

듀얼 풀 브릿지 컨버터와 단상 인버터를 이용한 절연형 고 승압 PCS 설계

김모세*, 이희준*, 신수철*, 김헌희*, 정용채**, 원충연*
성균관대학교*, 남서울대학교**

Design Of Isolated High Step-up PCS Using Dual Full-Bridge Converter And Single Phase Inverter

Mo Se Kim*, Hee Jun Lee*, Soo Chul Shin*, Heon Hee Kim*, Yong Chae Jung**, Chung Yuen Won*
Sungkyunkwan University*, Namseoul University**

ABSTRACT

비 절연형 PCS를 사용하였을 때 절연을 할 수 없기 때문에 안전에 대한 위험이 있고 손실이 커서 전체적인 효율이 낮다. 본 논문에서 듀얼 풀 브릿지 컨버터를 사용하여 구현하였다. 각 소자들의 전압, 전류 정격을 줄일 수 있으며 전기적인 절연으로 인하여 안전하다. 또한 승압 비가 홀로 사용했을 때 보다 높으며 고주파 변압기의 턴비를 줄일 수 있다. 본 논문은 1.5[kW]급 듀얼 풀 브릿지 컨버터와 단상 인버터를 이용한 PCS를 설계하고 설계한 파라미터를 구현하여 실험을 통해 검증하였다.

1. 서 론

최근 환경 오염문제가 대두 되면서 신재생 에너지에 개발과 보급에 대한 필요성이 증가되고 있다. 신재생 에너지 중에 연료 전지는 위치와 환경의 제약이 없고 태양광은 기계적인 구조를 가지고 있지 않아서 수명이 길다는 장점을 가지고 있다. 그러나 화학반응으로 인한 발전으로 동 특성이 매우 낮아서 저전압 출력 특성을 가지고 있다. 그렇기 때문에 발전된 에너지를 계통으로 연계하기 위해서는 고 승압의 PCS가 필요하다. 비 절연형 PCS를 사용하면 낮은 승압비와 손실이 커 전체적인 효율이 낮은 단점을 가지고 있다. 따라서 이를 보완하기 위하여 두 개의 풀 브릿지 컨버터 입력을 병렬로 연결하고 출력을 직렬로 연결하는 방식을 구현하였다. 구현한 방식을 사용함에 따라 고주파 변압기를 사용하여 승압 비를 원하는 만큼 높일 수 있고 전기적인 절연을 통해 안전하다. 또한 풀 브릿지 컨버터를 병렬로 적용함에 따라 풀 브릿지 컨버터를 한 개만 사용했을 때 보다 고주파 변압기의 턴비를 줄일 수 있다. 스위치의 정격전류와 다이오드, 커패시터의 정격전압도 낮춰지므로 전체적인 시스템 안정과 용량 확장을 할 수 있다는 장점을 가진다.

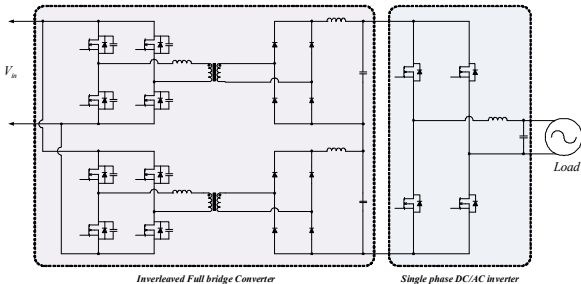


그림 1 듀얼 풀 브릿지 컨버터와 단상 인버터
Fig. 1 Dual Full-Bridge Converter and Single Phase Inverter

2. 듀얼 풀 브릿지 컨버터 설계

2.1 고주파 변압기 설계

풀 브릿지 컨버터에서 고주파 변압기는 전체 시스템의 효율과 부피에 크게 영향을 미치는 요소이다. 따라서 고주파 변압기의 턴비는 부하의 용량, 스위칭 주파수, 입력 전압 변동 등을 고려하여야 한다. 고주파 변압기의 1차(N_p), 2차(N_s)측 턴비는 아래의 식 (1)과 식 (2)로부터 4 : 25로 구할 수 있다.

$$N_p = \frac{V_{in(min)} \times D_{max} \times T_s}{2 \times \Delta B \times A_c} [turns] \quad (1)$$

$$N_s = \frac{1}{\eta} \times \frac{V_o + V_F + V_L}{D_{max} \times 2 \times V_{in(min)}} \times N_p [turns] \quad (2)$$

여기서, ΔB 는 B-H곡선의 자속밀도 범위, V_F 는 다이오드 순방향 전압, V_L 는 인덕터 권선 저항의 전압 강하 이다.

