

EMTDC를 이용한 태양전지의 새로운 시뮬레이션 모델

박민원*, 김봉태**, 이재득**, 유인근**, 성기철***
 오사카대학*, 창원대학교**, 한국전기연구소***

A Novel Simulation model of Solar Cell using EMTDC

Min-won Park*, Bong-Tae Kim**, Jae-deuk Lee**, In-Keun Yu**, Ki-chul Sung***
 *Osaka Univ. in Japan, **Changwon Nat'l Univ, ***KERI

Abstract - So far, it was very difficult to simulate the dispersed generation system including PV generation system using EMTDP or EMTDC because the source of the dispersed generation system has a particular VI characteristic equation.

In this paper, a novel simulation method of PV generation system has proposed and a new solar cell component for EMTDC is also developed. The VI characteristic equation of solar cell is used in order to realize the solar generation system in EMTDC simulation.

Consequently the simulation of PV power generation system using field data is realized and acceptable results, which show close match between the real data of PV panel and the simulated data, were obtained.

1. 서 론

태양전지를 이용한 대체에너지 전력시스템은 최근, 저 환경 부하성, 무한 에너지 생산성, 그리고 깨끗한 에너지원 등의 특징으로 인해 전력에너지 연구자들의 관심을 지속적으로 모으고 있다.[1] 그러나, 연구 설비 투자의 과도한 부담으로 연구속도의 발목을 잡고 있는 것 또한 사실이다. 이에 대한 대책의 일환으로, 본 논문에서는 전력시스템 해석 프로그램으로 널리 사용되고 있는 EMTDC(2)를 이용한 새로운 태양전지의 모델링 방법을 제시하고자 한다. EMTDP 및 EMTDC의 경우에는 전원으로 전압원과 전류원을 이용할 수 있다. 그러나, 태양전지를 포함한 분산형 전원은 전압원 또는 전류원 만으로는 표현이 불가능한 전압전류 특성방정식으로 표현해야하는 전원으로 분류된다. 결과적으로 전압전류 특성방정식으로 표현된 전원이 시뮬레이션을 통해서 실현 가능하게 된다면 태양전지를 포함한 분산형 전원시스템의 모의 실험이 EMTDP 및 EMTDC상에서 가능하게 된다.

저자 등은 독특한 시뮬레이션 방법을 이용하여 EMTDC 상에서 태양전지의 모델링을 가능하게 하였으며, 실제 태양전지를 통한 실험결과 값과 본 시뮬레이션 법을 통한 결과 값을 비교하여 만족할 결과를 얻을 수 있었다.

2. 태양전지의 특성

태양전지는 식 (1)과 같은 전압전류 특성방정식으로 표현 가능하다.[3] 그에 따른 태양전지의 전압전류 특성곡선은 그림 1과 같이 나타난다.

$$I = s \cdot \{I_{sc} - I_{os}[\exp(KK \cdot V) - 1]\} \tag{1}$$

$$KK = \frac{q}{nk(273.16 + T)} \tag{2}$$

$$I_{os} = AT^\gamma \exp\left[-\frac{qE_g}{k(273.16 + T)}\right] \tag{3}$$

- I = current flowing into load [A]
- I_{sc} = short-circuit current [A]
- I_{os} = saturation current [A]
- s = insolation [kW/m^2]
- q = electron charge [C]
- k = Boltzman constant [J/K]
- T = PV junction temperature [$^{\circ}\text{C}$]
- n = cell series
- A = temperature constant
- γ = temperature dependency
- E_g = energy gap [eV]
- V = across voltage of PV cell [V]

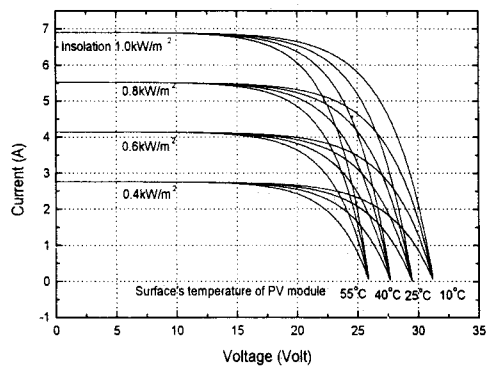


그림 1 태양전지의 전압전류 특성곡선
 Fig. 1 Voltage and current characteristic curves of solar cell

태양전지의 단락전류 및 개방전압 특성은 태양전지의 재료 및 셀 접합방식에 따라 결정된다. 공통적인 셀의

특성으로는 그림 1에서와 같이, 단락전류는 일사량에 비례하고, 개방전압은 셀의 pn 접합부의 온도와 반비례한다. 상수 q 와 k 를 제외한 n , A , γ , 그리고, Eg 는 셀 종류에 따라 결정되며, s 와 T 는 기상조건에 의해 변하는 계수로서 표현 가능하다. 출력전압 V 와 출력전류 I 는 외부접촉회로의 저항 값에 의해 결정된다.

