

계통연계형 모듈형 태양광 전력변환 장치 고 효율화

이승민*, 이우철
국립 한경대학교 전기공학과

High Efficiency of Grid-Connected Modular Photovoltaic Power Conversion Device

Seung min Lee*, Woo cheol Lee
HanKyung National University

ABSTRACT

이 논문에서는 Fly Back Converter로 Interleaving 동작하는 계통연계형 마이크로 인버터를 연구하고 200W급 태양전지 모듈에서 발생하는 전기에너지를 효율적으로 이용하여 계통에 연계하기 위한 전력변환시스템 개발을 목표로 하고 있다. 저림하면서 효율이 높은 계통연계 인버터를 실현하기 위해서는 기존의 중앙집중식 인버터 구조와 다른 접근이 필요하다. 따라서 영전위 소프트 스위칭이 가능한 2병렬 인터리빙 구동의 Fly Back DC/DC 컨버터 토폴로지로 입력 단 회로를 구성하여 모든 전력변환 동작이 일어나도록 한다.

출력전류를 사인파 open loop로 제어하고 CRM(Critical Conduction Mode) 스위칭 동작으로 높은 효율로 작동을 실현시켰다. 이 논문에서는 인터리빙으로 동작하였을 시 200W급 출력으로 나올 수 있는 전류 최대치를 계산 하였고 출력 전류가 사인파로 동작하게 제어방법을 기재하였다.

1. 서 론

탄소 배출권 문제, 청정에너지에 대한 관심 등 녹색 성장에 대한 욕구가 늘어나면서 현재 태양광 발전에 대한 관심이 계속해서 높아지고 있다. 최근 전력전자 기술의 발전과 반도체 제품이 저렴해짐에 따라 중앙집중식에서 필요한 고가의 차단기, 보호 장치 및 비산 설치비를 고려했을 때 가격적인 면에서 충분히 매력적이며 또한 효율도 떨어지지 않는 제품이 선진국을 중심으로 서서히 등장함에 따라 점차 마이크로 인버터에 의한 분산 발전 시스템에 대한 시장과 관심이 확대되고 있다. 이 논문은 200W급 태양전지 모듈에서 발생하는 전기에너지를 효율적으로 이용하여 계통에 연계하기 위한 전력변환시스템 개발을 연구한다.

2. 본 문

2.1 Fly-Back-Converter

이 논문에서 마이크로 인버터는 계통에 연결하기 위하여 먼저 Fly Back Converter DC/DC 로 Conversion 하여야 한다. 그래서 먼저 Fly Back Converter에 대한 해석이 필요하다.

Fly Back Converter에 자화 인덕턴스에 저장된 에너지가 2차 측의 출력을 만들어 내기 위해서 출력을 만들어 낼 전류 Sin 레퍼런스와 스위치의 turn_on, 시간을 알아야 한다.

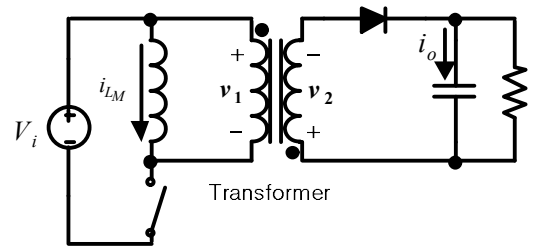


그림1 Fly-Back-Converter 등가회로
Fig. 1 Equivalent Circuit of Fly-back-Converter

2.2 전류 Sin 레퍼런스

Fly Back Converter의 출력은 단순한 DC 전압이 아닌 Sin 형태를 가지고 있다. 출력단의 인버터를 통해 계통에 연결되는데 이 때 Sin값을 가지는 전압과 전류로 인버팅을 하면 효율과 손실을 줄일 수 있고 전류Sin레퍼런스를 유추하여 원하는 전력을 만들어 낼 수 있다.

전류Sin레퍼런스를 구하기 위해서 i_{LM} 의 전류 상승구간과 스위치의 Turn_on 시간을 알아내야 한다.

전류 상승구간은

$$v_{LM} = V_i = L_M \frac{di_{LM}}{dt} > 0 \quad (1)$$

$$I_{max} = \frac{V_i}{L_M} t_{on} \quad (2)$$

스위치의 Turn_on 시간은

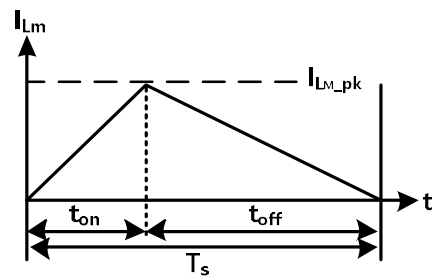


그림2 i_{LM} 에 흐르는 전류
Fig.2 Current flow i_{LM}

$$2I_o = \frac{i_{L_M} \cdot t_{off}}{t_{on} + t_{off}} \quad (3)$$

$$t_{on} = \frac{2I_o \cdot L_M \cdot (V_i \cdot n_T + V_o)}{V_i^2} \quad (4)$$

수식 (2)에 수식 (4)를 대입하게 되면 전류 Sin 레퍼런스는

$$I_{L_M, pk} = 22 \cdot (\sin^2 \omega t + 0.707 \cdot \sin \omega t) \quad (5)$$

수식이 나오게 된다.

