

고주파링크 방식의 계통연계형 태양광발전시스템

정영석<sup>υ</sup>, 유권종, 이수홍\*  
한국에너지기술연구소, \*(주)삼성 SDI

High frequency Linked Grid-Connected PV System for Residential Use

Y.S. Jung<sup>υ</sup>, G.J. Yu, S.H. Lee\*  
Korea Institute of Energy Research, \*Samsung SDI

**Abstract** - An investigation into power conditions that interface with photovoltaic array and utilities has been completed. The rating for this investigation is residential system(3-5kW) that interface with a 220V single phase utility connection. As the result of this investigation, a 3kW high frequency PWM IGBT inverter feeding a high frequency isolation transformer with a sinusoidal current wave was selected. The output of the transformer rectified with a diode bridge rectifier, four IGBT, used as 60Hz switched, reverse the polarity of the rectified current on every other half cycle of the utility voltage. Even though the high frequency link system used more power semiconductors, a net size, weight, and parts cost saving result compared to the other systems due to elimination of 60Hz transformer.

1. 서 론

현재 국내외에서 개발되어 사용되고 있는 계통연계형 인버터의 종류는 크게 저주파 절연변압기형(60Hz), 고주파 링크형, 절연변압기가 없는 형(Transformerless)으로 구분된다. 절연변압기가 없는 형은 계통과 전기적으로 절연이 되지 않기 때문에 안정성을 확보하기 위하여 제어가 복잡하고 부가적인 보호회로를 필요로 하는 단점이 있다. 반면에 고주파링크형은 보다 많은 파워 스위치 소자를 사용하는 단점이 있지만, 저주파 절연변압기를 사용하지 않음으로써 고효율화, 소형경량화, 전체 시스템 가격의 저가화가 가능하다는 장점이 있다 [1-3].

본 논문은 계통연계형 인버터의 개발에 적용할 고주파 링크 방식의 토폴로지와 태양전지의 모델링에 대하여 소개하고, 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제안한 시스템의 타당성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 태양전지 어레이의 모델링 및 시뮬레이션

태양전지에서 발생하는 전압과 전류의 관계는 매우 비선형 특성을 갖기 때문에, 보다 정확한 시스템 특성의 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 태양전지 어레이의 모델링이 선행되어야 한다. 본 절에서는 태양전지 어레이의 모델링을 이용하여 ACSL로 구현하였고, 시뮬레이션 결과를 통하여 유효성을 보였다.

태양전지 어레이의 I-V 특성곡선을 얻기 위한 수식은 다음 식 (3)~(6)과 같이 표현된다.<sup>5)</sup>

$$I_D = (I_{sc}S_N + I_r(T_c - T_r))N_p \quad (1)$$

$$I_D = \left\{ I_0 \left[ e^{\frac{qV_L}{AKTN_i}} - 1 \right] \right\} N_p \quad (2)$$

$$I_0 = I_{or} \left[ \frac{T_c}{T_r} \right]^3 e^{\frac{qE_g}{Bk} \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right)} \quad (3)$$

시뮬레이션에서 적용한 태양전지 어레이는 3kW를 적용하기 위하여 60Wp 패널을 15 직렬, 4 병렬로 연결하는 것을 가정하였다. 그림 1은 태양전지 어레이의 P-V, I-V특성의 시뮬레이션 결과 파형을 나타낸다.

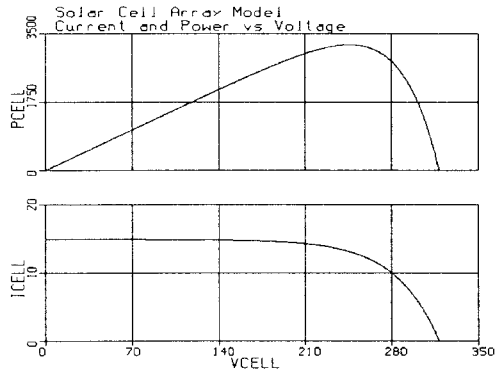


그림 1 태양전지 어레이의 P-V, I-V 특성곡선 (3kW, S=1000 W/m<sup>2</sup>)

2.2 주택용 계통연계형 태양광발전시스템

본 논문에서는 주택용 계통연계형 3kW급 인버터 개발을 위하여 앞에서 언급한 바와 같은 장점을 가지는 고주파링크 방식의 토폴로지를 선정하였다. 본 절에서는 태양전지 어레이와 고주파링크 시스템의 특성의 시뮬레이션 결과를 제시한다.

