

# 제어 가능한 전류원 기반의 인버터를 이용한 실제적 태양광 발전 시스템 모델링

## Modeling of Practical Photovoltaic Generation System using Controllable Current Source based Inverter

오 윤 식\* · 조 규 정\* · 김 민 성\* · 김 지 수\* · 강 성 범\* · 김 철 환\* · 이 유 진\*\* · 고 윤 태\*\*\*  
(Yun-Sik Oh · Kyu-Jung Cho · Min-Sung Kim · Ji-Soo Kim · Sung-Bum Kang ·  
Chul-Hwan Kim · You-Jin Lee · Yun-Tae Ko)

**Abstract** - Utilization of Distributed Generations (DGs) using Renewable Energy Sources (RESs) has been constantly increasing as they provide a lot of environmental, economic merits. In spite of these merits, some problems with respect to voltage profile, protection and its coordination system due to reverse power flow could happen. In order to analyze and solve the problems, accurate modeling of DG systems should be preceded as a fundamental research task. In this paper, we present a PhotoVoltaic (PV) generation system which consists of practical PV cells with series and parallel resistor and an inverter for interconnection with a main distribution system. The inverter is based on controllable current source which is capable of controlling power factors, active and reactive powers within a certain limit related to amount of PV generation. To verify performance of the model, a distribution system based on actual data is modeled by using ElectroMagnetic Transient Program (EMTP) software. Computer simulations according to various conditions are also performed and it is shown from simulation results that the model presented is very effective to study DG-related researches.

**Key Words** : Current source inverter, Distributed generation, Distribution system, Photovoltaic generation

### 1. 서 론

태양광(Photovoltaic, PV) 및 풍력(Wind Turbine, WT) 등과 같은 신재생에너지의 사용이 다양한 환경적, 경제적 장점들을 보 장함에 따라 신재생에너지를 이용한 분산전원의 사용이 전 세 계적으로 증가하고 있다[1-2]. 하지만, 이러한 분산전원의 계통 연계는 배전계통의 전압 변동을 유발시켜 기존의 전압 조정 방식 에 문제를 일으킬 뿐만 아니라 분산전원의 양방향 조류 특성으로 인해 기존의 고장보호 체계 및 보호협조 시스템에 악영향을 미칠 수 있다[3-4]. 따라서 이러한 문제점들을 면밀히 분석하고 적절 한 대책을 마련하기 위한 기초 단계로서, 실제적이고 정확한 분 산전원 계통 연계 시스템의 모델링은 필수적이다.

태양광 발전 시스템은 개별적인 셀들을 직렬 및 병렬로 연결 한 태양광 어레이와 이를 기존의 AC 계통과 연계하기 위해 요구 되는 계통 연계용 인버터를 포함한다. 따라서 본 논문에서는 전

력계통 과도현상 해석 프로그램인 ElectroMagnetic Transient Program(EMTP)에서 기존에 제공되지 않는 실제적인 태양광 발 전 시스템 구현을 위해 사용자 정의 모델 구현 기능인 MODELS 를 이용하여 태양광 셀의 직, 병렬 저항을 고려한 실제적 태양광 셀 모델링을 수행하였으며, 반복적인 직렬 저항의 fitting 과정을 통해 셀의 직, 병렬 저항을 계산하였다. 또한 기존 인버터 모델이 초점을 맞추어 왔던 AC 계통과의 효과적인 연계 및 최대전력점 추종 제어 기능과 더불어 연계 배전계통의 전압조정기능을 구현 하기 위해 P, Q 및 역률 제어 가능한 전류원 기반의 인버터를 모델링하였으며, 모델링 된 태양광 발전 시스템은 실제 국내 배 전계통 데이터에 기반한 모의 계통을 이용하여 다양한 조건에 대 해 검증되었다.

### 2. 직, 병렬 저항을 고려한 실제적 태양광 셀 모델링

#### 2.1 실제적 태양광 셀 모델

그림 1에 나타난 것과 같이, 실제적인 태양광 셀의 등가회로 는 이상적인 셀의 등가회로를 구성하는 전류원 및 병렬 다이오 드 이외에도 직렬 및 병렬 저항을 포함한다[5]. 이에 따라 이상 적인 태양광 셀의 출력 전류를 나타내는 식 (1)과는 달리, 실제 적인 태양광 셀의 출력 전류 I는 식 (2)와 같이 직, 병렬 저항에

† Corresponding Author : Dept. of Information and Com-  
munication Engineering, Sungkyunkwan University, Korea.

