

디지털 제어를 이용한 Interleaving CRM 플라이백 타입 DC-AC 인버터의 구현

김 지 태, 이 규 찬*, 서 갑 수, 현 병 철, 배 현 수**, 조 보 형
서울대학교 전기컴퓨터공학부, *(주)인터파워, **서울대학교 공학연구소

Implementation of interleaved Critical mode Flyback type DC-AC inverter using digital controller

J. T. Kim, K. C. Lee*, G. S. Seo, B. C. Hyeon, H. S. Bae**, B. H. Cho

Power Electronics System in laboratory in Seoul National University,

*INTER POWER Co. Ltd, **Engineering Research Institute, Seoul National University.,

ABSTRACT

본 논문에서는 경계 모드(Critical Mode) 플라이백 타입의 DC-AC 인버터에 인터리빙을 적용한 디지털 제어를 제안한다. 연속모드(CCM)나 불연속모드(DCM)와 달리 경계 모드의 경우 주파수가 가변되기 때문에 인터리빙으로 구현하기는 상당히 까다로운 측면이 있다. 또한 아날로그 제어기로 구현에 한계를 지니기 때문에 보다 간편한 구현을 위해 디지털 제어IC를 이용하여 구현하는 방법에 대해 기술한다. 본문에서 200W급 플라이백 타입의 DC-AC 인버터에 경계모드 인터리빙을 적용한 후 실험으로 검증한다.

1. 서론

최근 태양광 발전 시스템에서 태양광 모듈 단위의 계통 연계형 전력 변환 회로에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기존의 중앙 집중형 방식의 계통 연계형 태양광 발전 시스템의 경우, 모듈간의 연결에 사용되는 바이패스 다이오드로 인한 손실, 부분 그림자 현상으로 인한 최대 전력점 추적 제어 실패로 야기되는 전력 손실, 모듈간의 특성 불일치로 인한 손실 등 여러 문제점을 가지고 있으며, 설치 장소에 따른 제약 또한 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 시스템이 가지는 문제점을 개선하기 위해 개별 모듈에 직접적으로 전력 변환 시스템을 연결하는 방식인 AC 모듈화 방식에 적합한 전력 변환 회로를 선정하고, 효율 향상을 위해 디지털 IC를 이용한 2 병렬 인터리빙 경계 모드 전류 제어 방법을 제안한다. 또한 200W급 2 병렬 인터리빙 플라이백 타입의 인버터를 구현하고, 제작된 하드웨어 실험을 통해 본 연구의 타당성을 검증한다.

2. 2병렬 인터리빙 경계 모드 디지털 제어 방법

AC 모듈화 전력 변환 회로는 높은 승압비가 요구되고, 중, 소용량급이기 때문에 절연형 타입의 토폴로지가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 플라이백 컨버터를 전력 변환 회로로 선정한다. 그리고 2병렬 인터리빙 구동을 통해 효율을 최대한 향상시키고 입, 출력 캐패시터의 용량을 줄일 수 있도록 한다. 그림 1은 2 병렬 인터리빙 플라이백 인버터를 나타낸 다이어그램이다.

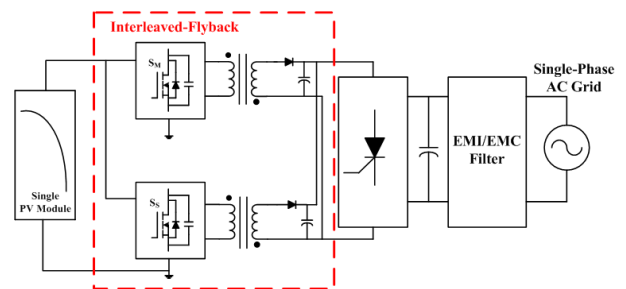


그림 1 2병렬 플라이백 컨버터 다이어그램

병렬 인터리빙 구동은 일반적인 병렬 구동과 달리 두 모듈이 일정한 위상차를 갖고 어긋나게 동작하는 방식으로 입, 출력 전류의 맥동을 감소시킴으로 필터 설계에 유리하고, 캐패시터의 수명을 늘릴 수 있다. 또한 단일 모듈에 비해 자성 소자가 감당하던 전류를 병렬 구동으로 분배하므로 자성 소자의 부피 또한 줄인다. 그리고 부하의 상황에 따라 개별 모듈을 온, 오프함으로써 경부하 효율을 향상시킬 수 있다.