2.2.1 고주파링크 방식의 태양광발전시스템

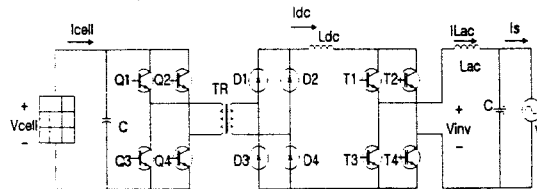


그림 2 고주파링크 방식의 연계형 인버터 토폴로지

고주파링크 방식의 태양광발전시스템의 토폴로지를 그림 2에 나타내고 있다. 고주파링크 시스템은 태양전지 어레이와 단상 풀브리지 고주파 인버터, 고주파 변압기, 단상 풀브리지 다이오드 정류기, DC 리액터, 단상 풀브리지 저주파 인버터, 교류 LC필터로 구성된다. 단상 풀

브리지 IGBT 고주파 인버터는 태양전지 어레이의 DC 전압을 10~20kHz의 AC 전압으로 변환하여 고주파 변압기인 T1에 인가한다. 또한 고주파 인버터의 스위칭을 적절히 제어함으로써, T1의 출력전류의 크기를 PWM 패턴으로 제어하여, 고주파 변압기의 포화를 방지한다. T1의 이차측 고주파 전압은 다이오드 정류기 D1-D4를 통하여 정류되고, 이것은 다시 고주파 인덕터인 L<sub>DC</sub>에 반파 정현파의 전류 I<sub>LDC</sub>가 인가된다. 그 후의 저주파 인버터 T1-T4는 계통전압과 동상의 전파 정현파로 변환하여 계통에 공급한다.

### 2.2.2 고주파링크형 인버터의 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 연계형 인버터의 시뮬레이션은 ACSL를 사용하였다. 그림 3은 태양전지 어레이의 전압(V<sub>cell</sub>)과 전류(I<sub>cell</sub>) 파형을 나타내고 있다. 그림 4은 고주파 PWM 인버터의 출력, 즉 고주파 변압기 TR의 1차측 입력전압(V<sub>trin</sub>)과 입력전류(I<sub>trin</sub>)를 나타낸다.

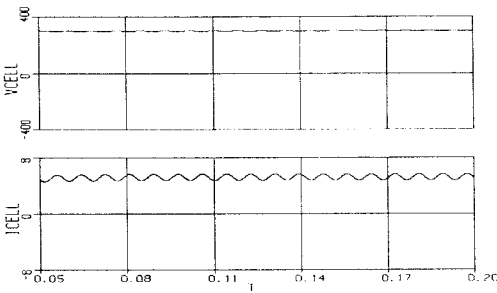


그림 3 태양전지 어레이의 전압(V<sub>cell</sub>), 전류(I<sub>cell</sub>) 파형

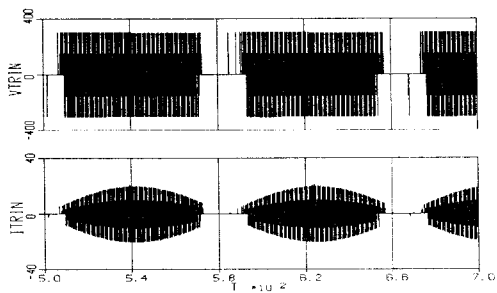


그림 4 고주파변압기의 1차측 입력전압(V<sub>trin</sub>), 전류(I<sub>trin</sub>)

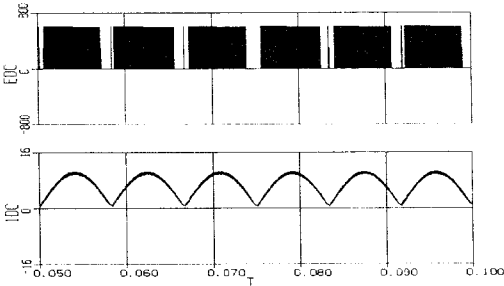


그림 5 고주파변압기의 1차측 입력전압(V<sub>trin</sub>), 전류(I<sub>trin</sub>)

