

Solar cell 특성 parameter 추출용 V-I tracer에 관한 연구

박상수*, 이석주*, 서효룡*, 박민원*, 유인근*
 창원대학교 전기공학전문 전공*

A study on the V-I tracer to abstract the characteristic parameter of solar cell

Sang-soo Park*, Seok-Ju Lee, Hyo-Ryong Seo, Minwon Park*, In-Keun Yu*
 Department of Electrical Engineering, Changwon National University*

Abstract - Photovoltaic(PV) power generation system [1-2] has been extensively studied and watched with keen interest as a clean and renewable power source. So hardware and software studies strongly indicate the feasibility of commercially producing a low cost, user-friendly solar cell curve tracer. Generally, V-I curve tracer indicates only the commonly used solar cell parameters. However, with the conventional V-I curve tracer it is almost impossible to abstract the more detail parameters of solar cell ; A , R_s , and R_{sh} , which satisfies the user, who aims at the analysis of the development PV power generation system: advanced simulation. In this paper, the proposed method gives us the satisfactory results to abstract the detail parameters of solar cell ; A , R_s , and R_{sh} ,

태양전지와 시스템의 개선에 따라 새로운 시장은 점차 가속화 될 것이고, 계통과 태양광 기기들과의 연계 동작 기술들에도 수요가 증가될 것이다. 이로 인해 solar cell의 종류, 시스템의 용량, 변환 시스템 등 여러 가지 조건을 고려한 가격이 저렴하고 간단한 계통과 태양광 발전 시스템의 연계 기술들이 발전할 것이다. 본 논문에서는 이와 관련하여 solar cell의 모든 parameter를 추출하는 방법에 대해 소개한다. 기존 V-I tracer의 출력은 V_{oc} , I_{sc} , V_{op} , I_{op} , FF 로 구성되어 있다. 이것은 개략적인 태양전지의 출력 특성은 확인 가능하나 세부적인 parameter의 추출은 어렵다. 본 논문에서는 새로운 방법으로 solar cell의 세부적인 parameter(A , R_s , and R_{sh})들을 추출함으로써 엔지니어에게 만족스러운 결과를 제공할 수 있을 것이다.

Nomenclature

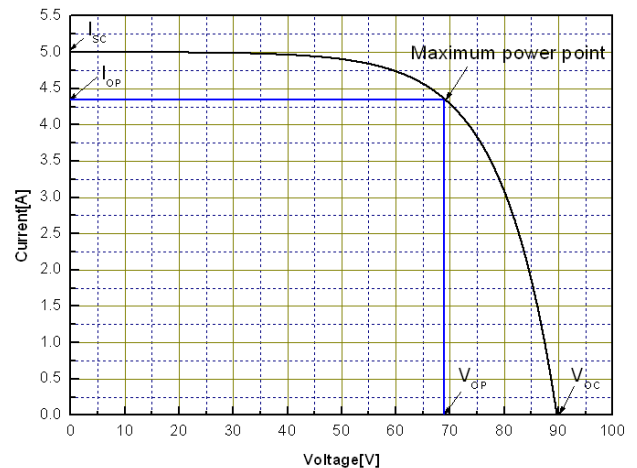
I	Current flowing into load [A]
I _{sc}	Short-circuit current [A]
I _{os}	Saturation current [A]
s	Irradiation [kW/m ²]
q	Electron charge, 1.6e-19 [C]
k	Boltzman constant, 1.38e-23 [J/K]
T	PN junction temperature [°K], t [°C]
n	Junction constant
A	Temperature constant
γ	Temperature dependency exponent
E _g	Energy gap [eV]
V	Across voltage of solar cell [Volt]
V _{op}	Optimal voltage of solar cell
V _{oc}	Open-circuit voltage of solar cell
I _{op}	Optimal current of solar cell
V _{mp}	Voltage at maximum power point
I _{mp}	Current at maximum power point
FF	Fill factor
PIN	Light power in [kW/m ²]
η	Light power to power conversion efficiency [%]
P _{max}	Maximum power
R _s	Series resistance of PV cell
R _{sh}	Parallel resistance of PV cell
DI	Digital signal of irradiance
DT	Digital signal of the surface temperature
DC	Digital signal of the output current
DV	Digital signal of the output voltage
DEL	Digital control signal of electric load
X-REAL	Real field value
X-CALCULATION	Calculated value

1. 서 론

태양전지를 이용한 전력시스템은 최근 무한 에너지 생산성, 그리고 깨끗한 에너지원 등의 특징으로 인해 전력에너지 연구자들의 관심을 지속적으로 모으고 있다. 태양광 발전은 기상조건의 변화에 따라 전력량을 항상 최대로 추정하는 최대전력 추종제어와 함께 전력의 품질과 시스템의 안정성을 개선하는 것이 중요한 요소이며, 이를 위해 다양한 제어방식들이 발표되고 있다. 태양광 발전 시스템의 계속적인 비용 감소에 따라 계통과의 연계시스템은 더 경제적이고 실용적이게 된다. 그러므로 소비자의 인식도 신재생 에너지 자원을 이용해 생산된 전기 에너지에 기꺼이 돈을 내려고 하도록 바뀌고 있다. 그러므로 신재생에너지 기술은 세계의 전기 수요를 충족시키는데 점차 중요한 역할을 하게 될 것이다.