경계 모드 전류 제어(CRM, Critical Conduction Mode) 제어는 중, 소용량에 적합한 전류 제어 방법으로 연속 모드(CCM) 동작에 비해 영전압 스위칭(ZVS)이 가능하다. 이는 스위칭 손실의 발생을 최소화함으로 고주파 스위칭이 가능하다. 고주파 스위칭으로 자성 소자의 선정에 있어 부피 감소 및 용량 저감, 도통 손실 감소 등의 장점을 가진다. 또한 불연속 모드(DCM)에 비해 전류의 최대치가 작기 때문에 턴 오프 스위칭 손실과 도통 손실을 감소시킬 수 있는 장점을 가진다 [1].

2 병렬 인터리빙 경계 모드 제어는 효율 향상 및 필터 설계의 용이성 등 여러 장점을 가진다. 그러나 입/출력 전압, 전류에 따라 주파수와 시비율이 가변되는 제어를 하며, 이 때 두 모듈 간의 일정한 위상차를 유지하는데 어려움이 있다. 최근 경계 모드에서 인터리빙을 구동하는 아날로그 전용 IC 들이 출시되고 있으나 대부분 역률 보상(PFC) 부스트 컨버터용이므로 플라이백 타입의 인버터에 적용하기가 부적합하다.

본 논문에서는 디지털 제어 IC를 이용하여 2 병렬 인터리빙 경계 모드 제어를 구현한다. 그림 2는 2 병렬 인터리빙 경계 모드 디지털 제어 방법에 대해 나타낸 것이다. 디지털 제어부는 내부의 PWM 발생을 위한 타이머를 동작시킨다. 주 모듈(Master Module)의 주기를 측정하기 위한 별도의 타이머 2(TMR2)를 사용한다. 타이머2는 주 모듈이 한 주기 동안 동작

을 하게 되면 그 주기를 내부 레지스터에 저장하고 있다가 주 모듈의 한 주기가 끝나면 그 값은 한 주기를 계산하기 위한 알고리즘을 위해 내부 변수로 내보내고 다시 주기를 측정하기 위해 리셋된다. 따라서 타이머2가 레지스터에 저장한 값은 부 모듈(Slave Module)의 일정한 위상 지연을 위한 값으로 사용하게 된다.

주 모듈의 PWM 생성 원리는 먼저 영전압 검출 신호(ZCD_M)가 검출 되면 내부 비교기 1과 비교 후 주 모듈의 PWM을 턴 온 시키고 전류 검출 신호(CS_M)는 내부 비교기2의 전류 제한값(I_limit_M)과 비교되어 턴 오프 신호를 발생한다. 그리고 부 모듈의 PWM은 타이머2를 통해 주 모듈의 PWM이 온, 오프 신호를 발생하는 동안 주기를 매 순간 측정하여 내부 변수에 저장하고 그 주기를 내부 알고리즘을 통해 계산하여 그 주기의 절반을 부 모듈의 위상 지연 값으로 주게 된다. 위상 지연된 값은 부 모듈의 턴 온 신호로 사용하게 되고 턴 오프 신호는 주 모듈과 동일하게 전류 검출 신호(CS_S)를 통해 비교기3의 내부 전류 제한값(I_limit_S)과 비교 후 턴 오프 신호를 발생한다. 주 모듈의 주기를 계산하는 시간이 필요하기 때문에 한 주기 지연은 있지만 두 모듈의 오차가 없다면 2~3주기 내에 경계 모드 동작이 될 수 있다. 이에 따라 주 모듈의 PWM이 턴 온 하는 순간 타이머2가 동작하여 주기의 반을 위상 지연한 온 신호를 부 모듈에 전달하게 되어 두 모듈 간의 스위칭 소자의 턴 온 순간은 항상 180도의 위상차를 유지한 채로 병렬 인터리빙 동작이 지속된다.

