

3권선형 능동 전력 디커플링 기법을 적용한 플라이백 인버터의 입력 커패시턴스 분석

오민석*, 김규동*, 김준구*, 이태원**, 정용채***, 원충연*
성균관대학교*, 삼성전기**, 남서울대학교***

Input Capacitance Analysis of Three-port Flyback Inverter with Active Power Decoupling Circuit

Min Seuk oh*, Kyu Dong Kim*, Jun Gu Kim*, Tae Won Lee**, Yong Chae Jung***, Chung Yuen Won*

Sungkyunkwan University*, Samsung Electro-Mechanics**, Namseoul University***

ABSTRACT

In this paper, three port flyback inverter with Active Power Decoupling(APD) circuit is analyzed. Conventional flyback inverter with passive power decoupling circuit needs the electrolytic capacitor with large capacitance for decoupling between constant DC power and instantaneous AC power. However the electrolytic capacitor has low lifespan about 50000 to 100000 hours. So the active power decoupling techniques are applied to reduce input capacitance of flyback inverter. Thus the overall system can achieve smaller size and longer lifespan. Proposed three port flyback inverter is verified by design optimization, simulation and experimental result.

1. 서론

최근에 신재생 에너지에 대한 관심이 많아지고 있는데 그중에서 태양광 발전 시스템에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 태양광 발전 시스템은 태양전지에서 출력되는 전력을 전력 변환장치를 거쳐서 계통과 연계되는 구조로 되어있다. 태양광 발전 시스템은 발전효율이 높은 AC 모듈 방식이 적용되고 있지만 AC 모듈 시스템은 계통과 바로 연계되기 때문에 태양전지에서 출력되는 DC 입력과 계통의 순시전력간의 커플링 문제가 존재하게 된다. 이러한 커플링 문제를 해결하기 위하여 계통 연계형 AC 모듈 시스템은 에너지 저장소자인 커패시터를 이용하여 입력 단의 DC 전력과 계통의 순시전력을 디커플링 시켜준다.

기존의 회로는 수동 전력 디커플링 방식을 적용하기 때문에 DC 링크가 존재하지 않는 플라이백 타입의 전력변환장치는 입력 단의 커패시터가 디커플링을 수행하게 된다.^[1] 입력 단의 커패시터는 전력 디커플링을 수행을 하기 위해서 큰 용량의 전해 커패시터가 적용되는데 큰 용량의 전해커패시터는 수명이 짧기 때문에 태양광시스템의 전체 수명이 줄어들게 되므로 신뢰성 문제가 존재하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 입력 단 커패시턴스를 줄이고 큰 용량의 전해커패시터를 필름커패시터로 교체할 수 있는 능동 전력 디커플링 기법이 많은 연구가 이루어지고 있다.^[2] 본 논문에서는 능동 전력 디커플링 기법을 적용한 삼권선 방식의 플라이백 인버터를 제안하고 입력 단 커패시턴스를 분석하였다.