E-mail: hmwkim@hanmail.net

\* Dept. of Information and Communication Engineering, Sung-  
kyunkwan University, Korea.

\*\* Korea Electric Power Research Institute, Korea.

\*\*\*Corning, Korea.

Received : April 29, 2016; Accepted : July 20, 2016

의한 영향을 포함한다. 식 (2)는 대수적인 수치 해석법(Newton-Rapson's Approximation)에 의해 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$I = I_{pv,cell} - I_{0,cell} \left[ \exp\left(\frac{qV}{akT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

$$I = I_{pv} - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V + R_s I}{V_t a}\right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (2)$$

$$I_{n+1} = I_n - \frac{I_{pv} - I_n - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V + R_s I}{V_t a}\right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_p}}{-I_0 \left(\frac{R_s}{V_t a}\right) \cdot \left[ \exp\left(\frac{V + R_s I}{V_t a}\right) \right] - \left(1 + \frac{R_s}{R_p}\right)} \quad (3)$$

- 여기서,  $I_{pv,cell}$  : 입사광에 의해 발생하는 전류[A]
- $I_d$  : Shockley 다이오드 방정식[A]
- $I_{0,cell}$  : 다이오드의 누설 전류[A]
- $q$  : 전자의 전하[C]
- $k$  : 볼츠만 상수
- $T$  : p-n 접합의 온도[K]
- $a$  : 다이오드 이상(ideality)계수
- $V_t$  : 열전압[V]

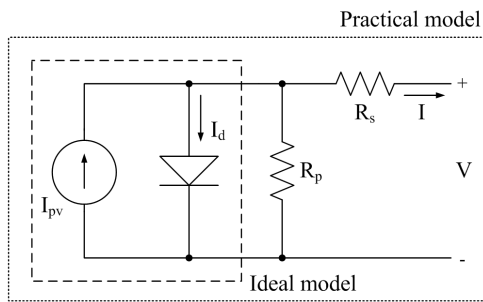


그림 1 태양광 셀의 등가회로  
Fig. 1 Equivalent circuit of a PV cell

하지만, 상업적으로 이용 가능한 태양광 셀의 데이터시트는 직렬 및 병렬 저항에 대한 데이터를 제공하지 않기 때문에 실제적인 태양광 셀의 모델링을 위해서는 추가적인 계산에 의해 각각의 저항에 대한 값을 도출할 필요가 있다.

### 2.2 직, 병렬 저항 도출 기법

실제적인 태양광 셀의 직, 병렬 저항을 도출하기 위해, 상업용 태양광 셀의 데이터시트에 제시된 최대전력점( $P_{max,e}$ )은 모델링을 통해 출력되는 최대전력점( $P_{max,m}$ )과 같아야 한다는 점을 이용할 수 있다. 자세한 모델링의 원리는 아래에 기술된 가정에 기초한다[6].

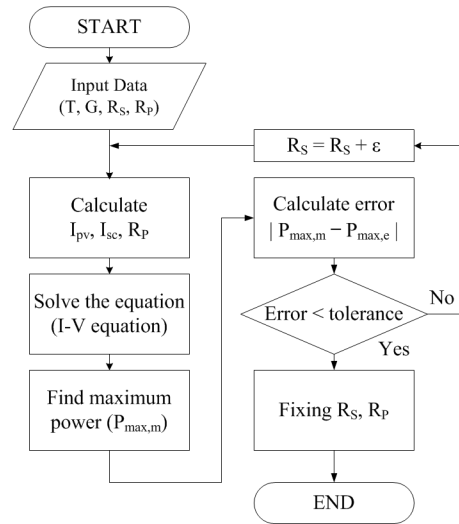


그림 2 직렬 저항 fitting 순서도  
Fig. 2 Flowchart for fitting series resistance

- 상업용 태양광 어레이 데이터시트에 제시된  $P_{max,e}$ 는 모델링을 통해 출력되는 최대전력점( $P_{max,m}$ )과 같아야 한다. 즉, 오직 하나의 I-V 및 P-V 특성 곡선만이 존재한다.
- 그러므로 실제적인 모델에 포함되는 직렬 저항( $R_s$ )과 병렬 저항( $R_p$ ) 또한 한 쌍밖에 존재하지 않는다.