2. 본 론

2.1 V-I tracer



<그림 1> Solar 모듈의 기본 parameter와 특성곡선

Solar cell은 그림 1과 같은 특성 곡선을 가진다. 이 곡선은 내부저항을 고려하지 않은 이상적인 상태에서의 특성곡선으로 그려진 그래프이며 내부기생저항에 의한 손실 때문에 실제 데이터와는 많은 차이가 발생하므로 본 논문에서는 아래의 식들을 고려하여 V-I tracer를 구성할 것이다.

$$I = I_{sc} - I_{os} \left\{ \exp \left[\frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{n \cdot k \cdot T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

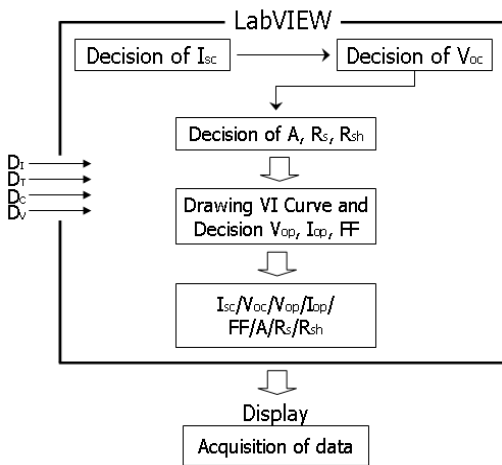
$$I_{os} = AT^n \exp \left(\frac{-E_g}{n \cdot k \cdot T} \right) \quad (2)$$

Solar cell의 특성은 식 (1), (2) [3-4]로 표현이 가능하다. 이 식들은 태양광 발전의 여러 가지 특성을 나타내주고 있다. 우선 태양전지의 출력은 일사량에 비례하여 전류가 증가하고 셀 표면온도와 반비례하여 전압이 변화한다. 그리고 이것은 저항에 의해 전압과 전류가 바뀌는 특성을 가지고 있다. 또한 기생저항을 포함한 solar cell의 특성도 나타내 주고 있다. V-I tracer란 이 특성을 이용해 태양전지의 특성 parameter를 추출해 내는 것으로서 이것은 기존에도 사용되어져 왔다. 그러나 기존의

V-I tracer는 외부환경에 따른 세밀한 특성 parameter들을 알 수 없었고 수동적으로 수치가 얻어지므로 장황하고 많은 시간을 요하는 작업이었다. 그러므로 태양광 발전 시스템의 분석을 목적으로 하는 연구자들에게 이것은 아주 불만 사항이었을 것이다. 본 논문에서 제안된 V-I tracer는 이 모든 작업들을 자동적으로 처리하여 V-I 특성 곡선을 그리고 중요 parameter들을 계산해준다. 저자는 본 연구가 이러한 문제점을 해결하여 태양광 연구를 하는 사람들에게 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다. 본 연구에서는 기존 V-I tracer 시스템에서는 구현 불가능했던 태양전지의 세부적인 특성방정식 parameter들을 도출시킴으로써 사용자에게 보다 편리하고 세부적인 태양전지의 정보를 제공하고자 한다.

