

에너지 회생형 스너브를 이용한 리플 전압 억제기를 가지는 MIC (Module Integrated Converter)

김홍성, 장훈기, 윤여영
한빛EDS(주)

MIC with Ripple Voltage Compensator Using Regenerative Snubber

Hong Sung Kim, Hun Ki Chang, Yeo Young Yoon
HanbitEDS Co., ltd.

ABSTRACT

This study deals with a isolation type MIC (Module Integrated Converter) for AC module with advantages such as DC Wireless, freely selectable installation capacity, minimized shadow effect etc. In this paper, MIC circuit with the function which can remove the ripple voltage of PV module and give the discharging path for charged energy in leakage inductance of isolation transformer. The validity of proposed circuit is verified by the simulation with PSIM.

1. 서론

100~300[W]급 계통 연계형 태양광 발전 시스템은 태양전지 모듈 및 MIC (Module Integrated Converter)로 호칭되는 DC/AC 인버터 일체형으로 구성되는 사례가 많다.^{[1][2]} AC 모듈들은 직류측 배선이 필요없고, 낮은 직류 전압으로 인한 안전성, 그림자 효과 최소화 등의 장점을 가진다.

MIC에 대하여 요구되는 전력제어, 단독운전 방지, MPPT (Maximum Power Point Tracking) 등의 기능은 수[kW] 이상의 중앙 집중형 태양광 PCS와 동일하다. 모듈 인버터 일체화 및 소용량 모듈화를 통해 DC 배선 불필요, 설치용이, 그림자 효과 최소화 등의 장점이 발생한다.^{[1][2]} 소용량·일체형 시스템의 장점을 현실화하기 위해서는 높은 전력밀도, 25년 정도의 긴 품질 보증이 MIC에 대하여 요구 된다. MIC는 낮은 직류 전압을 승압하는 역할을 하는 DC/DC 컨버터부 및 승압된 DC를 AC로 변환하는 DC/AC 컨버터부로 구성되므로 전체적인 전력 변환 절차는 DC > DC > AC로 볼 수 있다. MIC의 DC/DC 컨버터로는 고 주파수 절연형 플라이백 컨버터회로가 주로 이용된다. 절연형 플라이백 컨버터는 주 스위치의 on 구간 동안 고주파수 변압기의 누설 인덕터에 충전된 에너지의 처리 (발열 또는 회생)는 MIC 효율과 연관된다. 그리고 플라이백 컨버터 입력 전압 (태양전지 모듈 출력 전압)에 나타나는 120[Hz] 리플 전압 성분에 의한 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 효율 저하를 막기 위해서는 리플 전압을 최소화 할 필요가 있다.^[3]

본 연구에서는 고주파 변압기의 누설 인덕터에 충전된 에너지를 처리하고 리플전압을 억제하기 위해 에너지 회생형 스너브 기능을 가지는 리플전압 보상기를 가지는 MIC 회로를 제안하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

2. 기존 시스템

2.1 수동 스너브 방식 및 기존 리플 전압 제거 방식

그림1은 저항, 커패시터, 다이오드로 구성되는 수동 스너브를 이용하는 플라이백 컨버터 기반 MIC의 전력회로 및 운전 방식을 나타낸다. DC/AC 변환기를 구성하는 스위치 S2, S3는 60[Hz] 주기로 스위칭 하며, DC/DC 변환기를 통해 스위칭 주기 T_s 동안 면적 증가로 정현파의 절대값 형태로 전달되는 전류(i_1)의 부호 변환을 통해 태양전지에 발전 되는 DC 전력을 AC 계통으로 발전 한다.