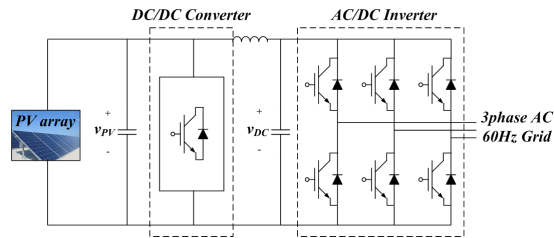
그림 2에서 볼 수 있듯이,  $R_s$ 를 구하기 위해서는  $R_s$ 를 0부터 매우 작은 값으로 천천히 증분시키는 과정이 필요하다[6]. 반복적인 계산 과정을 통해 ( $P_{max,e} = P_{max,m}$ )를 만족시키는  $R_s$ 와  $R_p$ 를 계산하며 도출된 값들을 식 (2)에 대입함으로써 실제적인 태양광 어레이 모델링을 수행할 수 있다.

## 3. 제어 가능한 전류원 기반의 인버터 모델링

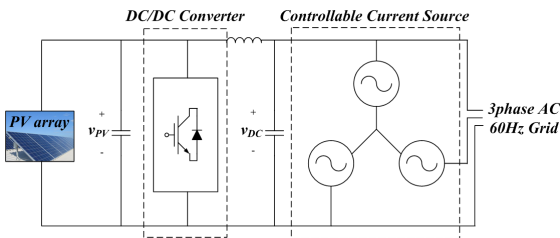
그림 3(a)에 제시된 것과 같이, 일반적으로 계통 연계형 태양광 발전 시스템은 태양광 어레이에서 출력된 전압을 DC/DC 컨버터를 이용하여 적절한 전압 레벨로 변환 후 DC/AC인버터를 통해 계통으로 연계된다. 본 논문에서는 그림 3(b)와 같이 제어 가능한 3상 정현파 전류원으로 동작하는 계통 연계용 인버터를 모델링하였으며 이를 이용하여 태양광 발전 시스템을 구성하였다.

### 3.1 전류원 기반 인버터 모델

전류원 기반 인버터는 구동 시 필요한 토크에 대한 매우 빠른 응답을 제공할 뿐만 아니라 계통 연계용 인버터의 경우 유효 및 무효전력 수율에 대한 빠른 응답을 제공할 수 있다[7]. 특히, 태양광 발전 시스템에 사용되는 인버터는 출력 전류의 P, Q 성분들을 제어하여 배전계통 및 연계점 전압을 허용범위내로 유지하는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 P, Q 및 역률 제어가



(a) 일반적인 인버터 모델 사용



(b) 제어 가능한 전류원 기반의 인버터 모델 사용

그림 3 태양광 발전 시스템의 형태

Fig. 3 Configuration of the PV generation system

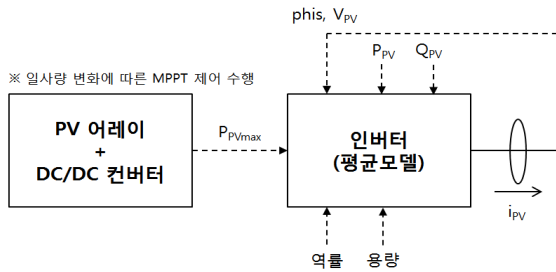


그림 4 태양광 발전 시스템 모델의 개요도

Fig. 4 Diagram of model of the PV power generation system

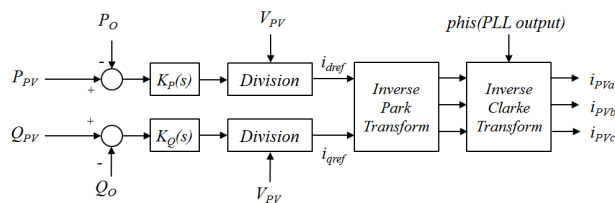


그림 5 인버터 제어를 위한 블록 다이어그램

Fig. 5 Block diagram for control of the inverter

가능한 전류원 인버터를 모델링하였으며, 인버터는 3상 정현파 전류원으로 동작하여 발전량에 따라 계통으로 적절한 전류를 공급한다. 본 논문에서 제시한 전류원 기반의 인버터는 인버터 자체 혹은 시스템 파라미터 변경에 매우 강한 특성을 가질 뿐만 아니라 매우 높은 제어 정확도를 보장한다. 또한 실제 스위칭 동작을 제거함으로써 시뮬레이션 시간을 크게 줄일 수 있다는 장점을 갖는다.

