

하프 및 풀 브리지 컨버터의 스위칭 방법에 따른 손실비교

고의석*, 이동현*, 이상리*, 김학원*, 조관열*
한국교통대학교*

Loss Comparison of Half and Full Bridge Converter according to Switching Methods

Eu Sock Ko*, Dong Hyun Lee*, Sang Ri Lee*, Hag Wone Kim*, Kwan Yuhl Cho*,
Korea National Univ of Transportation*

ABSTRACT

기존 용접 컨버터는 풀 브릿지 컨버터는 하드스위칭을 하게 되는데, 이는 스위칭 소자로 사용되는 IGBT의 턴 오프 손실을 증가시키는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 스위치의 손실을 줄이고자 기존의 풀 브릿지 컨버터에 ZVS(zero voltage switching) 턴 오프 방식을 적용한 회로와 하드 스위칭 방법에 대하여 손실을 PSIM 모의해석을 통하여 비교 분석하였다.

1. 서 론

최근 용접기술이 발달함에 따라 전력변환 기술이 다양해지고 있다. 용접기술의 특징상 부하장치에 요구하는 출력 전류가 증가하게 되어 대용량 전력변환 회로를 필요로 하게 되는데, 이에 적합한 풀 브리지 컨버터가 주로 사용되며 그에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다. 기존 풀 브리지 컨버터는 하드 스위칭으로 인하여 스위칭소자에 상당량의 스위칭 손실을 가져 온다. 그로 인해 전력 손실이 상당하다. 하드 스위칭으로 인한 손실을 줄이기 위한 방법으로는 대 전류 변환회로에 적합한 위상 천이 풀 브릿지 컨버터 있다. 위상 천이 풀 브릿지는 하드 스위칭에 의한 손실은 줄일 수 있으나, 토폴로지 특성상 사용되는 IGBT의 주된 손실인 전류꼬리리 인하여 발생하는 손실을 줄이기는 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하고자 ZVS 턴 오프 방식이 제안된 바 있다.^{[1],[2]} 본 논문에서는 ZVS 턴 오프 방식의 효과에 대하여 PSIM의 손실 해석 툴을 사용하여 손실 분석하고 하프 브리지 및 풀 브리지에서 손실 저감 효과에 대하여 분석하였다.

2. 본 론

2.1 ZVS 턴-오프 회로의 동작 원리^{[1],[2]}

그림 1은 ZVS 턴 오프 하프 브릿지 컨버터 회로의 구성을 나타낸다. 그림 2는 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터 회로의 구성을 나타낸다. ZVS 턴 오프 하프 브릿지 컨버터와 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터의 동작원리는 비슷하므로 본 논문에서는 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터의 동작원리에 대해서만 설명하였다. ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터의 1차측은 6개 스위치와 무손실 스너빙 커패시터로 이루어져 있다. 그림 3은 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터의 스위칭 방법을 나타낸다. ZVS 턴

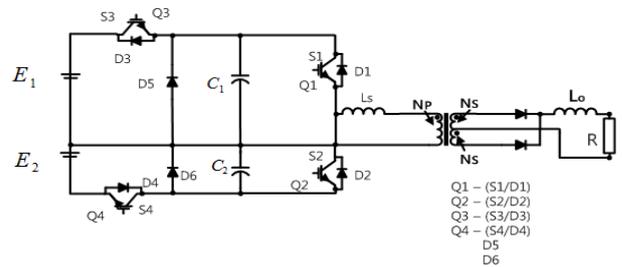


그림 1 소프트 스위칭 PWM DC-DC power half bridge converter
fig. 1 soft switching PWM DC-DC power half bridge converter