2.2 제안된 V-I tracer 프로그램 알고리즘

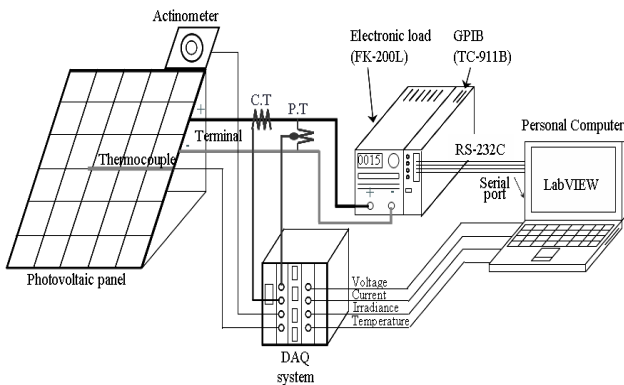
그림 2는 V-I tracer 프로그램의 흐름도 [5-7]를 나타낸 것이다. 먼저 태양전지의 그 순간의 일사량(D_I), 온도(D_T), 전류(D_C), 전압(D_V) 이렇게 4개의 데이터를 입력으로 받아 단락전류, 개방전압, A의 값을 결정한다. 결정된 단락전류, 개방전압, A를 V-I 특성식에 입력하여 V-I 특성 곡선을 그리게 되고 특성곡선에서 V_{op} , I_{op} , FF의 값을 도출한다. 끝으로 내부저항 R_s , R_{sh} 를 구하고 모든 획득한 데이터를 출력한다. 제안된 새로운 알고리즘은 사용자들이 사용하기 편하고 보기 쉽게 만들기 위해 LabVIEW로 구현된다.



<그림 2> V-I tracer 프로그램의 동작 개념도

2.3 시스템 구현

V-I tracer로 모든 parameter를 도출하기 위해서 그림 3과 같이 하드웨어를 구성하였다. 태양전지에 일사량계 [8]와 표면온도계를 설치하고 출력되는 아주 낮은 전압의 데이터를 DAQ system에서 입력받아 personal computer로 보내준다. 그리고 태양전지와 전자부하장치사이에서 C.T와 P.T를 설치하여 셀의 출력전류와 전압을 측정한다. 전자부하장치와 personal computer사이에는 RS-232C로 Serial 통신을 한다. 전자부하장치는 저항을 변화시키면서 태양전지의 개방전압에서부터 단락전류점까지 특성곡선을 그리게 한다. 그리고 전자부하장치와 컴퓨터의 통신을 통해 V-I 특성 곡선을 부드럽게 그릴 수 있다. FK-200L은 컴퓨터와의 통신을 위해 TC-911B를 이용하였다. 그리고 사용자가 사용하기 편리하도록 G언어인 LabVIEW를 사용한다.



<그림 3> 하드웨어 구성

3. 결 론

본 논문에서는 V-I tracer 하드웨어를 구성하고 알고리즘을 제안하였고 전자부하장치와 컴퓨터와의 통신 등을 통해 모든 solar cell의 정보를 표 1과 같이 자동적으로 도출해 낼 수 있을 것으로 기대된다. 제안된 V-I tracer 방식을 이용하여 현재 하드웨어를 제작 중에 있으며, 표 1은 예상되어지는 결과이다.



<그림 4> 건물에 설치된 Solar array

<표 1> 기 제공된 태양광패널의 세부 parameter 및 확보가능한 parameter

기 제공된 parameters	A panel = 54 cells in series	$V_{oc-array}$	129.2 Volt	$I_{sc-array}$	5.46A
	Array = 4 panels in shunt	Fill Factor	70.8%	Rated Power	500W
	Total 216 cells	Multi-crystalline silicon	n	13.3%	
추가 확보될 parameters	A, R_s, R_{sh}				

감사의 글

본 연구는 과학기술부에서 수행하는 “분산전원의 미래형 배전망 적용 기술개발 지원 사업”에 의해서 수행된 것임.

[참 고 문 헌]

- [1] Monji G. Jaboori, Mohamed M. Saied, Adel A. R. Hanafy, "A Contribution to the Simulation and Design Optimization of Photovoltaic Systems", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 6, No. 3, pp.401-406, September 1991
- [2] Bogdan S. Borowy, Ziyad M. Salameh, " Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind/PV Hybrid System", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 11, No. 2, pp.367-373, June 1996
- [3] Martin A. Green, "Solar Cells Operating Principles, Technology, and System Applications", 1982 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632
- [4] Richard C. Neville, "Solar Energy Conversion: The Solar Cell", 1980 by Elsevier Scientific Publishing Company
- [5] Minwon Park, In-Kuen Yu, A Novel Real-Time Simulation Technique of Photovoltaic Generation System Using RTDS, IEEE Transactions of Energy Conversion, Vol. 19, No. 1, pp. 164-169, March 2004
- [6] Minwon Park, Kenji Matsuura, Hiroshi Yamashita, Masakazu Michihira, "A Novel Simulation Method for PV Power Generation System using Real Field Weather Condition and its Application", T.IEE Japan-B, Vol. 121-B, No. 11, 2001 pp. 1499-1506
- [7] Minwon Park, Bong-Tae Kim, In-Kuen Yu, "A Novel simulation Scheme for Grid Connected Photovoltaic Generation Systems" KIEE International Transactions on EMECS, Vol. 11B-4, 169-174(2001)
- [8] [MS-601, 601F Manual] EKO Co.