

계통연계형 태양광발전시스템을 위한 고주파 DC 링크 인버터

정영석, 유권종
한국에너지기술연구원

High-Frequency DC Link Inverter for Grid-connected PV System

Young-Seok Jung, Gwon-Jong Yu
Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

An investigation into power conditioners that interface with photovoltaic array and utilities has been completed. The rating for this investigation is residential system(3-5kVA) that interface with a 220V single phase utility connection. As the result of this investigation, a 3kVA 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(Transformer-less)으로 구분된다. 절연변압기가 없는 형은 계통과 전기적으로 절연이 되지 않기 때문에 안전성을 확보하기 위하여 제어기가 복잡하고 부가적인 보호회로를 필요로 하는 단점이 있다. 반면에 고주파링크형은 보다 많은 파워 스위치 소자를 사용하는 단점이 있지만, 계통선과 전기적으로 절연되어있기 때문에 안전성이 높으며, 저주파 절연변압기를 사용하지 않음으로써 고효율화, 소형경량화, 전체 시스템 가격의 저가화가 가능하다는 장점이 있다.^[1-3]

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

2. 본 론

2.1 계통연계형 태양광발전시스템 회로구성

본 논문에서는 주택용 계통연계형 3kW급 인버터 개발을 위하여 앞에서 언급한 바와 같은 장점을 가지는 고주파링크 방식의 토폴로지를 선정하였다. 그림 1은 출력 용량 3kVA의 계통연계형 인버터의 주회로구성을 나타내고 있다. 주회로 구성은 고주파 인버터에서 정현파 파형의 생성에 관련한 PWM제어를 하고, 상용주파수 인버터에서는 반파정현파를 계통전압과 동기시켜 전파정현파로 바꾸어 주는 제어를 하는 고주파링크 방식이다.

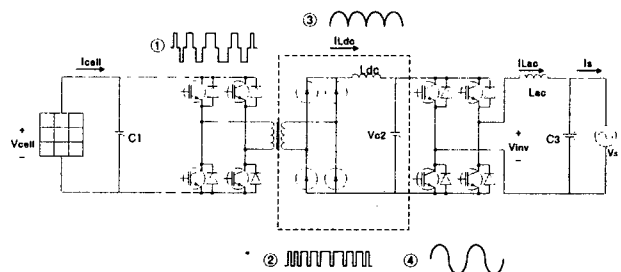


그림 1 계통연계형 태양광발전시스템의 회로 구성도

제안한 회로의 동작은 태양전지의 직류출력을 고주파 교류로 변환하여 고주파변압기를 통하여 승압한다. 고주파인버터는 변압기 1차측에 그림 1의 ①과 같은 고주파 교류가 여기되도록 스위칭 동작을 한다. 그 다음 변압기 2차측 출력이 bridge 다이오드 정류회로에 의해 정류되어 그림 1의 ②와 같은 연속된 PWM 펄스파형이 된다. 이 펄스파형을 DC리액터에 의해서 평활화되어 그림 1의 ③과 같은 반파정현파로 되고, 이것을 상용주파수 인버터에서 계통전압의 영교차점에서 동기시켜 뒤집는 제어를 통하여 그림 1의 ④와 같은 전파정현파형을 얻을 수 있다. 그림 2는 제안한 시스템의 제어블록도를 나타내고 있다.

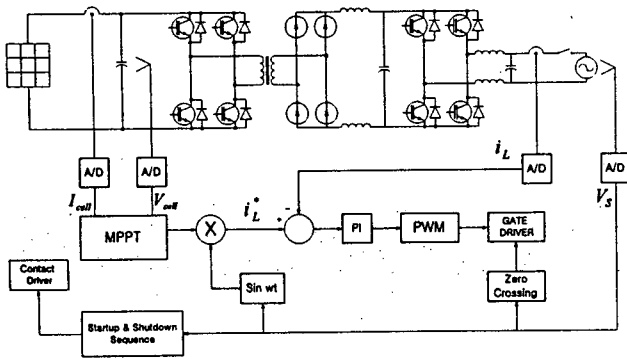


그림 2 제안한 시스템의 제어블록도

2.2 고주파링크형 인버터의 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 연계형 인버터의 시뮬레이션은 ACSL를 사용하였다. 그림 3은 태양전지 어레이의 전압(V_{cell})과 전류(I_{cell}) 파형을 나타내고 있다. 그림 4은 고주파 PWM 인버터의 출력, 즉 고주파 변압기 TR의 1차측 입력전압(V_{tr1n})과 입력전류(I_{tr1n})를 나타낸다.

그림 5는 다이오드 정류기의 출력, 즉 dc리액터의 입력전압(E_{dc}), 전류(I_{dc}) 파형을 나타내고 있다. 그림 6은 dc리액터의 출력전압(V_{inv}), 전류(I_{dc}) 파형을 나타내고 있다. 그림 7은 계통전압 V_s 와 계통에 유입되는 인버터 출력전류 I_s 의 파형을 나타내고 있으며, 계통전압에 대해 역률 1로 제어되고 있음을 알 수 있다.