### 3.2 P, Q 및 역률 제어

본 논문에서 인버터 제어를 위해 고려된 사항들은 다음과 같다.

- 인버터 출력은 태양광 어레이의 최대 출력을 초과하지 않을 것
- 요구되는 P, Q에 부합하는 적절한 3상 정현파 전류를 출력할 것
- 출력 전류는 요구되는 역률에 따라 연계점 전압과 동기 상태를 맞출 것

위의 고려사항들을 만족시키기 위해 인버터는 그림 4와 같이 태양광 어레이 측으로부터 사용 가능한 PV의 최대 출력( $P_{PVmax}$ )을 입력받으며, 그림 5에 표시된 것과 같이 아래와 같은 순서로 제어를 수행하여 원하는 3상 전류를 출력한다. 여기서,  $P_{PVmax}$ 는 일사량에 영향을 받으며, 지속적으로 DC/DC 컨버터의 Perturbation & Observation 방식의 Maximum Power Point Tracking (MPPT) 과정을 통해 최대 전력점을 추종한다.

- ①  $P_{PVmax}$ 를 초과하지 않는 범위 내에서, 원하는 역률 및 용량을 만족하는 유효 및 무효전력( $P_{PV}$ ,  $Q_{PV}$ ) 계산(P, Q는 동기 좌표계)
- ② 연계점 전압( $V_{PV}$ )을 이용한 동기 좌표계 전류( $I_d$ ,  $I_q$ ) 계산
- ③ 그림 6 및 Clarke, Park 변환을 이용하여 동기 좌표계 전류를 3상 좌표계 전류( $i_{pV}$ )로 변환; Phase Locked Loop 기능을 통해  $V_{PV}$ 의 위상 정보(phis) 취득 후 좌표계 변환 시 이용