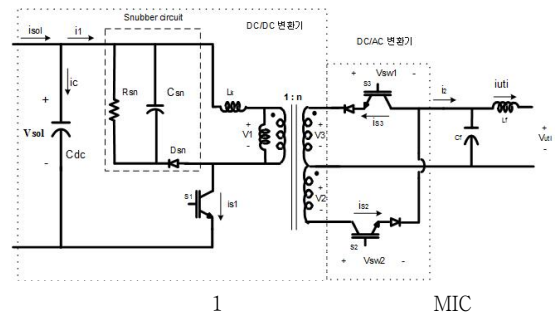


Fig.1 Flyback converter based MIC

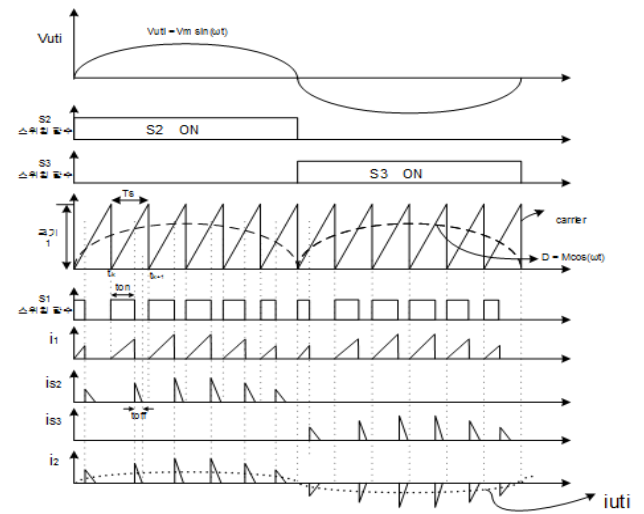


Fig. 2 operation waveforms

다음 식은 샘플링 구간이 짧아서 전압, 전류와 같은 변수들의 변화를 무시할 만 할 경우 전류 i_1 의 T_s 구간동안의 평균치를 나타내는데, 직류분외에 120[Hz] 성분이 발생함을 알 수 있다.

$$i_{1-avg}(T_s) = \frac{V_{sol}M^2T_s}{4L_m} - \frac{V_{sol}M^2T_s}{4L_m} \cos(2\omega t_k) \quad (1)$$

여기서 M : 변조 지수

L_m : 고주파 변압기 자화 인덕턴스

120[Hz] 전류는 태양전지 출력 전압 V_{sol} 에 리플을 발생 시키며 리플율 7[%] 정도에서 MPPT 효율이 1% 가량 저하 될 수 있다.^[4] 리플율을 낮추기 위해서는 직류단 커패시터 C_{dc} 의 커패시턴스를 크게 하여야 한다.

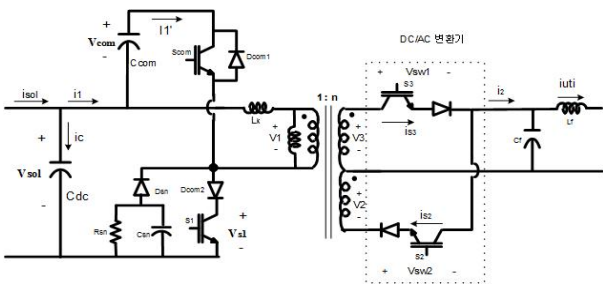


그림 3 리플전압 제거기능을 가지는 MIC
Fig.3 MIC with ripple voltage smoothing

그림3은 태양전지 단자전압에 나타나는 리플전압을 제거하기 위해 제안된 회로 및 운전 방식이다.^[3] 태양전지 출력전압 V_{sol} 에 나타나는 리플 전압을 보조 DC 전압 V_{com} 에 나타나게 하는 방식이다. 리플율은 낮출 수 있으나 DC/AC 측으로 에너지를 넘기기 위해 고주파 변압기를 두 번 여자 시켜야 되며, DC/AC변환기 스위치 S2, S3의 스위칭 주파수가 DC/DC 커버터 스위치 S1, Scom과 동일한 스위칭 주파수로 동작하므로 효율 감소원인이 발생하였다. 그리고 누설 인덕턴스에 충전된 에너지의 방전을 위해서는 여전히 수동 스너브를 필요로 하는 단점은 여전히 남아있다.

