

실제 데이터를 이용한 태양광 발전시스템의 시뮬레이션

박민원*, 김봉태**, 유인근**
 *오사카대학, **창원대학교

A Novel Simulation Method of PV Generation System using Field Data

Min-won Park*, Bong-Tae Kim**, In-Keun Yu**
 *Osaka Univ. in Japan, **Changwon Nat'l Univ.

Abstract - In PV power generation system study, huge system apparatuses are needed in order to verify the effect of system efficiency and stability considering the size of solar panels, the sort of converter types, and the load conditions and so on. And also, under the same weather and load conditions it is impossible to compare a certain MPPT control scheme to others. In this paper, in order to obtain effective solutions for the above mentioned topics, the solar cell array is simulated with it's VI characteristic equations, and the real field data of weather conditions is interfaced to EMTDC using Fortran program interface method. Consequently the simulation of PV power generation system using field data is realized in this paper, and acceptable results, which show close match between the real data of PV panel and the simulated data, were obtained.

전류특성 방정식을 갖는 태양광 셀의 모의 방법을 그림 1과 같이 구성하였다.

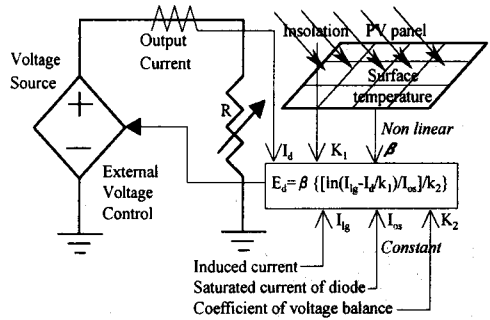


그림 1 태양광 셀의 시뮬레이션 개념도
 Fig. 1 Simulation concept of solar cell

표 1 모의 한 태양광 패널의 정격
 Table 1 Rates of the solar cell

A PV module		Simulated PV panel	
Open circuit voltage	30[V]	Parallel	2 unit modules
Short circuit current	7[A]	Series	5 unit modules
Rated voltage	20[V]	Rated voltage	100[V]
Rated current	6[A]	Rated power	1.2[kW]

1. 서 론

최근, 깨끗한 자연에너지의 유효한 이용측면에서 태양광 발전시스템이 주목을 모으고 있다. 태양광 발전은 기상조건의 변화에 따라 전력량을 항상 최대로 추정하는 최대전력 추종제어와 함께 전력의 품질과 시스템의 안정성을 개선하는 것이 중요한 요소이며, 이를 위한 다양한 제어방식들이 발표되고 있다.[1]

제한한 제어방식의 특징을 검토하기 위해서는 기존의 제어방식과의 비교실험이 필수적인데, 태양광 발전시스템의 경우는 같은 기상조건 하에서, 실험에 의한 제어방식의 비교검토가 어려울 뿐만 아니라, 태양광 패널의 용량, 전력변환기의 종류 및 부하의 조건 등을 모두 고려하여 실험하기란 거의 불가능하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 기상조건의 실제 데이터를 이용하여 태양광 발전시스템의 새로운 시뮬레이션 방법을 제안하고 그 효용성을 입증하였다.

2. 전압전류 특성 방정식을 이용한 태양광 셀의 모의

전력시스템의 과도현상 분석용 시뮬레이션 도구로서 주로 사용되는 EMTP 및 EMTDC[2]의 경우는 전원으로 전압원과 전류원을 이용하지만, 태양광 발전시스템을 포함한 분산형 전원시스템의 경우는 전류원이나 전압원으로는 표현이 불가능한 전압전류 특성 방정식을 가진 전원이라 일컬어진다. 따라서 본 논문에서는 전압

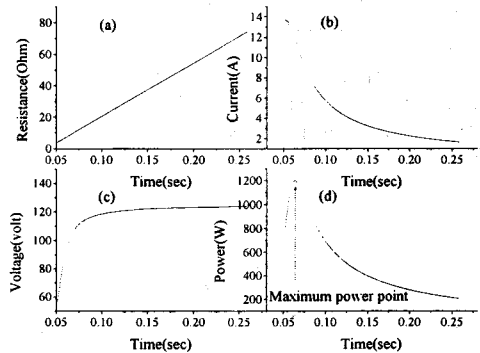


그림 2 전압전류 특성방정식에 의한 시뮬레이션 결과
 Fig. 2 Simulation results by voltage-current characteristic equation

그림 1의 태양광 패널 전원을 표 1과 같이 모의하고, 기상조건으로 일사량 $1.0kW/m^2$ 과 태양광 패널의 표면 온도 $25^{\circ}C$ 에서 가변저항 R을 그림 2의 (a)와 같이 변화시켰을 경우, 그림 2의 (d)와 같이 그림 1의 전압전류 특성 방정식에 따른 전력 점의 변화가 확인되고 있다. 그때의 전류와 전압의 변화 그래프는 그림 2의 (b)와 (c)에 나타나 있다. 이로써, 전압전류 특성 방정식과 용량을 자유롭게 변화시키며, 태양광 패널 전원의 모의가 시뮬레이션 상에서 가능성이 확인되었다.