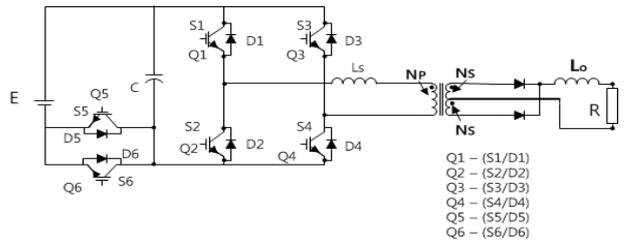


그림 2 소프트 스위칭 PWM DC-DC power full bridge converter
fig. 2 soft switching PWM DC-DC power full bridge converter

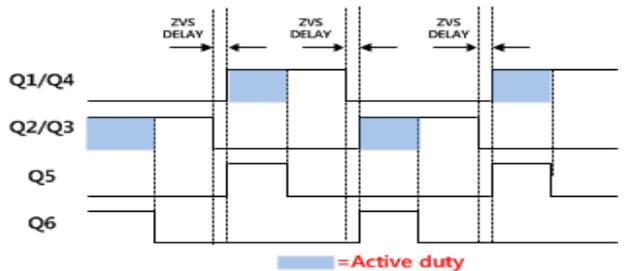


그림 3 ZVS 턴-오프 풀 브릿지 컨버터 스위칭 함수
fig. 3 Switching function of ZVS turn-off full bridge converter

오프 풀 브릿지 컨버터의 스위칭 방법은 Q1/Q4는 Q2/Q3와 데드 타임을 가지고 상보적으로 켜지고 꺼진다. Q5는 Q1/Q4와 같은 시점에서 켜져 무손실 스너빙 커패시터에 전원 전압이 걸려 각 스위치에 전원전압의 역할을 하게 하며, 2차 측으로 전력을 전달 가능하게 되는 능동 듀티(Active Duty)구간이 지나면 꺼진다. Q5가 꺼지면 무손실 스너빙 커패시터가 방전을 시작하며, 완전 방전이 되면 기생 다이오드 D2와 D3을 통해 도통이 된다. 이 때 다이오드의 문턱전압이 걸린 상태에서 Q1/Q4가 꺼지며 ZVS 턴 오프 동작을 하게 된다. 모든 스위치

가 다음과 같은 방식으로 ZVS 턴 오프를 하게 되며, 이를 통해 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터에 사용 되는 IGBT의 주된 손실인 전류꼬리리도 인하여 발생하는 스위칭 손실을 저감시킬 수 있다.

3. 모의해석 결과

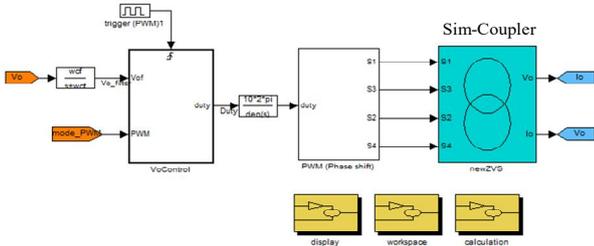


그림 4 손실해석을 위한 Simulation 블록도
Fig. Simulation Block for Loss Analysis

본 논문에서 ZVS 턴 오프 풀 브릿지 컨버터의 손실 저감효과를 모의해석을 통하여 확인하였다. 모의해석은 그림 4와 같이 MATLAB/SIMULINK와 PSIM을 연동한 SIMCOUPLE를 사용하였다. MATLAB/SIMULINK에서는 원하는 출력 전압을 제어하기 위한 제어 블록을 구성하였으며, PSIM에서는 각각의 회로를 구성하였다. 손실 해석은 PSIM에서 IGBT (Data base) 모델에 Data sheet를 기입하여 실제 IGBT 모델의 동등한 조건으로 손실 모델을 생성한 후 손실을 각 회로 별로 측정하여 제안하는 회로의 타당성을 입증하였다.