2.2 출력 LC필터 설계

DC/DC 컨버터에서 출력되는 전압은 저차 고조파 성분이 많이 포함되어 있기 때문에 그 출력을 그대로 부하에 공급할 수 없다. 따라서 고조파 제거를 위한 LC필터의 설계가 중요하다.

2.2.1 컨버터의 인덕터 설계

출력 필터 인덕터의 설계를 위하여 스위칭 주파수, 에너지 용량, 전류용량, 리플성분, 손실을 고려하여 아래 식(3)을 통하여 1[mH]로 구할 수 있다.

$$L = \frac{V_o \left(\frac{1}{2} - D_{min} \right) T_s}{2 I_{O(min)}} [mH] \quad (3)$$

2.2.2 컨버터의 커패시터 설계

출력 필터 커패시터는 출력 전압에 비례하여 설계하여야 한다. 커패시터에 흐르는 전류는 인덕터 전류의 맥동분이 흐른다. 커패시터 값은 아래의 식 (4)로부터 93.125[uF]를 구할 수 있다.

$$C = \frac{V_o \left(\frac{1}{2} - D_{min} \right)}{8 \times L \times \Delta v_o \times f_{sw}^2} [uF] \quad (4)$$

여기서, Δv_o 는 출력 전압의 리플 값이다.

3. 단상 인버터 설계

3.1 출력 LC필터 설계

3.1.1 인버터의 인덕터 설계

아래의 식 (5)로부터 인덕터의 값은 3[mH]로 선정한다.

$$L = \frac{jX_L}{j\omega} = \frac{X_L}{2\pi f} [mH] \quad (5)$$

여기서, X_L 은 인덕터의 리액턴스 값이다.

3.1.2 인버터의 커패시터 설계

필터 커패시터는 인버터의 스위칭 시에 발생하는 출력 전압 리플을 고려하여 설계하여야 한다. 본 설계에서는 기본 주파수에서 필터 커패시터로 흐르는 전류가 정격 전류의 10[%]보다 작게 설정하였다. 아래의 식 (6)에 의해 커패시터의 값은 $10[\mu F]$ 으로 선정하였다.

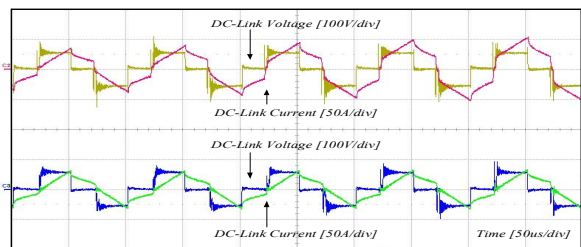
$$C = \left(\frac{1}{2\pi f \sqrt{L}} \right)^2 [uF] \quad (6)$$

4. 실험 결과

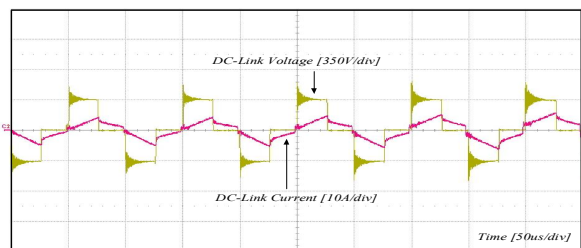
본 논문에서 제안한 시스템을 검증하기 위하여 표 1의 파라미터에 의해 하드웨어 세트를 구성하고 실험을 수행하였다.

