리고 DSP제어보드는 EPS시스템의 출력을 갖는 Buck 컨버터를 제어할 뿐만 아니라 출력되는 전압, 전류를 PC상에서 모니터링 할 수 있게 하였다. 전력부는 제어신호에 의하여 DC/DC 전력변환을 하게 되는데 태양전지의 출력특성과 동일한 특성을 갖는다.

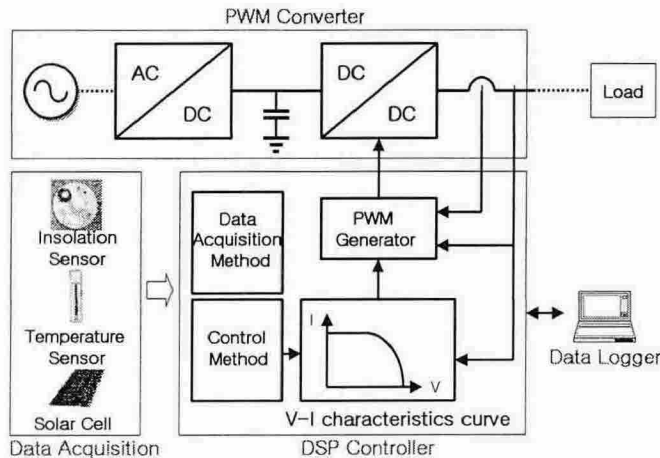


그림 2 EPS시스템의 제어블럭도  
Fig. 2 Control Block Diagram of EPS System

#### 3.3 EPS시스템의 운전

EPS시스템은 두 가지 모드로 운전된다. 첫 번째 모드는 PC의 데이터베이스를 기반으로 운전하는 DB(Data Base) 모드이며 두 번째 모드는 연구자가 임의 값을 데이터로 하여 운전하는 User Define 모드이다. 전자의 모드는 센싱부로 들어오는 일사량, 온도의 데이터와 태양전지 회사에서 주어지는 모듈의 사양을 기본 데이터로 하여 EPS시스템을 운전하는 경우이다. 그리고 후자의 모드는 연구자가 원하는 온도, 일사량, 최대 전력점에서의 전압, 전류, 개방전압, 단락전류를 입력하여 EPS시스템을 운전하는 경우이다. 이와 같이 EPS시스템의 운전 방법을 실제 데이터에만 의존하여 운전하는 것이 아니라 연구자가 임의 값을 지정하여 운전하는 모드를 만듦으로서 연구의 폭을 넓히고 효율성을 부가하였다.

### 4. EPS시스템의 운전실험

EPS시스템의 설계는 본 연구실에서 보유하고 있는 삼성전자의 50[W]급을 토대로 설계되어졌으며 본 논문에서 구현한 태양전지의 특성은 태양전지인 SM-50 모듈의 데이터를 기본으로 하여 실험하였다. 태양전지는 출력특성은 앞의 2장에서 설명하였듯이 온도와 일사량에 따라 그 출력특성을 달리한다. 그러므로 EPS시스템의 실제 운전시험은 태양전지의 기준 온도(25[°C]), 기준일사량(100[mW/cm<sup>2</sup>])일 때의 출력특성과 온도, 일사량의 변화에 따른 출력의 변화에 따른 출력특성에 대해 실험하였다. 태양전지의 표준조건은 기준온도(25[°C]), 기준일사량(100[mW/cm<sup>2</sup>])일 때를 기준으로 특성곡선을 나타낸다. 그러므로 EPS시스템의 정격에서 출력특성과 그 변화에 대해 실험을 하기 위해서는 태양전지의 표준조건 아래에 실험을 해야 한다. 그림 3은 50[W]태양광발전 시스템의 출력특성과 EPS시스템의 실제출력을 MATLAB을 이용하여 비교한 것이다.

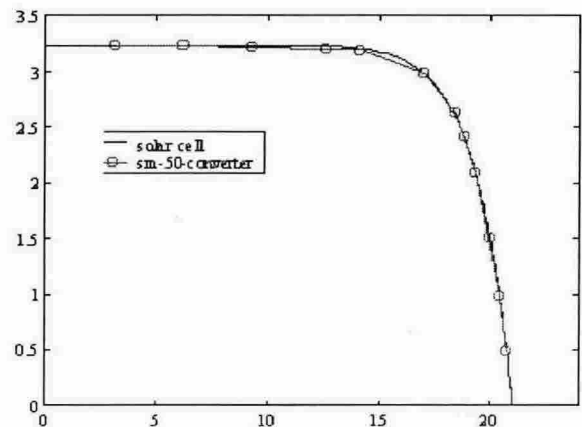


그림 3 EPS시스템의 출력 및 태양전지 출력특성비교  
Fig. 3 Comparison between EPS System Output and Real Solar Cell Characteristics