3. 제안 시스템 및 결과

그림4는 제안 시스템의 전력회로를 나타낸다. 전력회로 구성 개념은 그림1과 동일하나 태양전지 전압 V_{sol} 에 포함된 120[Hz] 성분의 맥동전압을 제거하기 위해 i_{com} 을 식1의 120[Hz] 성분 전류가 제거 되도록 제어한다. 그리고 스위치 S1 오프 순간 스너브용 다이오드(Dsn)를 이용하여 커패시터 C_{com} 이 누설 인덕턴스의 에너지 방전 경로만으로 이용 되도록 리플전압 보상기 직류단 커패시터의 전압 V_{com} 을 " $V_{sol} + (1.1 \times 310)/n$ " 이 되도록 제어한다.

그림5, 6은 그림1회로 및 제안회로(그림4)의 운전 결과를 보인다. 커패시터 C_{dc} 는 1500[μF]로 동일하며 제안회로에서 부스트 인덕터 L_{com} 은 150[μH] 스위칭 주파수는 20[kHz], 권선비 n은 11이며 태양전지 모듈의 출력은

100[W]이다. 그림5를 통해 기존회로의 리플율(44%)을 제안된 회로를 통해 3% 정도로 저감 시킬 수 있음을 알 수 있었다.

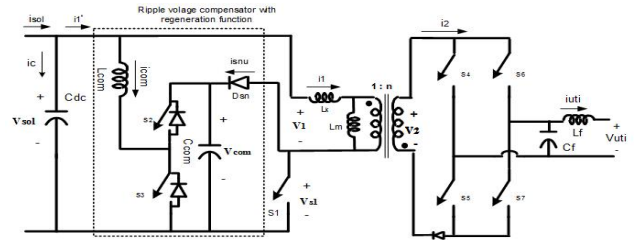


그림 4 제안된 MIC
Fig. 4 Proposed MIC

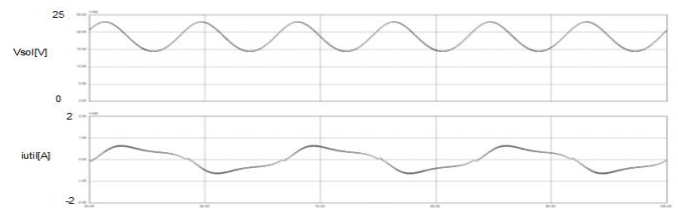


그림 5 그림 1회로 운전결과(리플율 : 44%)

Fig. 5 Operation results of MIC described in Fig.1

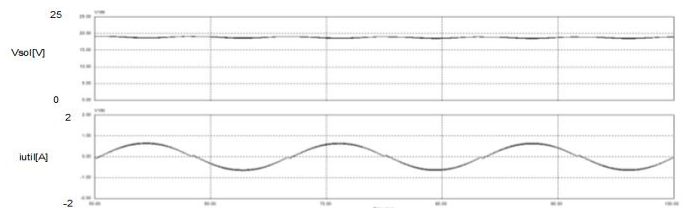


그림 6 제안 회로 운전결과(리플율 : 3%)

Fig. 5 Operation results of proposed MIC

4. 결론

본 연구에서는 회생 스너브 역할을 하는 리플 전압 보상기를 채용한 MIC 회로를 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방식의 타당성을 확인하였다.

이 논문은 산업통상부 에너지 기술개발 사업의 일환으로 진행 되었음(과제번호:2012T100201616)

참고 문헌

- [1] 일본 전력 중앙 연구소, "태양광 발전시스템 실용화 기술 개발", NEDO 위탁연구 보고서, 평성9년.
- [2] S.W.H. de Haan, H. Oldenkamp, E.J. Wildenbeest, "Test Results of A 130[W] AC Module; a modular solar ac power station, First WCPEC, 1994.
- [3] Toshihisa Shimizu, Keiji Wada, "Flyback Type Single Phase Utility Interactive Inverter with Power Pulsation Decoupling on the DC Input for an AC Photovoltaic Module System", IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 21, No. 5, Sep. 2006.
- [4] 김홍성 외, "충방전 제어를 이용한 독립형 태양광 발전 시스템의 제어기 설계", 전력전자 학술대회 논문집, 1998.