표 1 실험 파라미터
Table 1 Experimental Parameters

Parameters		Symbol	Value
System Power		P	1.5[kW]
Full-bridge Converter	DC Input Voltage	V_{in}	60[V]
	Input Current	I_{in}	25[A]
	DC Output Voltage	V_o	380[V]
	Switching Frequency	f_{sw}	20[kHz]
	Inductance	L	1[mH]
	Capacitance	C	93.125[μF]
Transformer Turn Ratio		$N_p : N_s$	4:25[turns]
Half-bridge Inverter	DC Input Voltage	V_{in}	380[V]
	Output Voltage [rms]	V_o	220[V]
	Output Current [rms]	I_o	6.82[A]
	Switching Frequency	f_{sw}	16[kHz]
	Inductance	L	3[mH]
Capacitance		C	10[μF]



(a)



(b)

그림 2 (a) 변압기 1차측 전압 전류, (b) 변압기 2차측 전압 전류
Fig. 2 (a) Transformer primary side voltage, current of waveform
(b) Transformer secondary voltage, current of waveform

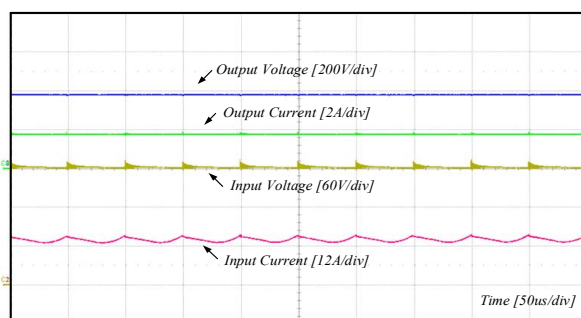


그림 3 입력, 출력 전압 및 전류 50% 부하
Fig. 3 Input, output voltage and current of waveform 50% Load

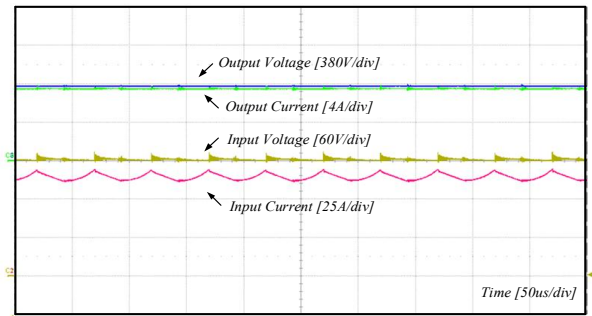


그림 4 입력, 출력 전압 및 전류 100% 부하
Fig. 4 Input, output voltage and current of waveform 100% Load

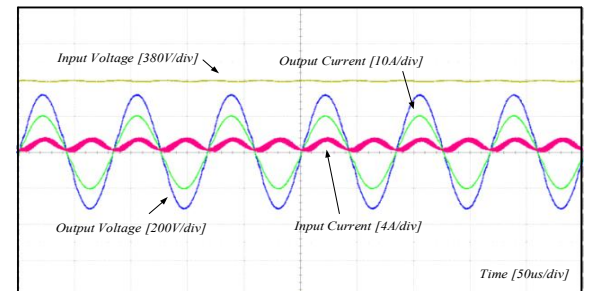


그림 5 인버터 입력 및 출력 전압 전류
Fig. 5 The inverter input and output voltage, current of waveform

5. 결론

본 논문에서는 낮은 동 특성과 저전압 특성을 가지는 신재생 에너지를 이용하여 1.5[kW]급 듀얼 풀 브릿지 컨버터와 단상 인버터가 결합한 절연형 PCS를 구현하였다. 듀얼 풀 브릿지 컨버터를 사용함에 따라 고주파 변압기의 턴비와 각 소자들의 정격전류, 전압도 낮아졌다. 구현된 PCS를 통해 전체 시스템의 안정과 시스템의 효율이 향상됨을 설계된 파라미터에 맞추어 실험을 통하여 검증하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20119010200060 11 2 100)

참고 문헌

- [1] Jie Luo, Xiangning He "Common Duty Ratio Control of Input Series Output Parallel Connected Phase shift Full Bridge DC DC Converter Modules" IEEE Power Electronics, Transactions on, Vol. 26, pp. 3318-3329, Nov, 2011.
- [2] Das, P, Drobnik, J, Jain, P.K, Bakhshai, A. "A Novel ZVZCS Full Bridge DC/DC Converter Used for Electric Vehicles" IEEE Power Electronics, Transactions on, Vol. 27, pp. 2752-2769, June 2012.