

새로운 Skip-Cycle Mode를 이용한 경부하 고효율 디지털 제어 양방향 AC/DC 전력 변환기 개발

최규식, 김혜진, 조보형
서울대학교 전기·컴퓨터 공학부

Digital Controlled Bi-directional AC/DC Converter with High-Light Load Efficiency using Novel Skip-Cycle Mode

Kyusik Choi, Hyejin Kim, and Bohyung Cho

School of Electrical Engineering, Seoul National Univ.

Abstract

최근 환경 문제와 에너지 자원 고갈 등의 이유로 전력 사용에 있어서 효율이 매우 중요시 되고 있다. 이와 맞물려 기존의 교류배전에 비해 직류배전이 가지는 효율적 이점이 주목받으면서 직류 배전에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. 본 연구에서는 직류배전 적용시 이용 가능한 양방향 AC/DC 전력 변환기의 경부하 효율 향상을 위해 새로운 skip-cycle mode를 개발하고 이를 디지털 제어를 이용하여 구현하였다. 폴브릿지 타입의 3.3kW 양방향 전력변환기를 이용하였다.

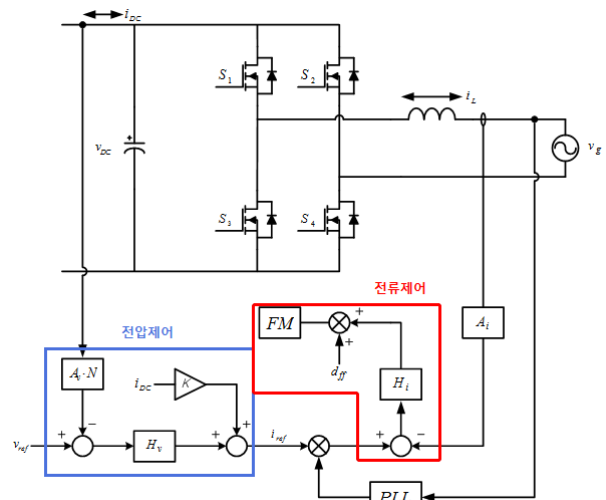
1. 서론

현재의 사용되고 있는 대부분의 가전기기는 직류 전원을 요구하고 있다. 그러나 배전 전압이 교류 이기 때문에 교류를 직류로 변환해주는 전력변환장치를 필수적으로 포함하게 된다. 이 과정에서 전력 손실이 발생하게 되는데 일반적으로 사용되는 Flyback 등 저림한 타입의 PFC의 경우 그 효율이 80%이하로 낮고 PFC가 아닌 정류기만을 사용하는 경우 PF가 낮아서 계통의 품질을 저하시키게 된다. 또, 효율이 좋은 브릿지 타입의 PFC를 사용하더라도 부하가 낮은 영역에서 동작할 경우 그 효율이 매우 낮아지게 된다[1]-[2]. 더불어 최근 확대되고 있는 태양광, 풍력 등 신재생 에너지원과의 연동의 경우 기존의 교류 배전 시스템에서는 직류-직류-교류의 변환 과정을 거쳐야 하지만 직류배전 시스템으로 변경할 경우 직류-교류의 변환과정만을 거치면 되기 때문에 전력 변환 과정에서의 손실이 줄어들어 직류배전으로의 변환에 대한 요구가 점차 커져가고 있다. 직류배전의 궁극적인 목표는 송-배전을 모두 직류화 하는 것이지만 현 과도기적 시스템에서는 가정이나 사무실과 같은 최종 부하 집단에서 대용량 AC/DC 전력 변환기를 이용하여 직류배전을 적용하는 것이 타당하다. 그러나 이 경우 가정내 부하가 적은 경부하 조건에서 효율이 오히려 낮아 질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 새로운 skip-cycle mode 기법을 이용하여 경부하 효율이 향상된 3.3kW 양방향 폴브릿지타입 전력변환기를 개발하고 실험적으로 검증하였다.