모의해석에 사용된 풀 브릿지 컨버터와 하프 브릿지 컨버터의 파라미터는 표 1에 각각 나타내었다. 하프 브릿지 컨버터와 풀 브릿지 컨버터에 ZVS 턴 오프 방식과 하드 스위칭 방식을 각각 적용하여 손실 비교를 실시하였다. 표 2에서 각각의 회로별 손실을 나타내었다. 풀 브릿지 컨버터와 하프 브릿지 컨버터에 대해서 각각 비교를 하면, 하드 하프 브릿지 컨버터는 표 2에서 보이는 듯이 ZVS 턴 오프 하프브리지 컨버터에서는 손실 저감이 되었다고 볼 수 없었다. 이는 하드 스위칭 하프 브리지 컨버터에 비하여 전력용 반도체 소자가 4개가 많으며 그로 인해 도통 손실 또한 높게 측정이 되었으며 기대하던 스위칭 손실 저감은 하드 스위칭 하프 브리지 컨버터와 비교했을 시 유사하게 측정되었으며 도통 손실로 인하여 전체적인 손실이 하드 하프 브리지보다 높게 측정이 되었다. 풀 브릿지 컨버터는 ZVS 턴 오프 풀 브리지 컨버터와 하드 풀 브리지 컨버터를 비교했을 시 도통 손실은 높게 측정이 되었으나 스위칭 손실에서 약 3배 이상 저감 되는 손실효과가 나타내었다. 그로 인하여 발생하는 전체적인 손실 또한 약 2배 약간 못 미치는 손실 저감이 되었다. 손실 해석 결과 하프 브릿지 컨버터의 경우 ZVS 턴 오프 방식의 손실 저감 효과가 나타나지 않았으며, 풀 브릿지 컨버터의 경우 ZVS 턴 오프 방식을 적용하여 손실 저감 효과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 논문은 하프 브릿지 컨버터와 풀 브릿지 컨버터의 스위칭 방법에 따른 손실을 비교,분석 하였다. 기존에 풀 브릿지 컨버터에 ZVS 턴 오프 방식을 적용 함으로써 하드 스위칭 풀 브리

지 컨버터가 가지는 단점을 보완할 수 있었고, 그 타당성을 시뮬레이션을 통해 입증 하였다.

표 1 ZVS 턴 오프 풀 브리지 컨버터 의 모의해석 조건
Table 1 ZVS turn off full bridge converter parameter

	Item	Value	Unit
Full Bridge	Turn ratio	14:4	
	Input Voltage(V_{IN})	276	V
	Primary Current (i_{11})	87	A
Half Bridge	Turn ratio	7:4	
	Input Voltage(V_{IN})	127	V
	Primary Current (i_{11})	176	A
Output Condition	Output inductance (L_o)	80	μ H
	Output voltage	36	V
	Output current	350	A
Switching frequency		20	kHz

표2 ZVS 턴 오프 방식과 기존 하드 스위칭 방식 손실 비교

Table 2 Loss comparison of hard switching method and conventional ZVS turn off system

ITEM unit : (w)		Half bridge converter		Full bridge converter		
		ZVS	Hard	ZVS	Hard	
Number of Power Device	IGBT	4	2	6	4	
	Diode	2				
Power Device loss	IGBT	conduction loss	727	282	211	108
		Switching loss	212	217	250	800
	Diode	conduction loss			24	28.8
		Switching loss			89	55
	Diode	Diode conduction loss	67			
	Total loss		1006	499	574	991.8
Output Power		12600				

참고 문헌

- [1] K. Morimoto, T. Doi, H. Manabe, M. Nakaoka, H.W. Lee "Adavanced High Power DC DC converter using Novel Type Full Bridge Soft Switching PWM Inverter with High Frequency Transformer Link for Arc Welding Application", *Proceedings of ICPE*, pp, II191 II197", October, 2004
- [2] K. Morimoto, T. Doi, H.Manabe, M. Nakaoka.N.A Ahmed, H,W, Lee , E , Hiraki T, Ahmed , "Next Generation High Efficiency HighPower DC DC Converter incorporating Active Switch and Snubbing Capacitor Assisted Full Bridge SoftSwitching PWM Inverter With High Frequency Transformer for Large Current Output" *Proceedings of APEC*, pp 1549 1555, March . 2005