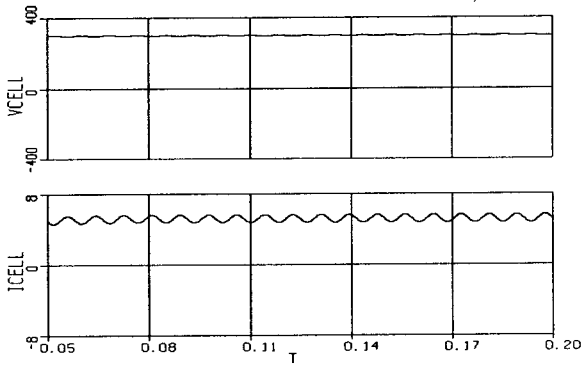


그림 3 태양전지 어레이의 전압(V_{cell}), 전류(I_{cell}) 파형

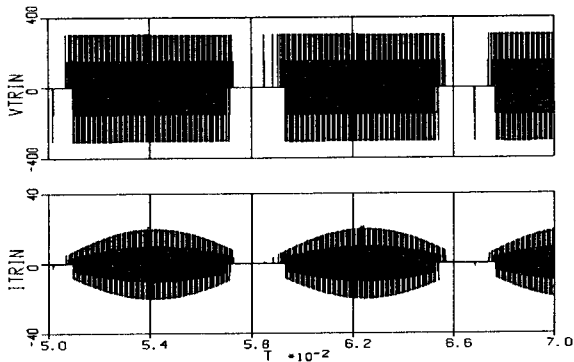


그림 4 고주파변압기의 1차측 입력전압(V_{tr1n}), 전류(I_{tr1n})

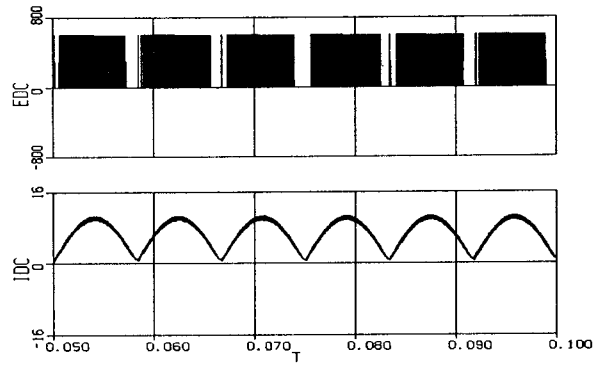


그림 5 고주파변압기의 1차측 입력전압(V_{tr1n}), 전류(I_{tr1n})

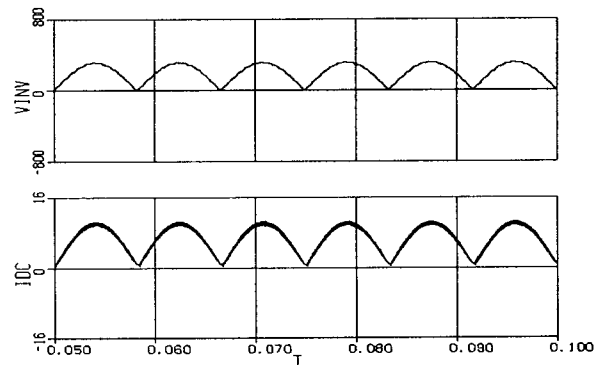


그림 6 dc리액터의 출력전압(V_{inv}), 전류(I_{dc})

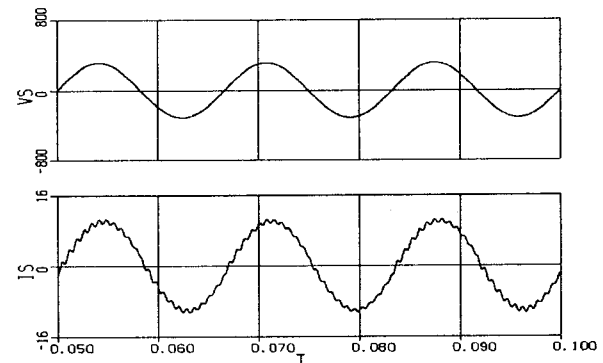


그림 7 계통전압(V_s)과 유입전류(I_s)

