

## 계통연계형 태양광발전시스템의 배전계통에 미치는 영향

정영석<sup>o</sup>, 강기환, 유권종, 송진수  
한국에너지기술연구소

## Study for Influence of grid-connected PV System on The Distribution System

Jung Young-seok<sup>o</sup>, Kang Gi-hawn, Yu Gwon-jong, Song Jin-soo  
Korea Institute of Energy Research

### Abstract

In recent years, for the viewpoint of environment and electric power demand for stable secure, new energy such as photovoltaic system(PV) become increasingly popular. In case of interconnecting PV to the commercial electric company, two problems will occur when operating in isolation with the other general consumers. One is doing harm to the power quality. And the other is the security problem caused by charching a part of commercial system line that has to be no voltage. In this paper, a simple modelling of distribution system and grid-connected PV system and simulation result were proposed.

### 1. 서론

최근 지구환경문제 및 에너지 안정공급확보라는 관점에서 태양광발전시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. 배전망이 비교적 안정적인 우리나라에 있어서는 수 kW정도의 소규모 연계형 PV시스템을 기존의 상용전력계통에 연계하는 형태로 도입될 것으로 예상된다. 그렇지만 이와 같은 양방향조류의 계통연계형 PV시스템이 확대 보급될 경우 배전계통의 전압변동이나 전압왜율이 발생한다는 것이 문제점으로 지적되고 있다.

본 논문에서는 계통연계형 PV시스템 및 배전계통을 간략화한 모델로 표현하여 소규모의 PV시스

템이 배전계통에 연계되어 고조파를 포함한 그 출력을 배전계통에 역조류 시킨 경우의 영향에 대하여 검토하였다.

### 2. PV시스템 및 배전계통의 모델링

그림 1에 계통연계형 태양광발전시스템의 기본 구성을 나타내고 있다. 또한 그림 2에 본 연구의 검토에 이용한 모델을 나타내고 있다. 22.9kV 배전선을 무한대의 모선으로 하고 PV시스템을 이용한 각 임피던스의 값을 아래에 나타낸다.

주상변압기 (20kVA) :  $Z_T = R_T + j\omega L_T$

$R_T = 8.7 (m\Omega), L_T = 2.3 \times 10^{-2} (mH)$

배전선 (22.9kV) :  $Z_{L1} = R_{L1} + j\omega L_{L1}$

$R_{L1} = 0.8 (\Omega/km), L_{L1} = 1 (mH/km)$

배전선 (220V) :  $Z_{L2} = R_{L2} + j\omega L_{L2}$

$R_{L2} = 0.8 (\Omega/km), L_{L2} = 1 (mH/km)$

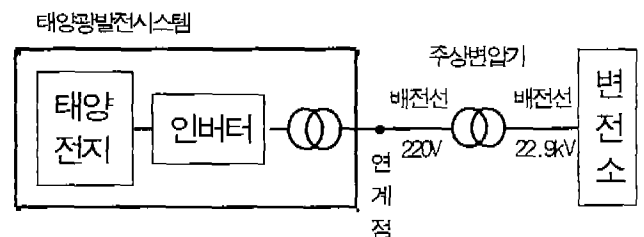


그림 1. 계통연계형 태양광발전시스템의 기본구성

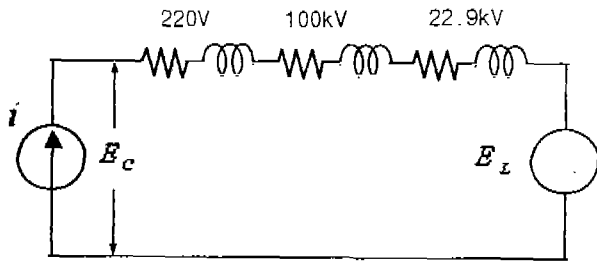


그림 2. 등가회로 모델링

### 3. 전압변동에 관한 검토

그림 2의 모델에서, 연계점전압에 대해서 다음식이 성립한다.