그림 5는 다이오드 정류기의 출력, 즉 dc리액터의 입력 전압(E<sub>dc</sub>), 전류(I<sub>dc</sub>) 파형을 나타내고 있다. 그림 6은 dc리액터의 출력전압(V<sub>inv</sub>), 전류(I<sub>dc</sub>) 파형을 나타내고 있다. 그림 7은 계통전압 V<sub>s</sub>와 계통에 유입되는 인버터 출력전류 I<sub>s</sub>의 파형을 나타내고 있으며, 계통전압에 대해 역률 1로 제어되고 있음을 알 수 있다.

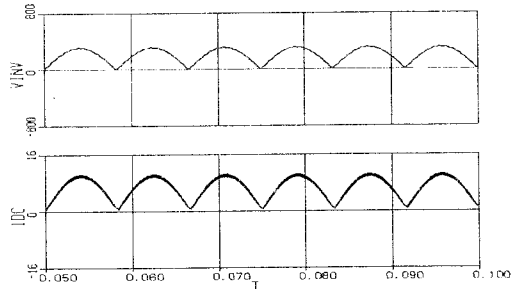


그림 6 dc리액터의 출력전압(V<sub>inv</sub>), 전류(I<sub>dc</sub>)

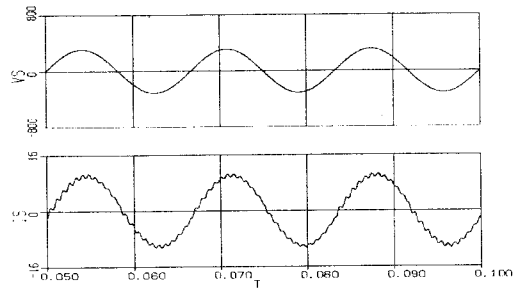


그림 7 계통전압(V<sub>s</sub>)과 유입전류(I<sub>s</sub>)

### 2.2.3 고주파링크형 인버터의 실험결과

그림 8은 본 논문에서 제시한 고주파링크방식의 연계형 계통 연계 인버터의 시제품 전경이다. 본 시스템의 사양은 다음 표 1과 같다.

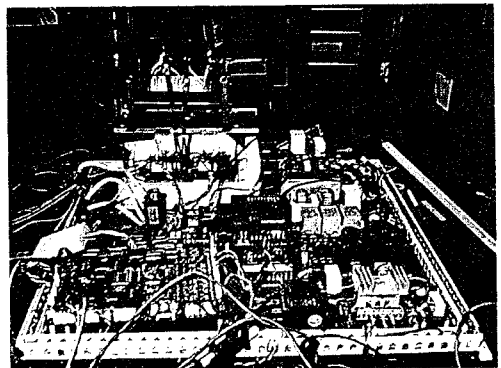


그림 8 고주파링크방식의 연계형 인버터 시제품

표 1 고주파링크 방식의 계통연계형 인버터 사양

전기방식	단상 2선식 계통연계형
용량	3kWp
절연방식	고주파 절연변압기
스위칭주파수	25kHz
제어계	전디지털제어(DSP)

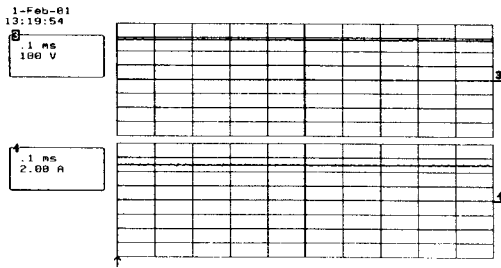


그림 9 태양전지 어레이의 전압( $V_{cell}$ ), 전류( $I_{cell}$ ) 파형

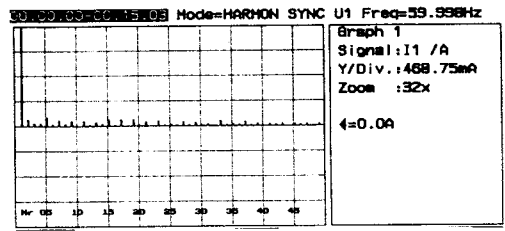


그림 14 계통 유입전류( $I_s$ )의 THD 분포도

그림 9~13는 시뮬레이션 결과와 일치하는 실험결과와 파형을 나타내고 있다. 그림 14는 계통전압( $V_s$ )과 유입전류( $I_s$ )의 THD분포도를 나타내고 있다. 계통 유입전류의 THD가 3.5% 미만으로 상용시스템의 성능지표를 만족하고 있다.