3. 실제 데이터를 이용한 시뮬레이션 방법

3.1 외부 데이터와 포트란언어와 인터페이스

EMTP와 EMTDC 등의 전력 시스템용 과도현상 디지털 시뮬레이션 도구를 이용한 태양광 발전시스템의 시뮬레이션의 경우는 실제의 기상 조건을 모의한다는 것은 불가능하다. 그로 인해 기상조건 등의 외부 파라미터가 필요한 시뮬레이션의 경우는 그 결과의 신뢰성은 비교적 낮다고 할 수 있다. 그러나, 그림 3의 개념도와 같이 EMTDC를 이용한 비선형 외부 파라미터와 포트란언어와의 인터페이스 방법을 도입함으로써 최초로 실제 기상조건 데이터를 이용한 태양광 발전 시스템의 시뮬레이션이 가능하게 되었다.

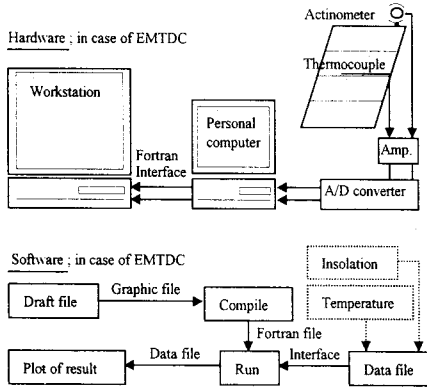


그림 3 실제 기상조건을 이용한 시뮬레이션의 개념도

Fig. 3 Simulation concept using real data

3.2 일사량계 측정 데이터의 변환

태양광 발전시스템에서 계측용으로 사용되는 일사량계는 고유의 응답출력특성을 갖게되며, 고유의 응답 출력 특성은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$RI(s) \frac{G}{1+sT} = MI(s) \quad (1)$$

여기서, $RI(s)$ 는 실질적인 일사량 데이터, $G/1+sT$ 는 사용된 일사량계의 응답특성($G=1$, $T=5.67$), 그리고, $MI(s)$ 는 측정된 일사량 데이터이다. 식 (1)을 이

용하여 측정된 일사량 데이터 $MI(s)$ 로부터 실질적인 일사량의 데이터를 쉽게 구할 수 있다.

그림 4의 (a)는 맑은 날 인위적으로 검은색 종이를 이용하여 일사량계의 입력 일사량을 변화시켰을 때, 측정된 일사량 데이터이며, 그림 4의 (b)는 식 (1)의 역변환을 이용해서 얻은 실질적인 일사량 데이터이다. 그림 5의 시뮬레이션에 그림 4의 (b)와 같은 실질적인 일사량 데이터가 적용된다.

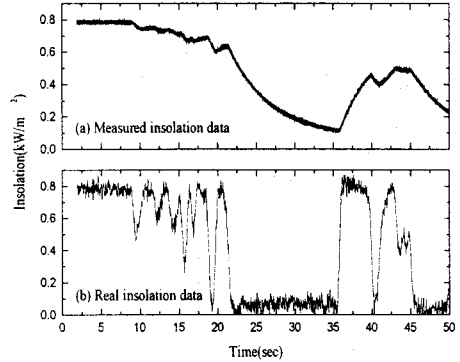


그림 4 일사량 측정데이터의 변환

Fig. 4 Conversion of measured insolation data

3.3 태양광발전시스템의 모의

제안한 시뮬레이션 방법의 효용성을 확인하기 위해 태양광 발전시스템을 그림 5와 같이 모의하였다.

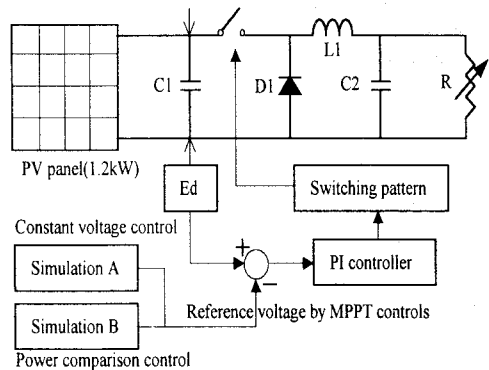


그림 5 태양광 발전시스템의 시뮬레이션 구성

Fig. 5 Simulation structure of a PV generation system

동작해석은 태양광 발전시스템의 최대출력 제어로서 가장 일반화된 일정전압제어 방식과 전력 비교방식을 같은 기상조건하에서 적용하여 그 결과를 비교 분석하였다.