2.3 고주파링크형 인버터의 실험결과

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

표 1 고주파링크 방식의 계통연계형 인버터 사양

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

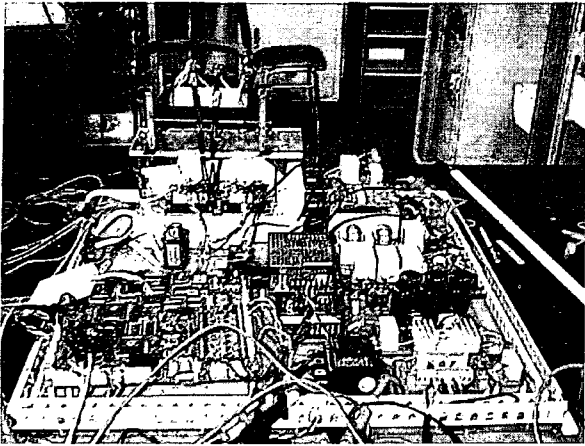


그림 8 고주파링크방식의 연계형 인버터 시제품

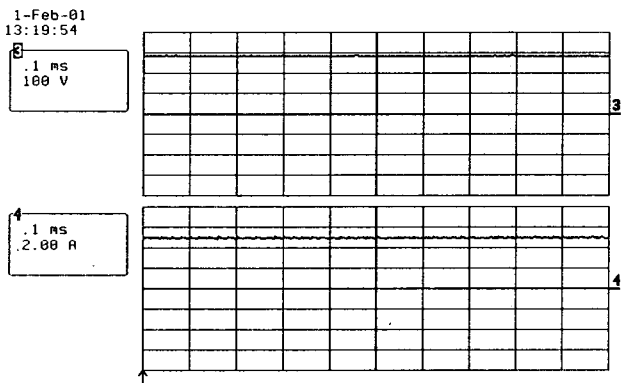


그림 9 태양전지 어레이의 전압(V_{cell}), 전류(I_{cell}) 파형

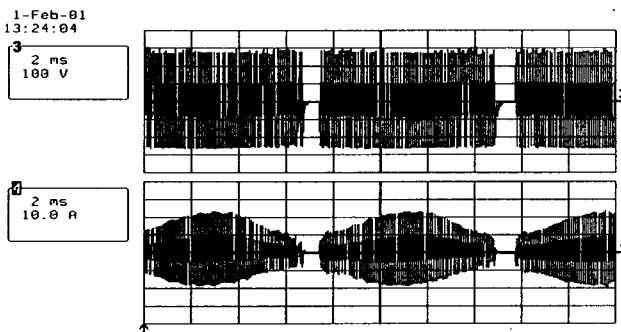


그림 10 고주파변압기의 1차측 입력전압(V_{trin}), 전류(I_{trin})

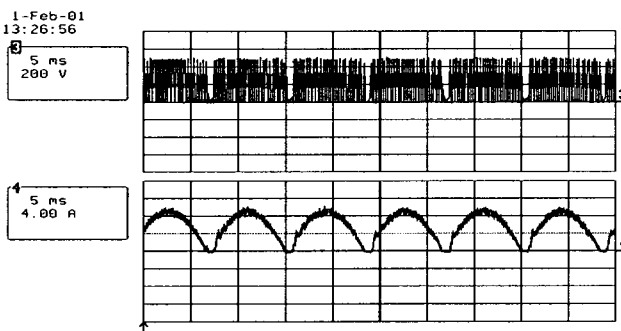


그림 11 고주파변압기의 1차측 입력전압(V_{trin}), 전류(I_{trin})

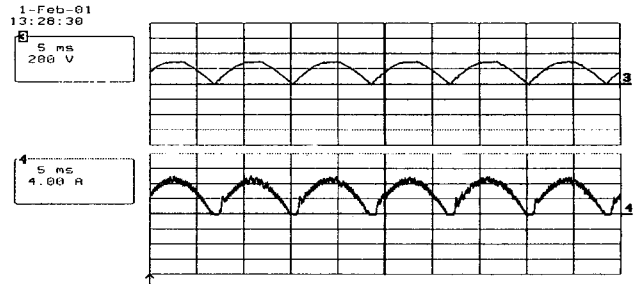


그림 12 dc리액터의 출력전압(V_{inv}), 전류(I_{dc})

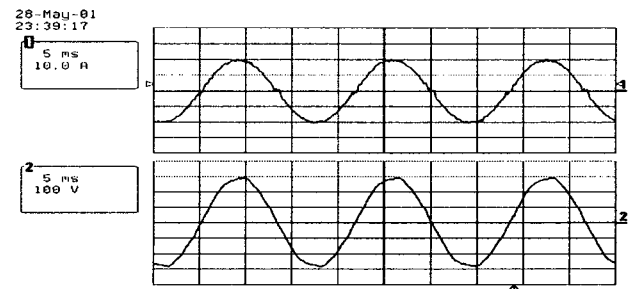


그림 13 계통전압(V_s)과 유입전류(I_s)

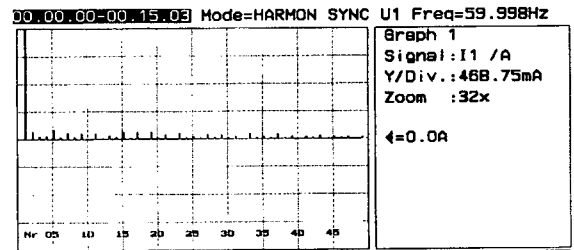


그림 14 계통 유입전류(I_s)의 THD 분포도

그림 9~13는 시뮬레이션 결과와 일치하는 실험결과의 파형을 나타내고 있다. 그림 14는 계통전압(V_s)와 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,