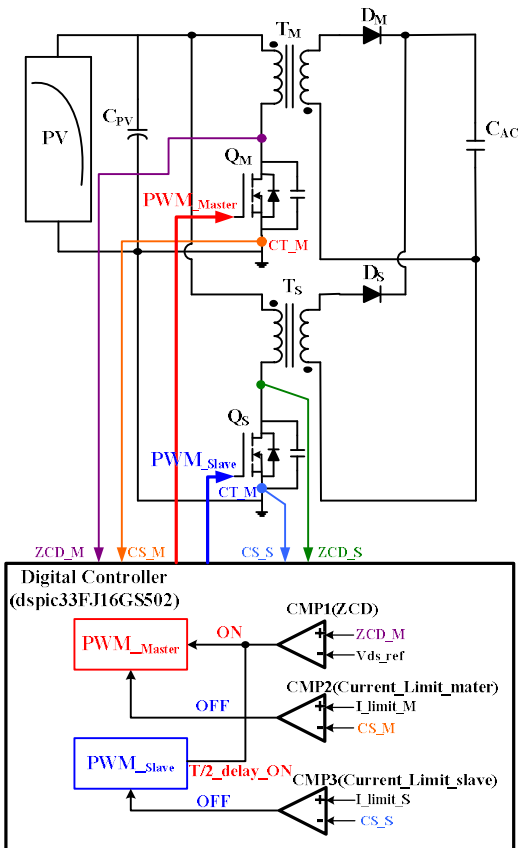


그림2 2 병렬 인터리빙 경계 모드 디지털 제어 방법

4. 실험 및 결과

그림3는 200W급 2 병렬 인터리빙 플라이백 컨버터 경계 모드 동작을 구현한 실험 결과 파형이다. 두 모듈의 영전압 스위칭과 일정한 위상차를 확인할 수 있다.

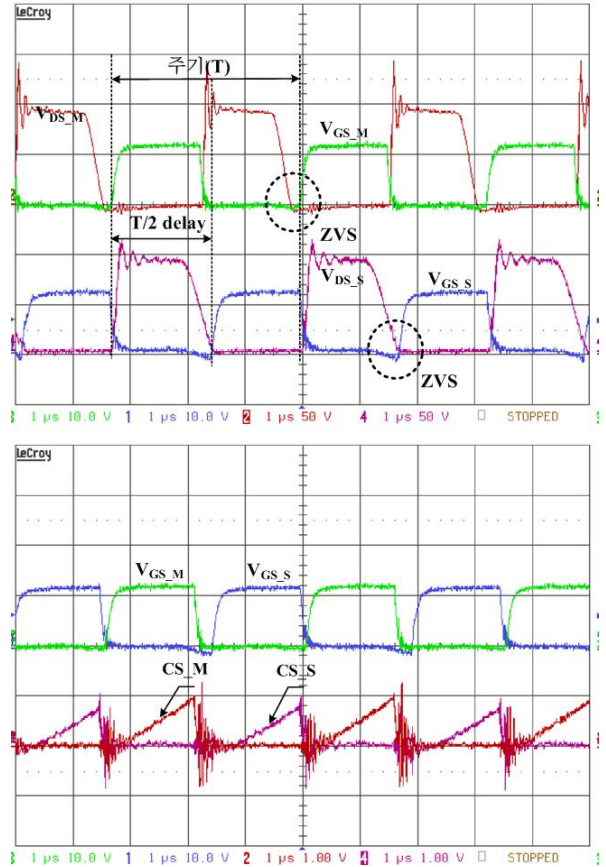


그림3 2병렬 인터리빙 경계 모드 동작 실험 결과 파형

5. 결론

본 논문에서는 2 병렬 인터리빙 경계 모드로 동작하는 플라이백 타입의 인버터를 디지털 제어IC를 이용하여 구현하였다. 200W급 하드웨어를 구현을 통해 각 모듈의 위상차 유지 및 영전압 스위칭, 약 93.5%의 효율을 보임으로써 본 논문에서 제안한 디지털 제어의 동작 검증을 수행하였다.

이 논문은 (주) 삼화 양행의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] L. Huber, B.T. Irving, and M.M. Jovanović, "Open-loop control methods for interleaved DCM/CCM boundary boost PFC converters," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol.23,no.4,pp.1649–1657,July2008.