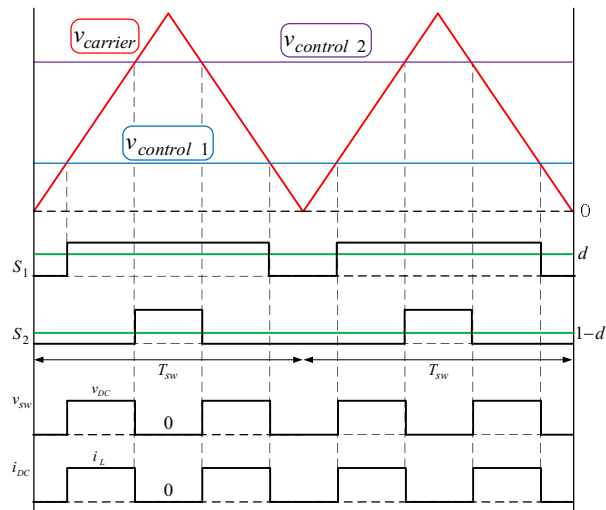
2. 대용량 양방향 AC/DC 전력 변환기 설계

2.1 토폴로지 및 구동 방식 선정

전력변환기의 토폴로지 선정은 입출력 전압, 전류, 절연



(a) 토폴로지 및 제어 구조도



(b) Unipolar type 구동 방식

그림 1. 토폴로지 및 동작 구조

유무, 효율 등의 사항을 고려하여야 한다. 본 연구에서는 입력 전압 220VAC, 입력 전류 ±15A, 출력 전압 380VDC, 출력 전류 약±9A 의 조건과 20%이상 부하 조건에서 96% 이상의 효율, 비절연 등을 기준으로 토폴로지를 선정하였다. 최대 전력 용량이 3.3kW에 이르고 양방향 전력 변환이 가능하여야 하기 때문에 스위치 소자에 부담이 적고 대용량 전력변환기에 유리하며 양방향 전력

표 1. 주요 회로 변수 및 소자

회로 변수 및 소자	값
V_g	220 VAC (60Hz)
V_{DC}	200V
I_L	2A
I_{DC}	100V
L	600uH
C	4.7mF

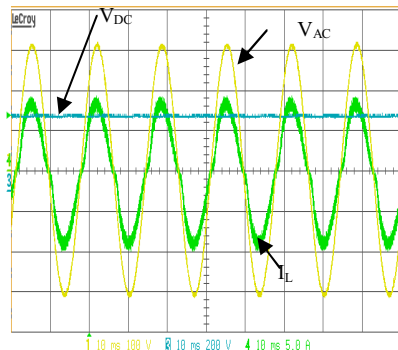
변환이 가능한 풀브릿지 타입을 선정하였다. 동일한 토폴로지를 이용하더라도 그 구동방식에 따라 다른 특성을 보이게 되는데 본 연구에서는 양방향 구동에 적합한 unipolar carrier를 이용한 제어방식을 채택하였고 phase shedding 등의 복잡한 병렬 구동을 용이하게 하고 제어의 신뢰성을 높이기 위해 TI사의 28335 칩을 이용한 디지털 제어를 적용하였다.(그림 1.) 본 논문에서 설계한 주요 제원을 표 1에 나타내었다.

2.2 새로운 Skip-Cycle Mode

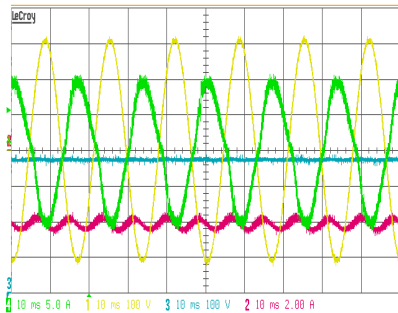
기존의 경부하 효율 개선용 skip-cycle mode[3]는 스위칭 그룹 수준에 머물렀기 때문에 PFC에 적용하기 힘들었다. 이를 PFC에 적합하도록 AC전원 60Hz에 맞춰서 스위칭을 skip 함으로써 PFC로서의 동작을 유지하면서 경부하 효율을 개선하는 방법이다.