### 3.3 EMTP/MODELS를 이용한 인버터 모델링

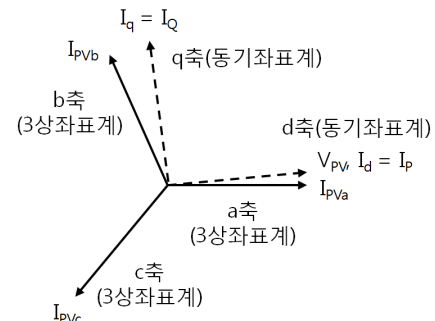


그림 6 인버터 전류 및 전압의 좌표계

Fig. 6 Reference frame of the inverter current and voltage

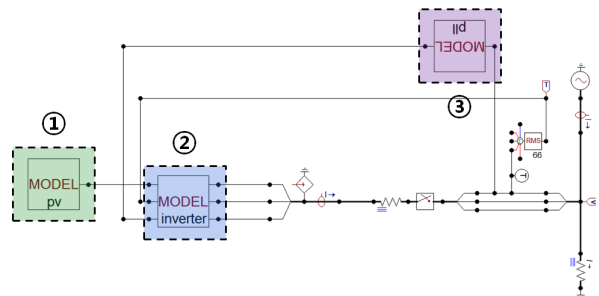


그림 7 EMTP/MODELS를 이용한 인버터 모델링

Fig. 7 Modeling of the inverter using EMTP/MODELS

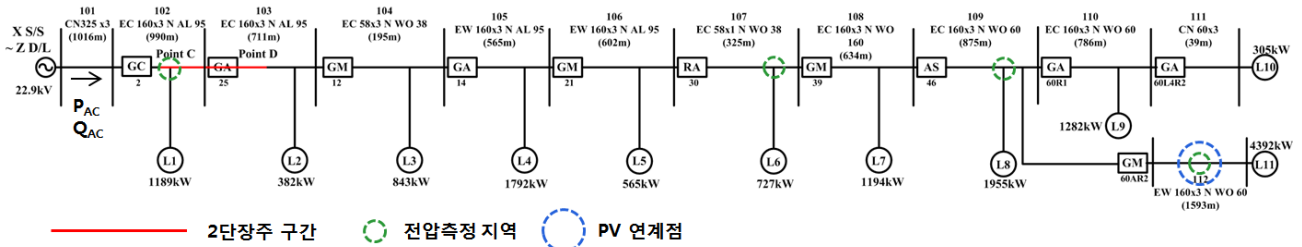


그림 8 실제 배전계통 데이터 기반의 모의 계통

Fig. 8 Actual distribution system data based simulation system

표 1 서울지역 7월 일일 일사량

Table 1 Daily solar irradiation amount on July in Seoul region

시간[시]	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
일사량 [kWh/m <sup>2</sup> ]	0.03	0.08	0.13	0.18	0.21
시간[시]	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
일사량 [kWh/m <sup>2</sup> ]	0.24	0.25	0.25	0.24	0.21
시간[시]	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20
일사량 [kWh/m <sup>2</sup> ]	0.18	0.13	0.08	0.03	0.00

그림 7은 EMTF/MODELS를 이용한 인버터 모델을 나타낸다. 앞선 절에서 설명된 것과 같이, 그림 7의 ②에 해당되는 계통 연계용 인버터는 ①에 해당하는 태양광 어레이로부터 계산된  $P_{PVmax}$  값을 입력으로 받아 내부적으로 원하는 P, Q 및 역률을 제어하여 좌표계 변환 과정을 거쳐 3상 정현파 전류를 출력한다. 또한 좌표계 변환 시에는 ③에 해당하는 PLL 기능을 이용하여 연계점 전압의 위상 정보를 확인한다. 각각의 구성요소는 EMTF 내에 제공되는 사용자 정의 모델 구현 기능인 MODELS를 이용하여 모델링 되었다.

#### 4. 시뮬레이션

##### 4.1 시뮬레이션 계통 및 조건

본 논문에서 제시된 태양광 발전 시스템 모델의 검증을 위해 실제 국내 배전계통 데이터를 이용한 모의 계통이 사용되었다. 그림 8의 모의 계통은 서울의 S지역에 해당하는 22.9[kV] 배전계통으로 2단 장주 형태를 지니고 있으나, 본 논문에서는 모의의 간략화를 위해 2단 장주의 하단 계통만을 고려하였다. 모의에 사용된 태양광 발전 시스템의 용량은 2.15[MW<sub>10</sub>]이며, 일사량에 따른 발전량 변화를 확인하기 위해 표 1에 제시된 서울 지역의 7월 일일 일사량이 사용되었다.

표 2 모의 태양광 셀 사양

Table 2 Specification of the PV cell simulated

Parameter	Value
Maximum power( $P_{max,e}$ )	200.143[W]
Open circuit voltage( $V_{oc}$ )	32.9[V]
Maximum power point voltage( $V_{mp}$ )	26.3[V]
Short circuit current( $I_{sc}$ )	8.21[A]
Maximum power point current( $I_{mp}$ )	7.61[A]

표 3 모델의 출력 및 데이터시트와의 비교

Table 3 Output of the model and comparison with datasheet

파라미터	$I_{sc}$ [A]	$V_{oc}$ [V]	$I_{mp}$ [A]	$V_{mp}$ [V]	$P_{mp}$ [W]
Data sheet	8.21	32.9	7.61	26.30	200.143
Model output	8.21	32.9	7.67	26.11	200.260
Error [%]	0	0	0.78	0.72	0.06

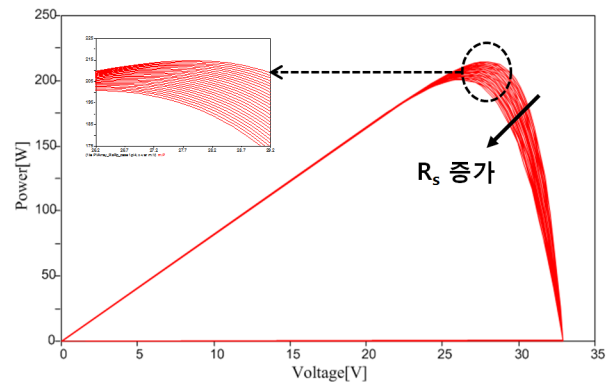
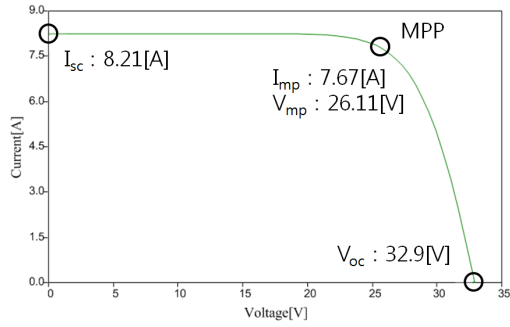