### 3. 결 론

본 논문은 고주파링크 방식의 계통연계형 태양광발전 시스템에 대하여 고찰하였으며, 태양전지 어레이 모델링의 유효성을 시뮬레이션을 통하여 입증하였고, 이를 시스템에 적용시킴으로써, 전체 시스템의 시뮬레이션을 구현하였다. 또한 실험을 통하여 시뮬레이션의 유효성을 보였으며, 본 시스템은 전부하시 3.5% 미만의 THD를 나타내고 있다. 차후 계통 시스템의 효율을 증가시키는 연구와 상용화를 위한 외함실장과 계통보호 기능에 대한 연구를 진행할 계획이다.

### (참 고 문 헌)

- [1] R.L. Steigerwald, A. Ferraro, F.G. Turnbull, "Application of Power Transistors to Residential and Intermediate Rating Photovoltaic Array Power Conditioners", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-19, pp. 254-267, March/April 1983.
- [2] V. John, N. Mohan, "Standby Power Supply with High Frequency Isolation", APEC'95, Conference Proceedings, pp.990-994, 1995.
- [3] S.K. Biswas, B. Biswarup, T.K. Basu, "A low distortion inverter without low frequency magnetics for UPS application", Power Electronics and Drive System, Conference Proceedings, vol. 1, pp. 347-352, 1995.
- [4] R. Katan, V. G. Agelidis, C. V. Nayar, "Pspice Modelling of Photovoltaic Arrays", International Journal Electrical Engineering Education, pp. 319-332, October 1995.
- [5] 정영석, 유권종, 이수홍, "고주파링크 방식을 이용한 계통연계형 태양광발전시스템", 2000년 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1050-1052.

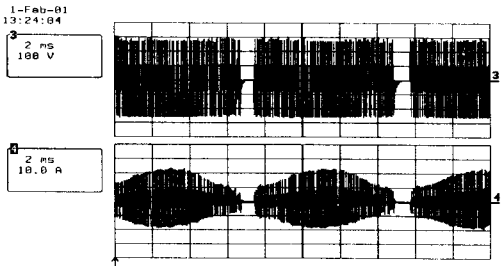


그림 10 고주파변압기의 1차측 입력전압( $V_{trin}$ ), 전류( $I_{trin}$ )

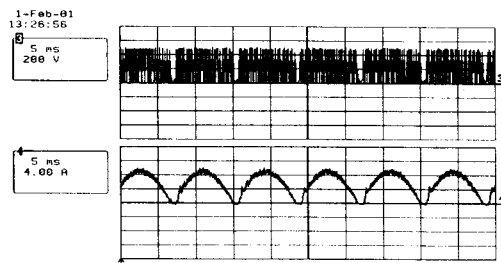


그림 11 고주파변압기의 1차측 입력전압( $V_{trin}$ ), 전류( $I_{trin}$ )

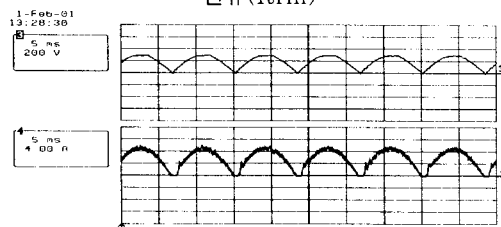


그림 12 dc리액터의 출력전압( $V_{inv}$ ), 전류( $I_{dc}$ )

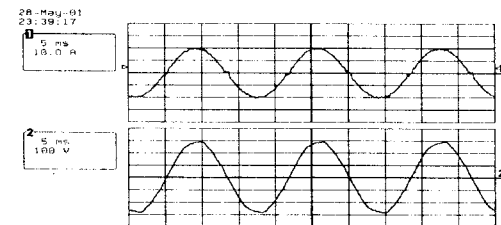


그림 13 계통전압( $V_s$ )과 유입전류( $I_s$ )