2. 제안하는 토폴로지의 입력 커패시턴스 비교

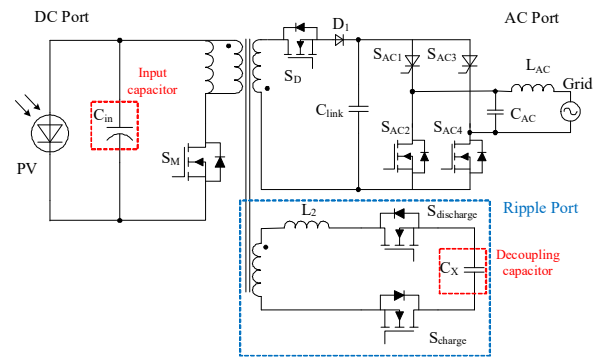


그림 1 제안된 3권선 플라이백 인버터
Fig. 1 Proposed three-port flyback inverter topology

A. 기존의 수동 전력 디커플링 기법

기존의 태양전지에 적용되는 단상 플라이백 인버터는 계통에 직접 연계되어 사용된다. 계통과 직접 연계되기 때문에 계통 주파수의 두 배에 해당하는 리플 전압이 입력 단 커패시터에 나타나게 된다. 이러한 리플 전압의 크기를 줄이기 위해 250[W]급 마이크로 인버터 입력 단에 11[mF]의 커패시터를 적용하였다. 이러한 방법을 수동 전력 디커플링이라고 한다. 디커플링을 수행하는 입력 단 커패시터는 식(1)을 통해 구할 수 있다. 식(1)에 의해, 입력 단 커패시터는 출력 전력, 입력 전압, 그리고 입력 단의 리플 전압에 의해 결정된다는 것을 알 수 있다.

$$C_{in} = \frac{P_{out}}{2\pi f_{ac} V_{in} \Delta V_{in}} \quad (1)$$

B. 제안된 능동 전력 디커플링 기법

제안된 3권선 플라이백 인버터는 능동 전력 디커플링 기법을 사용하여 입력 단에 낮은 리플 전압을 가진다. 왜냐하면 리플 포트의 디커플링 커패시터에서 계통의 순시전력과 입력 단 직류전력의 디커플링을 수행하기 때문이다. 그렇기 때문에 입력 단의 커패시터에는 계통의 순시전력에 의한 두 배의 주파수 성분을 갖는 전압은 존재하지 않고 오직 주 스위치의 스위칭

주파수를 갖는 리플 전압을 갖는다. 제안된 회로의 입력 커패시턴스는 식(2)를 통해 구할 수 있다.

$$C_{in} = \frac{1}{\Delta V_{in}} \times (1 - D_{Sm}) T_s \times I_{PV} \quad (2)$$

제안된 회로의 입력 단 커패시터에 1.58[V] 크기의 리플 전압을 가지고 있을 때, 입력 단 커패시터의 커패시턴스 값은 55 [μ F]의 값을 갖는다. 하지만 기존의 회로는 동일한 크기의 리플 전압을 가지기 위해선 11[mF]의 커패시턴스 값이 필요하다.

본 논문에서는 제안된 회로의 원활한 MPPT 수행을 위해 입력 단 커패시턴스 값을 100[μ F]으로 사용하여 입력 단 리플 전압을 1[V] 이하로 설정하였다. 기존회로와 동일한 크기의 리플 전압 크기를 가져갈 경우, 작은 용량의 커패시터가 적용된다.

표 1 입력 커패시턴스 비교
Table 1 Comparison of input capacitance

입력단 리플전압	기존의 플라이백 인버터		제안된 플라이백 컨버터	
	항목	값	항목	값
1[V] 이상	C _{in}	11[mF]	C _{in}	55[μ F]
	ΔV_{in}	1.58[V]	ΔV_{in}	1.58[V]
1[V] 이하	C _{in}	20[mF]	C _{in}	100[μ F]
	ΔV_{in}	0.87[V]	ΔV_{in}	0.88[V]