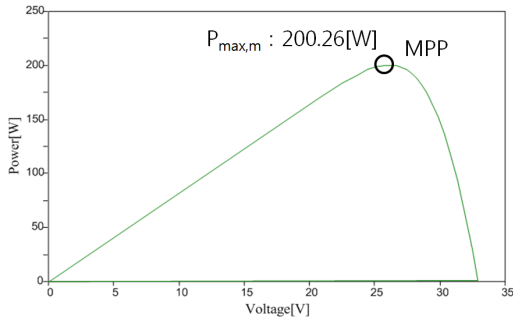
그림 9  $R_s$ 에 따른 P-V 곡선의 변화

Fig. 9 Change in P-V curve according to  $R_s$

모의 태양광 셀은 상업용 제품 KC200GT(25°C, 1000W/m<sup>2</sup>)로 표 2에 데이터시트가 제공되며, 해당 셀의 직, 병렬 저항값은 그림 9에 나타난 과정을 통해 각각  $R_s=0.265[\Omega]$  및  $R_p=63.176$



(a) I-V curve



(b) P-V curve

그림 10 태양광 셀 모델의 특성 곡선

Fig. 10 Characteristic curve of PV cell model

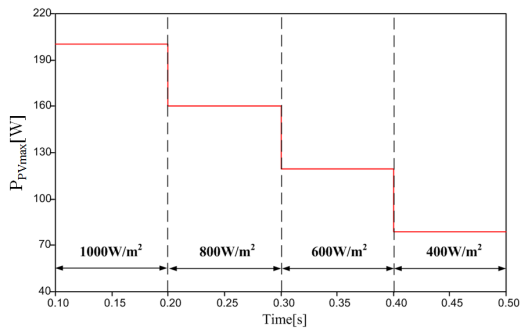


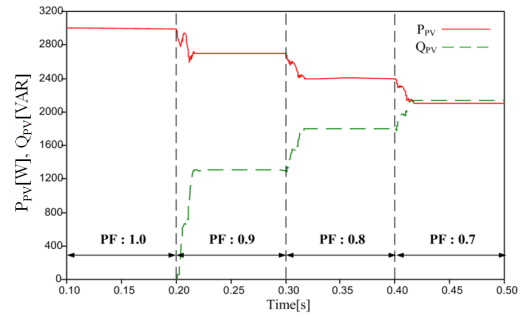
그림 11 일사량 변화에 따른  $P_{PVmax}$ 의 변화

Fig. 11 Change in  $P_{PVmax}$  according to amount of irradiation

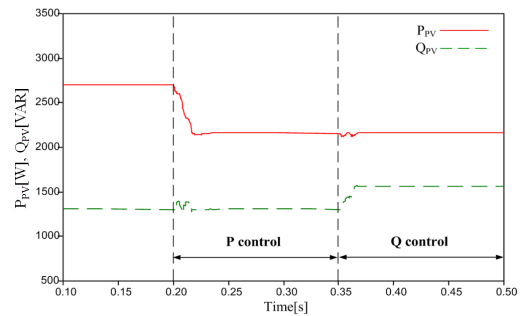
[Ω]으로 도출되었다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 10은 태양광 셀 모델의 I-V 및 P-V 특성 곡선을 나타내며, 주목할 만한 지점들( $P_{max,m}$  등)이 그래프 상에 표시되어 있다. 그림 10의 각 지점들은 표 3에 명시되어 있으며, 데이터시트에서 제공하는 값과의 오차율을 통해 태양광 셀 모델의 정확성을 확인할 수 있다. 모델의 최대전력점이 데이터시트와 약간의 오차를 보이는 이유는 그림 2의 순서도에 나타난 증분량  $\epsilon$ 의 영향으