일정 전압방식의 경우는 표 2와 같이 $105(V)$ 의 일정전압으로 운전하고, 전력비교 방식에서는 그림 6과 같은 일반화된 전력 비교방식 알고리즘을 사용하였으며, 전압변화 값은 $1.0(V)$ 로 설정하였다.

표 2 시뮬레이션의 파라미터
Table 2 Simulation parameters

Sampling time	20[μ s]	Simulation A	Simulation B
Switching frequency	10[kHz]	Reference Voltage = 105 [V]	Rise and fall voltage(ΔV) = 1.0 [V]
C1, C2 = 7mF L1 = 1 μ H, R = 6 Ω			

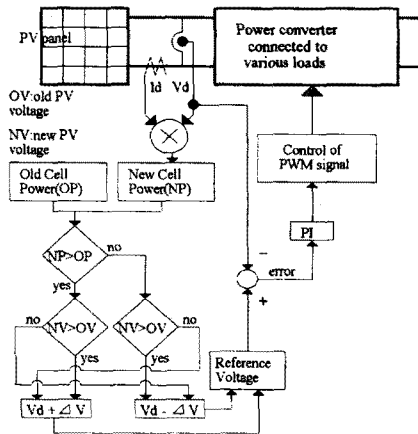


그림 6 전력비교방식 MPPT의 개념도
Fig. 6 Concept of power comparison MPPT

4. 시뮬레이션 결과 고찰

그림 7은 시뮬레이션에서 사용된 실제의 기상조건을 나타낸 것이다. 얇은 구름이 펼쳐진 기상조건하에서 45초간의 계측결과를 식 (1)의 일사량계의 응답특성을 이용하여 변환한 결과 그래프이다.

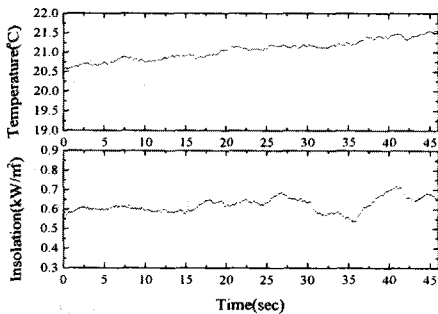


그림 7 시뮬레이션에 사용된 실제기상조건
Fig. 7 Real weather conditions used for the simulation

그림 8은 그림 7의 실제 기상조건하에서 그림 5의 태양광발전 시스템을 일정전압 제어방식과 전력비교방식을 각각 45초간 운전했을 때의 결과이다. 일정전압 제어방식에서 이용된 기준전압 105[V]는 그림 7의 기상 조건에서의 최적점이 아님으로 전력비교 방식에서의

출력전력 보다 약간 출력이 낮음을 확인할 수 있다. 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 확인하기 위해 그림 9와 같이 36초와 39초사이의 태양광 패널의 출력 값을 확대 표시하였다.

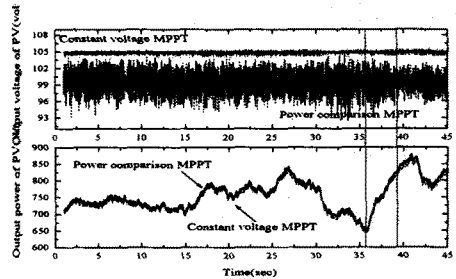


그림 8 45초간의 출력전력 및 출력전압 파형
Fig. 8 Power output and voltage for 45s

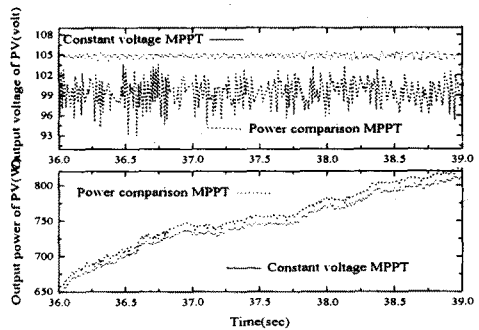


그림 9 3초간의 출력전력 및 출력전압 파형
Fig. 9 Power output and voltage for 3s

5. 결 론

본 논문에서는 기상조건에 실제 데이터를 이용한 태양광 발전시스템의 새로운 시뮬레이션 방법을 제안하고 그 효용성을 입증하였다. 특히, EMTDC를 이용한 비선형 외부 파라미터와 포트란언어와의 인터페이스 방법을 도입함으로써 최초로 실제 기상조건 데이터를 이용한 태양광 발전시스템의 시뮬레이션을 가능하게 하였다. 따라서, 전압전류 특성방정식과 태양광 발전시스템의 용량을 자유롭게 변화시키면서 다양한 시뮬레이션이 가능하게 되었으며, 이는 관련 분야의 연구에 크게 기여하게 될 것이다.

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

(참 고 문 헌)

- [1] C.Hua, J.Lin, and C. Shen, "Implementation of a DSP-controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.45, No.1, pp.99-107, 1998
- [2] "PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual", Manitoba HVDC Research Centre, 1996