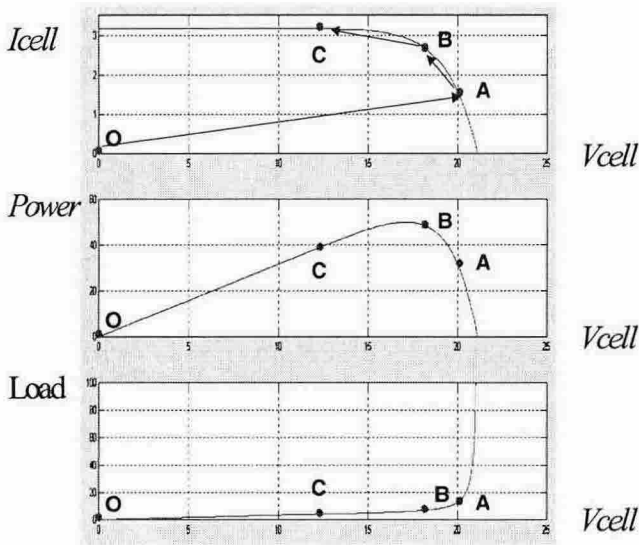


그림 4 기준조건에서의 EPS시스템 출력  
 Fig. 4 EPS System Output at Standard Condition

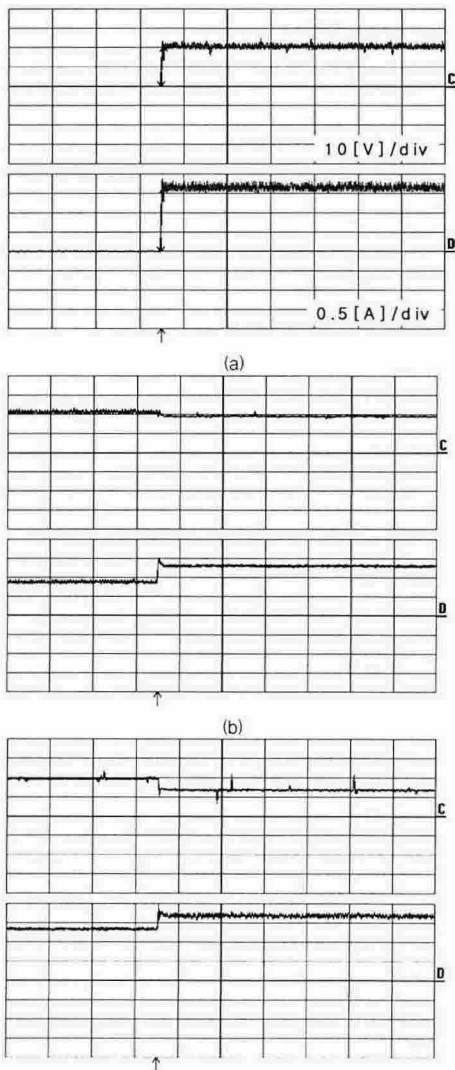


그림 5 A점, B점, C점의 전압전류 출력파형  
 Fig. 5. A Point, B Point, C Point Voltage & Current Output Waveform

그림 3에서 실선은 50[W]태양광발전 시스템의 표준조건에서의 출력특성을 나타내고 'o'의 선은 EPS시스템의 실제 출력을 나타내는 것이다. 그림 5, 6, 7은 각각 그림 4에서의 A, B, C 점에서의 실험파형을 나타낸다. 출력의 변화시의 시스템의 응답은 약 3[ms]정도로 나타났으며 변동율은 약 5[%]이내로 제어성능을 만족함을 알 수 있다.

## 5. 결론

EPS시스템의 운전 실험결과 본 연구에서 목표인 태양전지 특성의 가상구현이 가능함을 확인 할 수 있었다. 표준조건(기준온도, 기준일사량)에서의 태양전지 특성 구현 뿐만 아니라 온도, 일사량의 변화에 따른 태양전지 특성을 가상구현 하는데 있어서도 문제없이 태양전지 특성을 가상구현 하고 있음을 확인 할 수가 있었다. 그리고 태양전지의 부하변동에 따른 동특성 또한 3[ms]로 우수하게 나타남을 확인 할 수가 있었다. 특히 최대전력점 근처에서의 EPS시스템의 출력특성은 3%내의 오차를 나타냄으로서 거의 태양전지의 특성과 같은 출력을 보임을 확인 할 수가 있었다. 그러나 개방전압과 단락전류점 근처에서는 모델추종오차가 커지는 것을 볼 수 가있었다. 이는 개방전압과 단락전류점에서의 EPS시스템의 출력제어가 잘되지 않고 있음을 보여주는 것이다. 특히 정전류 모드에서 단락전류점 ( $I_{sc}$ )으로 가까워질수록 모델추종오차가 커지고 리플이 커지는 것을 확인 할 수 있는데 이는 모델에 가까운 전류원 특성을 PWM 컨버터로 구현할 경우 변동이 커지기 때문이다.

본 논문은 산업자원부 지원에 의하여 기초전력원 구원 (R-2005-B-114) 주관으로 수행된 연구임

## 참고 문헌

- [1] Fred C Treble, "Generating Electricity from The Sun" pp.103-124, Oct 1990
- [2] Martin A. Green "Solar Cells Operating Principles, Technology, and System Application", pp 79-101, April. 1982
- [3] Robert F. Pierret, "Semiconductor Device Fundamentals", pp.195-368, March. 1996
- [4] S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices" 2nd Edition, pp.790-835, 1981
- [5] Mrig L., DeBlasio R., O'Sullivan G. A., Tomko T."An advanced PV system simulator to demonstrate the performance of advanced PV cells and devices", Proceeding of 16th IEEE PV Specialists Conference, San Diego, pp.199-204, 1982