$$E_L = L \frac{di}{dt} + iR + E_C \quad (1)$$

여기서,  $i = I_m \sin(\omega t + \theta)$ ,  $\theta = \tan^{-1} \left( \frac{I_{react}}{I_{ac}} \right)$

식 (1)을  $E_C$ 에 대하여 정리하면,

$$E_C = E_L - I_m [\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \sin(\omega t + \theta + \phi)] \quad (2)$$

여기서,  $E_L = E_m \sin \omega t$ ,  $\phi = \tan^{-1} \left( \frac{\omega L}{R} \right)$

그림 3의 PV시스템이 역률 1로 운전되어 연계점-주상변압기간 거리를 변화시킨 경우의 출력전력과 연계점의 전압상승률의 관계를 나타내고 있다. 이 그림으로부터 주상변압기 바로 아래에 연계된 경우, 전압상승률 2%미만으로 작아 문제가 없을 것으로 사려된다. 또 연계점-주상변압기간 거리가 멀어짐에 따라 전압상승률이 크게 되기 때문에 역률 1로 연계하는 경우에는 연계점-주상변압기간 거리에 따라서 연계용량에 제한을 설정할 필요가 있다고 생각된다.

그림 4에 PV시스템이 주상변압기에서 20m의 지점에 연계된 PV시스템의 출력전압을 변화시킨 경우의 연계점전압에 대한 출력전류의 위상  $\theta$  와 연계점의 전압상승률의 관계를 나타낸다. 여기서, 연계점-주상변압기간 거리는 20m이다. 이 그림으로부터 태양광발전시스템측의 출력전류 위상 조정만으로 전압변동을 억제하기 위해서는 연계점 전압에 대한 출력전류의 위상을 72~74° 정도 전상으로 할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

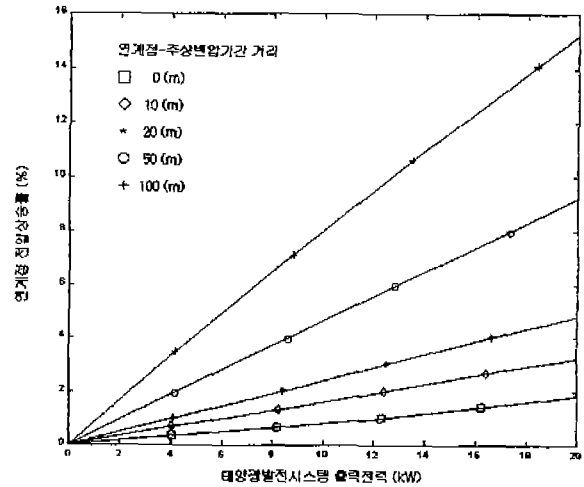


그림 3. 출력전력과 전압상승률의 관계

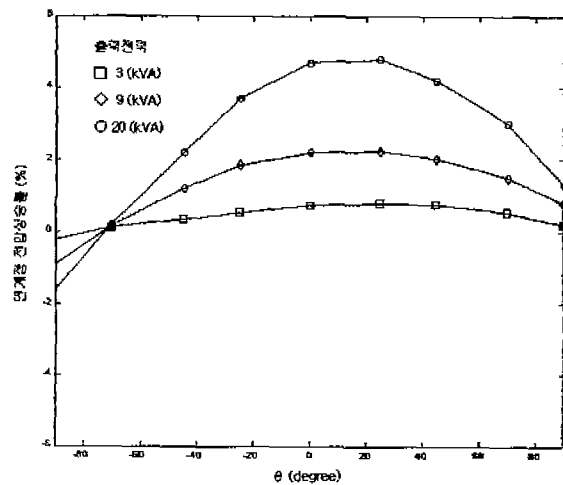


그림 4. 출력전류의 위상과 전압상승률의 관계

### 4. 고조파의 영향에 관한 검토

그림 2의 모델로부터 연계점에 발생하는 고조파 전압에 대하여 다음식이 성립된다.