3. 시뮬레이션

앞에서 구한 수식으로 전류 Sin 레퍼런스를 PSIM 시뮬레이션으로 구현을 하였다.

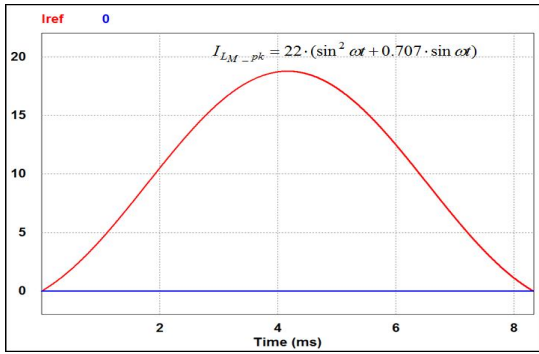


그림 3 전류 Sin 레퍼런스
Fig. 3 Current Sin Reference

이 전류 Sin 레퍼런스의 경계점에서 CRM 스위칭 동작을 하여 출력을 내보낸다.

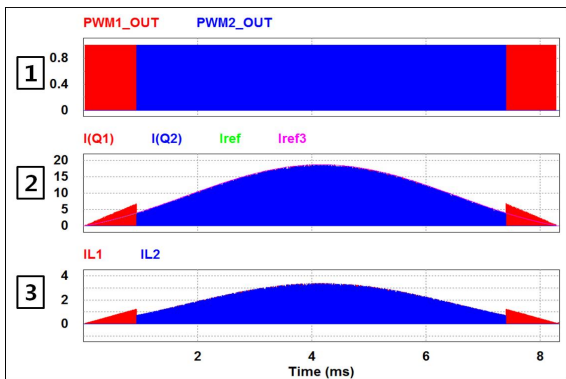


그림 4 [1] Master, Slave PWM, [2] Master, Slave Current, [3] Fly-Back-Converter Output Current

그림 4에 1은 Master 모듈과 Slave 모듈의 스위치 동작 파형이다. 2는 전류 Sin 레퍼런스에 의한 전류 파형이 되겠다. 3은 Fly Back Converter의 출력 전류가 되겠다. 파형에서 보면 전류 Sin 레퍼런스에 5A 이하로 조금 높은 레퍼런스로 동

작을 하고 있다. 이것은 완벽한 sin 레퍼런스가 아닌 \sin^2 레퍼런스로 값을 가지고 있기 때문에 5A 이하에서는 빠른 스위칭을 하고 있어 스위치의 효율이 떨어지는 우려가 발생된다. 때문에 5A 이하 부분을 Sin 레퍼런스를 만들어 스위칭을 한다.

4. 실험 파형

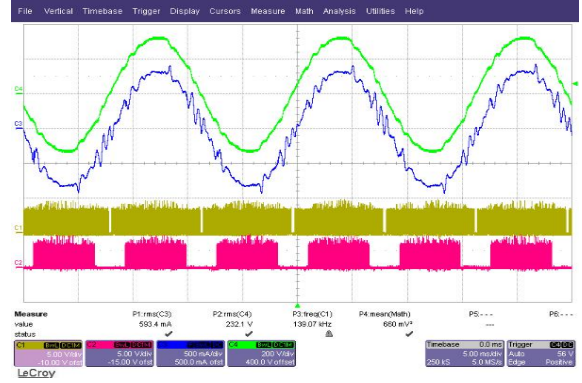


그림 5 출력전압, 전류와 Master Slave 게이트 신호
fig. 5 Output Voltage, Current and Master, Slave gate signal

그림 5의 Ch1 은 Master 게이트, Ch2 는 Slave 게이트, Ch3은 계통연계 된 출력 전류, Ch4는 계통연계 된 출력 전압을 나타낸다. Ch1,과 Ch2는 인터리빙 동작을 하고 있다. 실제 계통에 붙여서 실험한 파형이므로 AC 전압이 찌그러지는 순간마다 전류 요동이 발생된다. AC 시뮬레이터에 연결하여 실험하면 파형은 좀 더 깨끗하게 나온다.

5. 결론

이 논문에서 계통연계형 모듈형 전력변환 장치의 고 효율화를 위해 전류 Sin 레퍼런스를 구하여 계산식에 맞게 나오는지 확인하였고 실험을 통해서 레퍼런스에 따라 스위치 동작을 하여 인터리빙이 되는 것을 확인하였다.

중소기업청의 산학연 공동기술 개발지원 사업 결과물임

참고 문헌

[1] George Chryssis "HIGH FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLIES : THEORY AND DESIGN"
[2] Daniel W. Hart "Power Electronics"
[3] Laszlo Huber, Brian T Irving, Milan M. Jovanovic "Open-Loop Control Methods for Interleaved DCM/CCM Boundary Boost PFC Converters" IEEE Trans. Power Electronics VOL. 23, NO. 4, July 2008.