3. 시뮬레이션

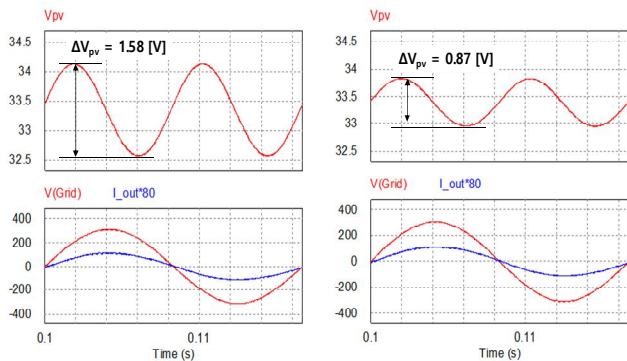


그림 2 기존 회로의 입력 단 전압파형
Fig. 2 Input voltage waveform of conventional circuit

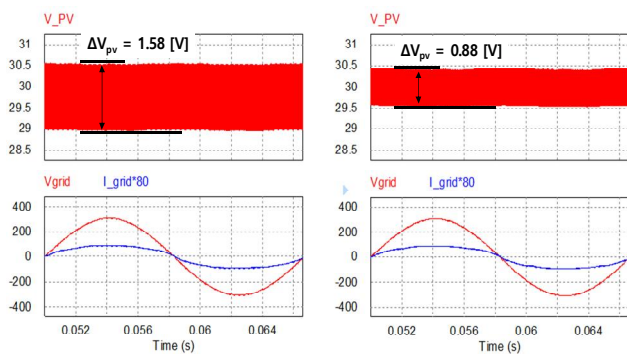


그림 3 제안된 회로의 입력 단 전압파형
Fig. 3 Input voltage waveform of proposed circuit

위의 제시된 커패시터의 계산식을 이용하여 기존의 회로와 제안된 회로의 입력 단의 리플 전압의 크기를 비교하였다. 그림 2는 기존 회로의 입력 단 커패시터 전압파형을 나타내고 있다. 기존 회로는 1[V]이하의 리플 전압을 가져가기 위해서 20[mF]의 큰 용량의 커패시터가 적용된 것을 알 수 있다. 그림 3은 제안된 회로의 입력 단 커패시터 전압파형을 나타내고 있고 제안된 회로는 55[μ F]의 작은 용량의 커패시터를 가지고 1[V]이하의 리플 전압이 나타나는 것을 볼 수 있다. 그림 2와 그림 3을 비교하였을 때, 제안된 회로는 기존의 회로보다 입력 단에 작은 커패시턴스를 가져가면서 입력 전압 리플의 크기가 같은 것을 확인할 수 있다.

4. 실험결과

식(2)를 통해 능동 전력 디커플링 회로에 적용되는 커패시턴스를 구하였고, 이를 실험을 통해 검증한 결과 입력 단 커패시터에 주 스위치의 스위칭 주파수만을 가지는 1[V]이하의 리플 전압을 확인했다.

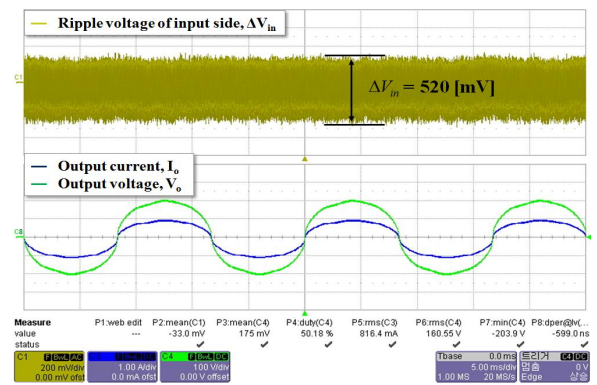


그림 4 제안된 플라이백 인버터의 입력 단 전압파형
Fig. 4 Input voltage waveform of proposed flyback inverter

5. 결론

3권선 방식의 능동 전력 디커플링 방식을 이용하여 기존의 사용하던 큰 용량의 전해 커패시터를 필름 커패시터로 교체하는 기법을 제안하였다. 이를 시뮬레이션과 실험을 통해 검증하였다.

이 논문은 삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] J.K. Park, Y.H. Kim, Y.H. Ji, Y.C. Jung, C.Y. Won, "A Novel Control Strategy of an Active Clamped Flyback Inverter with Synchronous Rectifier for a Photovoltaic AC Module System", Intern. Conf. on Power Elec. and ECCE Asia, pp. 401 405, May 30 June 3, 2011
- [2] P.T. Krein, R.S. Balog, "Cost Effective Hundred Year Life for Single Phase Inverters and Rectifiers in Solar and LED Lighting Applications Based on Minimum Capacitance Requirements and a Ripple Power Port", Applied Power Elec. Conf. and Expo.(APEC), pp. 620 625, Sept., 2009