$$E_{Ck} = E_{Lk} - I_m [\sqrt{R^2 + \omega_k^2 L^2} \sin(\omega_k t + \theta + \phi)] \quad (3)$$

그림 5에 태양광발전시스템이 주상변압기 바로 앞에 연계되어 역률 1에서 운전된 경우의 PV시스템의 출력전류왜율(기본파전류 30A)과 연계점의 전

류왜율의 관계를 나타내고 있다. 이 그림으로부터 저차고조파의 영향은 크지 않은 것으로 생각된다..

## 참고문헌

- [1] K. Harada, K. Murata, "On the automatic interconnection between solar cell and ac power source, INTELEC'84, pp.259~262, 1984.
- [2] 유권종 외, "전력 Peak 절감을 위한 실규모 배전 계통형 태양광발전 시스템의 실증실험 연구 (II)", 통산산업부 년차보고서, 1997
- [3] 유권종 외, "양방향성 PWM컨버터를 이용한 가정용 태양광 에어컨 시스템에 관한 연구", 대한전기학회논문지, 45권 3호, pp.358~364, 1996
- [4] F. Harashima, "Microprocessor-controlled SIT inverter for Solar Energy System", IEEE IECON'85 Conference Records, pp.643~648, 1985
- [5] Jhon E. Quicoe, "A Single-Phase Voltage-Source Utility Interface System for Weak AC Network Applications", IEEE Trans., pp.93~99, 1994

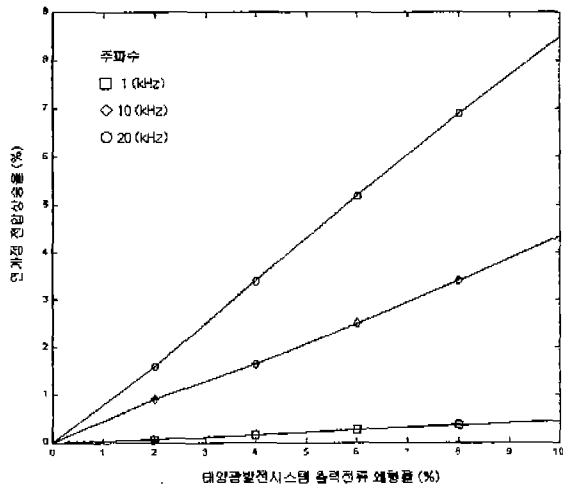
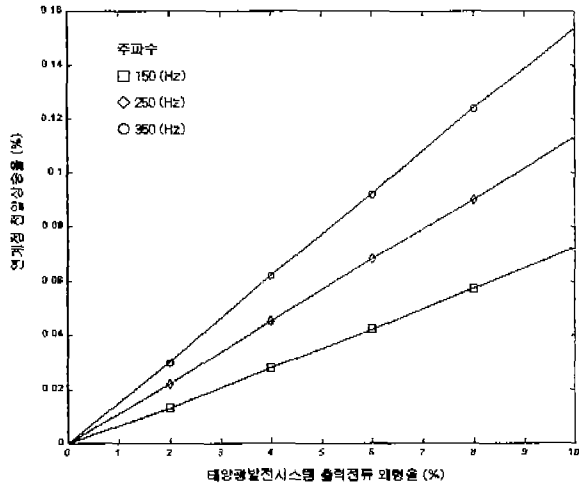


그림 5. 출력전류에 미치는 고조파 영향

## 5. 결론

본 논문에서는 소규모의 계통연계형 PV시스템 및 배전계통을 간략화한 모델로 표현하여 고조파를 포함한 그 출력을 배전계통에 역조류 시킨 경우의 영향에 대하여 검토하였으며 차후 실시시스템을 구축하여 실험 보완할 예정이다.