

양방향 3상 능동클램프 푸시풀 컨버터의 최적 PWM 스위칭기법

한국인, 박준성, 이상혁, 최세완
서울과학기술대학교

Optimized PWM Switching Method for Bidirectional Three-Phase Active Clamped Push-Pull Converter

Kookin Han, Junsung Park, Sanghyuk Lee, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 양방향 푸시풀 컨버터의 최적 PWM 기법을 제안한다. 제안하는 DAPWM 기법은 모든 스위치 ZVS 턴온을 성취하며 낮은 턴 오프 전류를 갖는 특징이 있다. 또한 동일한 승·강압 게이트 신호 발생 패턴으로 모드전환에 따른 과도상태를 최소화 할 수 있다. 기존 스위칭 방식들과의 성능을 비교하고 5kW급 시작품을 통해 제안한 방식의 타당성 및 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 신재생에너지, 전기자동차, 에너지저장장치 등의 응용 분야에서 절연형 양방향 DC DC 컨버터의 필요성이 증대되고 있다. 또한 요구되는 전력용량이 점차 커지고 있는 추세이므로 진류부담이 줄어 스위치의 선정이 용이하며 인터리빙 효과로 수동소자의 부피를 줄일 수 있는 3상 DC DC 컨버터에 대한 필요성이 커지고 있다. 기존 3상 양방향 컨버터로는 Dual Active Bridge(DAB)^[1], 능동클램프 하프브리지^[2], 능동클램프 푸시풀^[3] 컨버터가 있다. 이 중 능동클램프 푸시풀 컨버터는 인덕터, 변압기를 각각 1개씩 만 사용하는 비교적 간단한 구조를 가지며 능동클램프로 서지 제거는 물론 스위치 ZVS 턴온을 성취한다. 또한 DAB와 달리 입력전압 변동에 따른 전류정격 및 리플전류가 증가하는 문제가 없다. 능동클램프 푸시풀 컨버터에 적용 가능한 스위칭기법으로는 PWM^[3], PPS^[4] 방식이 있는데 PWM방식은 승·강압 게이트 신호 발생 패턴이 달라 모드 전환에 따른 과도 상태가 발생하고 PPS방식은 저전압측 메인 스위치가 하드스위칭되는 단점이 있다. 본 논문에서는 양방향 능동클램프 푸시풀 컨버터를 위한 새로운 Dual Asymmetrical PWM(DAPWM) 스위칭기법을 제안한다. 제안하는 DAPWM은 저전압측 스위치의 듀티(D_L)와 고전압측 스위치의 듀티(D_H)를 조절함으로써 승·강압시 동일한 패턴의 게이트신호를 발생시켜 모드전환에 따른 과도 상태를 최소화하고 모든 스위치 ZVS 성취는 물론 턴 오프 전류가 가장 작은 장점을 갖는다.

2. 제안하는 컨버터의 동작원리

그림 1에 제안하는 3상 양방향 푸시풀 컨버터를 나타낸다. 그림 2는 양방향 푸시풀 컨버터를 위한 제안하는 DAPWM 스위칭기법과 각부 파형을 나타낸다. 승강압시 모든 스위치의

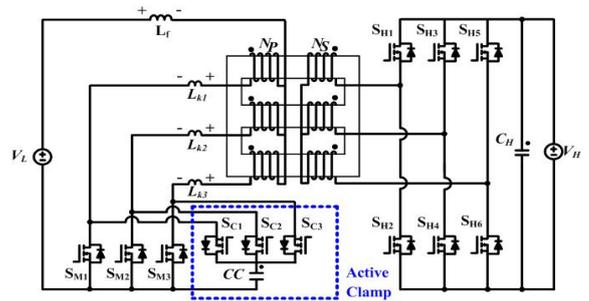


그림 1 제안하는 3상 양방향 푸시풀 컨버터

ZVS 턴온이 성취되는 것을 볼 수 있다. D_L은 입력전압의 변동에 따른 클램프 커패시터의 전압을 일정하게 유지시켜 주는 역할을 하며, D_H로 양방향 동작 모드(승압: D_L > D_H, 강압: D_L < D_H)를 결정하고 출력과위를 제어한다. 표 1에 그림 1의 3상 양방향 푸시풀 컨버터에 적용 가능한 세가지 스위칭방식에 따른 정격 및 성능비교를 나타낸다.

표 1 스위칭방식에 따른 성능비교(P_o=5kW, V_{in}=96V, V_o=380V, f_{sw}=50kHz)

스위칭 기법		기존 PWM ^[3]	PPS ^[4]	DAPWM
토폴로지		3상 푸시풀		
자유도 개수		1개	2개	2개
모드전환 연속성		비연속적	연속적	연속적
스위칭 방법		모든스위치 소프트스위칭	메인스위치 하드스위칭	모든스위치 소프트스위칭
변압기	턴비	1 : 2	1 : 2	1 : 2
	kVA	7.3	7.1	6.9
저전압측 스위치	메인	220V _{pk} , 30A _{rms} , 44A (턴오프)	192V _{pk} , 26A _{rms} , 30A (턴오프)	192V _{pk} , 27 A _{rms} , 17A (턴오프)
	클램프	220V _{pk} , 12A _{rms}	192V _{pk} , 10A _{rms}	192V _{pk} , 10A _{rms}
고전압측 스위치		380V _{pk} , 10A _{rms}	380V _{pk} , 9A _{rms}	380V _{pk} , 9A _{rms}

3. 실험 결과

제안한 컨버터를 다음의 설계 사양으로 시뮬레이션하였다.

$$\cdot P_o = 5kW \cdot V_L = 64 \sim 128V \cdot V_H = 380V \cdot f_s = 50kHz$$

그림 3은 승·강압시 변압기 권선전류 및 각 스위치의 전압·전류 시뮬레이션파형이다. 승·강압시 모든 스위치가 ZVS 턴온이 되는 것을 확인할 수 있다.