3. 실험 결과

앞서 선정된 회로를 바탕으로 3.3kW 양방향 AC/DC 전력변환기를 실험적으로 구현하고 검증하였다. 각 모드 별 주요 파형을 그림 2에 나타내었고 그림 3에 부하 변동에 따른 응답을 나타내었다. 그림 4에는 본 논문에서 제안한 skip-cycle mode 적용시 파형 및 효율을 나타내었다.



(a)



(b)

그림 2. 각 모드 별 주요 동작 파형
(a) PFC 동작 시, (b) Inverter 동작 시

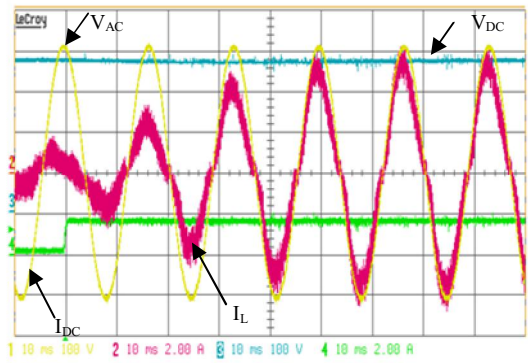
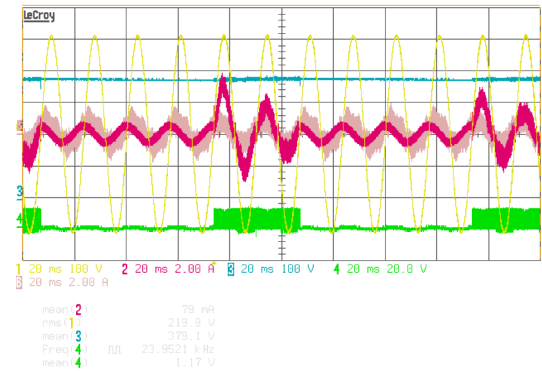
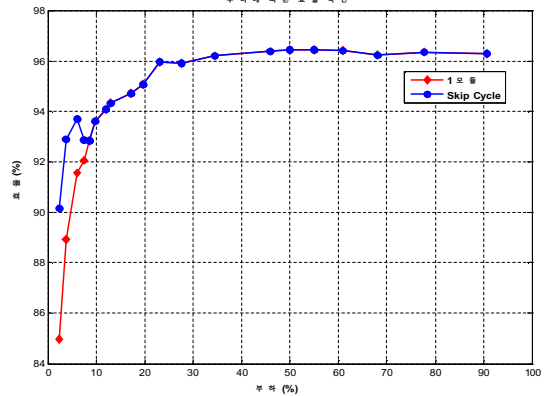


그림 3. 부하 변동에 따른 주요 파형(PFC(90W=>680W))



(a) Skip Cycle Mode 동작 파형 (50W)



(b) Skip Cycle 적용 전후 효율 비교
그림 4. Skip Cycle 동작 및 효율

연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No.20104010100490).

Reference

- [1] 백중복, 서갑수, 박철우, 배현수, 조보형, "직류기반 소용량 건물 전력계 모델링 및 해석", 전력전자학회 2010 학술대회논문집 예정, 2010. 7.
- [2] 서갑수, 백중복, 박철우, 배현수, 조보형, "직류기반 그린스마트홈의 전력계 설계를 위한 부하 패턴 연구", 전력전자학회 2010 학술대회논문집 예정, 2010.7.
- [3] Ping Luo, Luyang Luo, Zhaoji Li, Jian Yang, Guangiv Chen, "Skip Cycle Modulation in switching DC-DC converter", Circuits and Systems and West Sino Expositions, pp.1716-1719, IEEE 2002 International Conference, 29 June. 2002.