3. EMTDC를 이용한 태양전지의 모델링

EMTDC 및 EMTP ATP Drawer의 경우는 전압원 전원, 저항 및 변압기 등과 같은 콤포넌트를 팔레트 상에서 연결하여 컴파일 한 후 컴파일을 통해 생성된 프로그램을 계산하여, 보고자 하는 부분의 결과를 얻을 수 있는 형식으로 되어 있다. 본 논문에서는 새롭게 태양전지 모델을 하나의 콤포넌트로서 만들어 시뮬레이션 상에 이용하였다. 표 1에서 표현된 외부입력을 식 (1)에 대입하여 계산하고 그에 따른 계산 결과를 표 1의 출력 값으로 표현하였다.

표 1 태양전지 모델의 초기치 파라미터
Table 1 Initial parameters of solar cell model in EMTDC

| Flow | Content |
|-----------------|---|
| External input | Insolation |
| | Surface's temperature of solar cell |
| | Output current of solar cell |
| Parameter input | Short circuit current |
| | Open circuit voltage |
| | Parallel connection number |
| | Series connection number |
| | Start of PV cell |
| Output | Rated voltage of PV |
| | Output voltage of solar cell |
| | Calculated output voltage of solar cell |

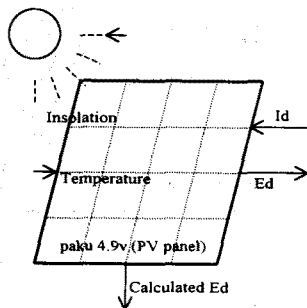


그림 2 EMTDC에서의 새로운 태양전지 컴포넌트
Fig. 2 New component of solar cell in EMTDC

그림 2는 실제 EMTDC의 Draft 상에서 표현된 태양전지 컴포넌트의 외형이며, 그림 3은 그림 2에서 표현된 모델을 Draft상에서 클릭하였을 때 나타나는 파라미터 입력의 외형이다. 여기에서 일사량 및 태양전지

의 표면온도는 시뮬레이션 종료 시까지, 매 시뮬레이션 샘플링 타임에 새로운 외부 파라미터 값으로 입력되며, 그 외의 입력 값은 초기치 변수로 입력된다.

The screenshots show the following parameter input screens:

- Screen 1:** Title: VI characteristics. Parameters: Module Connection, Synchronization.
- Screen 2:** Parameters: ISC (Short circuit current) = 3.0 A, VOC (Open circuit voltage) = 20.0 V.
- Screen 3:** Parameters: PAR (Parallel connection) = 3.0 unit, SER (Series connection) = 10.0 unit.
- Screen 4:** Parameters: GAZ (Start of PV cell) = 0.1 sec, ROV (Rated voltage of PV) = 0.2 kV.

그림 3 태양전지 모델의 파라미터 입력형태
Fig. 3 Input parameter types of solar cell

4. 시뮬레이션 결과 검토

제안한 시뮬레이션 방법의 타당성을 확인하기 위해, 실제 태양전지로부터 측정된 태양전지의 출력전압 및 출력전류의 결과와 시뮬레이션으로부터 얻은 출력전압과 출력전류의 결과를 비교해 보았다. 사용된 태양전지의 정격을 표 2에 나타냈으며, 그림 4는 기상조건을 측정할 날에 얻어진 45초간의 기상조건 데이터이다. 일사량 및 표면온도는 일사량계 등으로 측정하였고, 외부 연결 저항 값은 태양전지의 출력단자에 전자부하장치를 접속하고, 45초간 부하의 크기를 변화시키며, 출력전압과 출력전류 데이터를 얻어 컴퓨터에 저장하여 보존하였다. 45초간의 전자부하장치의 어드미턴스 값은 그림 5에 나타나 있다.