(a) 역률 제어



(b) P, Q 제어

그림 12 인버터 제어 결과

Fig. 12 Result of inverter control

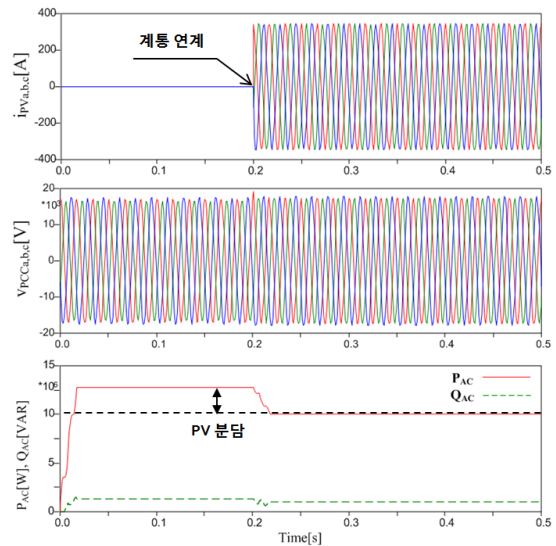


그림 13 모델의 배전계통 연계 결과

Fig. 13 Result of interconnection of model with distribution system

로 인함이며, 증분량을 0에 가깝게 할수록 계산 시간은 증가하지만 오차율은 감소한다.

그림 11은 일사량 변화에 따른 태양광 셀의 출력 변화를 나타내

며, 일사량 감소에 따른 셀의 출력 감소를 잘 나타내고 있다. 따라서 일사량의 감소는 인버터로 입력되는  $P_{PVmax}$ 의 감소를 야기하며, 이에 따라 적은 일사량에서의 인버터 출력 전류의 크기 또한 작은 값으로 제한될 것이라는 것을 유추할 수 있다. 그림 12는 인버터의 역률 및 P, Q 제어 성능을 나타낸다. 그림 12를 통해 알 수 있듯이, 모델링 된 인버터는 원하는 역률 및 P, Q 제어가 가능하기 때문에 분산전원의 예비력 확보(P 제어) 및 전압 조정(P, Q, 역률 제어) 등이 요구될 경우 인버터 제어를 통해 적절한 대응이 가능하다.

그림 13은 0.2[s]에 모델링 된 태양광 발전 시스템을 22.9kV 모의 배전계통에 연계한 결과를 나타낸다. 그림 13에 나타난 결과를 통해 알 수 있듯이, 계통 연계 순간 인버터는 운전 역률 및 요구되는 P, Q값에 부합하는 3상 정현파 전류를 출력하여 계통 측으로 내보낸다. 연계점 전압  $V_{PCC}$ 는 연계 시 잠깐의 과도현상을 가지지만 짧은 시간 이내에 정상상태로 복귀하며, AC 계통에서 연계 이전에 분담하던 전력  $P_{AC}$  및  $Q_{AC}$ 는 태양광 발전 시스템의 계통 연계 이후 태양광 출력에 해당하는 전력만큼 감소하여 태양광 발전 시스템의 전력 분담 및 정상적인 계통 연계를 확인할 수 있다.

그림 14는 여름철 일일 부하 프로파일 적용 시 태양광 발전 시스템 모델의 연계에 따른 부하 프로파일의 변화를 나타내며, 결과과정의 0.1초는 1시간에 해당하므로 총 24시간 동안의 부하 변화를 확인할 수 있다. 태양광 발전량은 표 1에서 제시된 일사량 데이터에 따라 주간에 큰 발전량을 가지는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 태양광 발전 시스템 연계 시 주간 시간대의 부하 분담이 크게 발생하는 것을 확인할 수 있다.

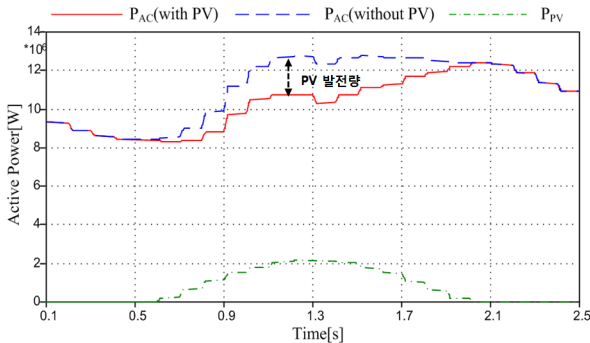


그림 14 태양광 발전 연계에 따른 일일 부하 프로파일  
 Fig. 14 Daily load profile according to interconnection of PV