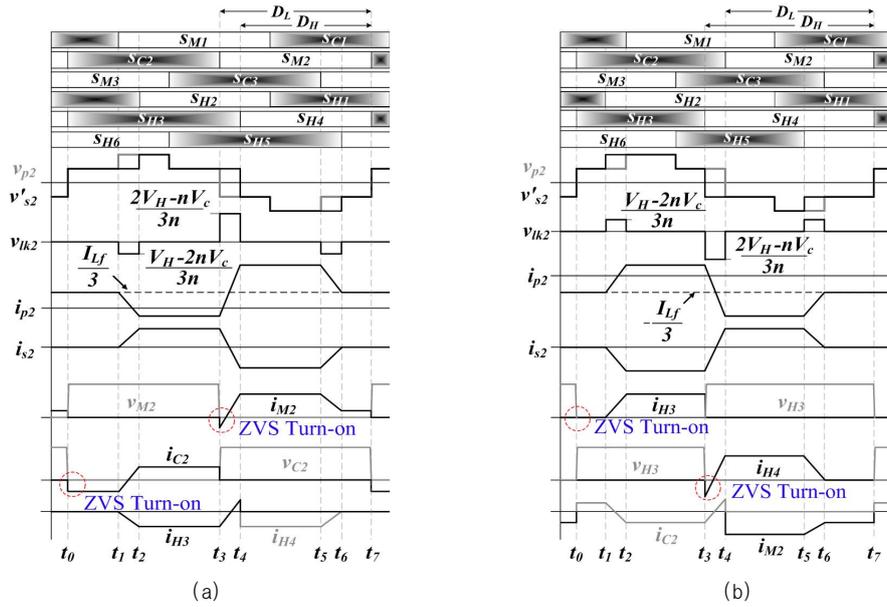
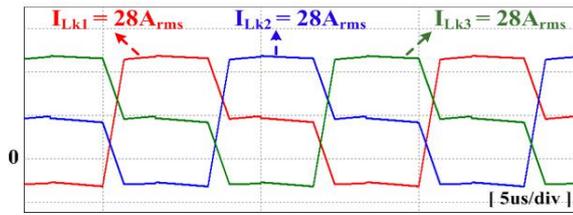
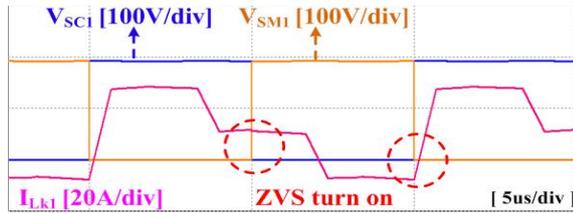


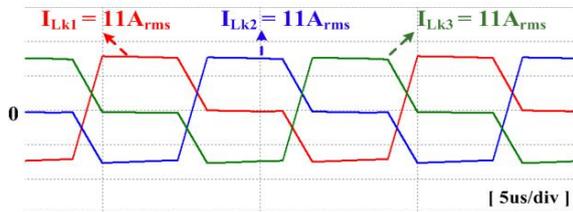
그림 2 제안하는 DAPWM 스위칭에 따른 주요 파형 (a) 승압 모드($D_L > D_H$) (b) 강압 모드($D_L < D_H$)



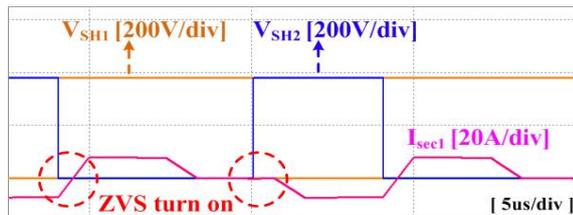
(a) 승압시 변압기 저전압측 권선 전류



(b) 승압시 저전압측 전압·전류



(c) 강압시 변압기 고전압측 권선 전류



(d) 강압시 고전압측 전압·전류

그림 3 시뮬레이션 파형

4. 결론

본 논문에서는 3상 양방향 푸시풀 컨버터를 위한 DAPWM 기법을 제안하였다. 이 스위칭방법은 승·강압시 동일한 스위칭 패턴을 발생시키므로 모드전환에 따른 과도 상태를 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 또한 승·강압시 모든 스위칭의 ZVS턴온이 성취되고 턴오프 전류도 가장 작은 장점을 갖는다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011 0018025)

참고 문헌

- [1] D.M. Divan and R.W. A. A. De Doncker, "A three phase soft switched high power density dc/dc converter for high power applications," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 27, no.1, pp.63-73, Jan./Feb. 1991.
- [2] H. Cha, J. Choi, W. Kim, V. Blasko, "A New Bi directional Three phase Interleaved Isolated Converter with Active Clamp" in *IEEE APEC 2009*, pp. 1766-1772.
- [3] S. Lee, J. Park, S. Choi, "A Three Phase Current Fed Push Pull DC DC Converter With Active Clamp for Fuel Cell Applications", *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 26, pp.2266-2277, Aug. 2011.
- [4] Z. Wang, H. Li, "A Soft Switching Three Phase Current fed Bidirectional DC DC Converter With High Efficiency Over A Wide Input Voltage Range" *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 27, pp.669-684, Feb. 2012.