표 2 태양전지의 정격 및 시뮬레이션의 파라미터
Table 2 PV panel rates and simulation parameters

| | | | |
|---------------------------------|---|-------------|-------|
| Open circuit voltage at 25°C | 20Volt | Rs | 0.65Ω |
| Short circuit current at 1kW/m² | 3A | Rsh | 1kΩ |
| Simulation sampling time | 40μs | Finish time | 45sec |
| Input data | Insolation / surface's temperature / admittance of load | | |
| Data input sampling frequency | | 200Hz | |

실제, 측정된 일사량과 표면온도 데이터를 식 (1)에 대입하고, 부하변화 값 그림 5의 데이터를 외회로상의 부하로서 대입하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 상에서 이용된 파라미터 값은 표 2에 있으며, 그림 6은 실제로 측정된 결과 값과 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과 값을 같은 그래프 상에서 표현하였다. 그림 6에서 확인되었듯이 실제의 태양전지의 측정결과와 시뮬레이션을 통한 결과가 거의 일치하고 있으며, 제안한 시뮬레이션 방법의 타당성이 확인되었다고 말할 수 있다. 또한, 지면상의 어려움으로 많은 양의 비교 결과치를 제시하지는 못하지만, 여러 가지 조건하에서 비교 검토한 결과, 실측치와 시뮬레이션 결과가 거의 일치함을 알 수 있었다.

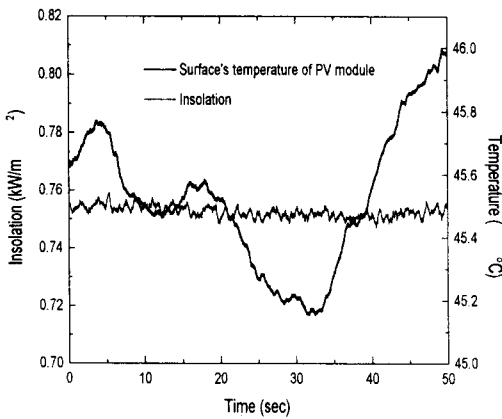


그림 4 실제 측정된 태양광 패널의 표면온도 및 일사량
Fig. 4 Real data of surface's temperature of PV panel and the insolation

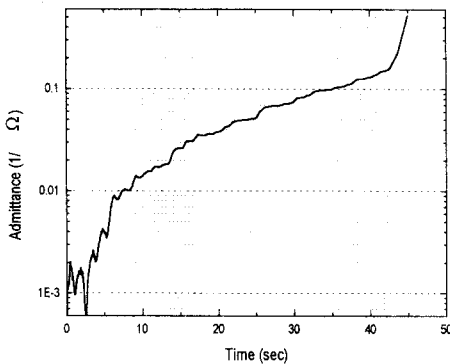


그림 5 전자부하장치의 어드미턴스
Fig. 5 Admittance of electric load

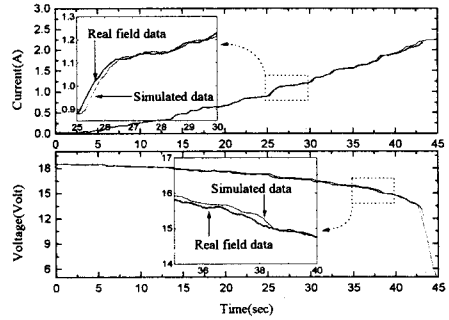


그림 6 실제 측정된 전압전류 값과 시뮬레이션 값
Fig. 6 Voltage and current curves from real apparatus and simulation

5. 결 론

본 논문에서는 태양전지 모델을 EMTDC의 단일 컴포넌트로서 실현시켰으며, 그에 따른 시뮬레이션 값과 실제 측정 값을 비교한 결과, 제안한 태양전지 모델의 타당성이 확인되었다. 태양전지를 이용한 분산형 전원 시스템의 실험을 위해서는 지금까지 많은 양의 설비투자비 및 운영비가 불가피하였고, 시스템의 규모를 바꾸는 것 또한 어려운 실정에 있었다. 그러나, 본 논문에서 제안된 태양전지 모델을 EMTDC 상에서 이용하여 시뮬레이션을 실시하게 되면, 실제 값과 일치하는 태양전지 시스템의 시뮬레이션이 적은 투자비로서 가능하게 되며, 이는 태양광 발전시스템에 관한 연구개발의 활성화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

본 연구는 창원대학교 두뇌한국(BK)21 사업단과, 한국과학재단 지정 공작기계기술 연구센터의 일부지원에 의한 것임

(참고문헌)

- [1] T. Fujisawa and T. Tani, "Consideration on Photovoltaic-Thermal Binary Utilization for Residential Building", Trans. IEEJ, Vol. 119-B, No.3, pp.362-368, 1999
- [2] "PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual", Manitoba HVDC Research Centre, 1996
- [3] Martin A. and Green, "Solar Cells Operating Principles, Technology and System Applications", Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 1982