앞서 제시된 다양한 시뮬레이션 결과들로부터 확인할 수 있듯이, 본 논문에서 제시된 인버터는 태양광 발전 용량 내에서 자유로운 역률 및 P, Q 제어가 가능하다. 따라서 이 모델은 추후 배전계통의 부하율 개선 및 전압변동 저감 알고리즘 등에 관한 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 직, 병렬 저항을 고려한 실제적인 태양광 셀 및 제어 가능한 전류원 기반의 인버터로 구성된 태양광 발전 시스템을 제시하였다. EMTP 내의 사용자 정의 모델 구현 기능인 MODELS를 이용하여 직, 병렬 저항값 도출을 위한 fitting 방식과 인버터의 역률 및 P, Q 제어 방식을 구현하였으며, 실제 국내 배전계통의 데이터를 이용한 모의 계통에서 다양한 조건에 따른 시뮬레이션을 수행함으로써 제시된 모델의 성능을 검증하였다.

제시된 모델은 분산전원이 연계된 계통에서 발생 가능한 전압 변동과 같은 정상상태 해석에 매우 적합하며, 전압변동 문제 해소를 위한 인버터 제어 방식 개발 등과 같은 연구에 기초 연구 결과로 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

### 감사의 글

이 성과는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2015R1A2A1A10052459).

### References

- [1] A National Code of Practice for Embedded Generation- Consultation Paper, PB Associates, Derbyshire, U.K., Feb. 2006.
- [2] A. D. T. Le, K. M. Muttaqi, M. Negnevitsky, and G. Ledwich, "Applying protection principles for controlling distributed generation," Australian J. Elect. Electron. Eng., vol. 4, no. 3, pp. 249-254, 2008.
- [3] N. D. Hatziargyriou and A. P. S. Meliopoulos, "Distributed energy sources: Technical challenges," in Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting 2002, 2002, vol. 2, pp. 1017-1022.
- [4] J. A. P. Lopes, "Integration of dispersed generation on distribution network-impact studies," in Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting 2002, 2002, vol. 1, pp. 323-328.
- [5] H. S. Rauschenbach, Solar Cell Array Design Handbook. New York: Van Nostrand Reinhold, 1980
- [6] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, E. R. Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 24, no. 5, May 2009.
- [7] E. Muljadi, M. Singh, V. Gevorgian, "User Guide for PV Dynamic Model Simulation Written on PSCAD Platform", National Renewable Energy Laboratory Technical Report TP-5D00-62053, Nov 2014.

저 자 소 개



오 윤 식 (Yun-Sik Oh)

1987년 7월 10일생. 2011년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2013년 성균관대 정보통신대학 졸업(석사). 2013년~현재 동 대학원 정보통신대학 박사과정  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : fivebal2@naver.com



조 규 정 (Gyu-Jung Cho)

1986년 12월 20일생. 2012년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2014년 성균관대 정보통신대학 졸업(석사). 2014년~현재 동 대학원 정보통신대학 박사과정  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : thug1220@naver.com



김 민 성 (Min-Sung Kim)

1991년 5월 2일생. 2015년 명지대학교 전기공학과 졸업. 2015년~현재 성균관대학교 대학원 정보통신공학부 석박통합과정  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : lovelykiku25@naver.com



김 지 수 (Ji-Soo Kim)

1992년 6월 21일생. 2016년 성균관대학교 정보통신공학부 졸업. 2016년~현재 동 대학원 정보통신공학부 석박통합과정  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : kjs7107@naver.com



강 성 범 (Sung-Bum Kang)

1988년 5월 1일생. 2011년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2013년 성균관대 정보통신대학 졸업(석사).  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : trueksb@nate.com



김 철 환 (Chul-Hwan Kim)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 성균관대 정보통신대학 교수, 전력IT인력양성센터 센터장  
Tel : 031-290-7124  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : hmwkim@hanmail.net



이 유 진 (You-Jin Lee)

1983년 4월 25일생. 2007년 성균관대학교 정보통신공학부 졸업. 2009년 동 대학원 정보통신공학부 졸업(석사). 2011년 현재 동 대학원 정보통신공학부 박사과정 수료. 2010년~현재 한국전력공사 전력연구원 선임보연연구원 근무  
Tel : 042-865-5835  
Fax : 042-865-5829  
E-mail : youjin.lee@kepco.co.kr



고 윤 태 (Yun-Tae Ko)

1982년 11월 11일생. 2008년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2010년 성균관대 정보통신대학 졸업(석사). 2010년~현재 코닝정밀소재 근무  
Tel : 031-290-7166  
Fax : 031-299-4137  
E-mail : hmm100@nate.com