

NBI용 필라멘트 전원공급장치를 위한 풀-브릿지 DC/DC 컨버터

임희성*, 이세형*, 전범수*, 이승교**, 원중연*
 성균관대학교*, (주)다원시스**

Full-Bridge DC/DC Converter for NBI Filament Power Supply

Hui-Seong Lim*, Se-Hyung Lee*, Bum-Su Jun*, Seung-Gyo Lee**, Chung-Yuen Won*
 *Sungkyunkwan University, **Dawonsys Co.,Ltd

ABSTRACT

FPS(Filament Power Supply), one of the KSTAR NBI (Neutral Beam Injections) is implemented by full-bridge DC/DC converter. NBI heating device for KSTAR(1.5MW) is developed for heating an ion source of plasma in KSTAR tokmak^[1]. The full-bridge DC/DC converter is applied to FPS for isolation with input and output. And FPS is operated with PWM control method which is the most usual method.

In this paper, NBI FPS of 4.8kW is simulated by using the PSIM 6.0. And the full-bridge DC/DC converter using IGBTs is fabricated to demonstrate it. The processor DSP 28335 is implemented for digital control.

1. 서론

KSTAR 중성입자빔 가열장치(NBI)는 토카막 내의 플라즈마 전류를 유도하는 방법을 사용하며, NBI용 플라즈마 전원은 필라멘트 가열을 위한 전원과 플라즈마를 형성하고 빔을 인출하기 위한 아크 전원으로 구성되어있다.

특히 NBI에 사용되는 필라멘트 전원공급 장치(FPS)는 저전압, 대전류의 특성을 갖기 때문에 전류 제어의 어려움이 있다. 따라서 NBI 전원장치 중 플라즈마 발생을 위한 아크 및 필라멘트 전원공급 장치의 성능 검증이 무엇보다도 필요하다.

본 논문에서는 FPS의 특성에 적합한 풀-브릿지 DC/DC 컨버터를 사용하였고, 3상 AC 200[V_{peak}]를 입력으로 DC 16V, 300A 출력으로 제어된다.

2. 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 구성

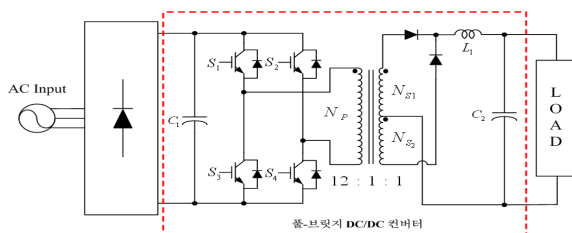


그림 1 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 회로
 Fig. 1 The circuit of full-bridge DC/DC converter.

그림 1은 FPS에 적용된 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 회로이다. 풀-브릿지 DC/DC 컨버터는 절연형으로 출력전압을 변압기의 용량 선정에 따라 자유롭게 결정할 수 있는 장점이 있다.

3. 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 동작모드

본 논문에서 사용한 풀-브릿지 DC/DC 컨버터는 4개의 동작모드로 구분한다. 그림 2는 동작모드에 대한 파형을 나타내고, 동작모드에 따른 전류경로는 그림3에서 보여준다.

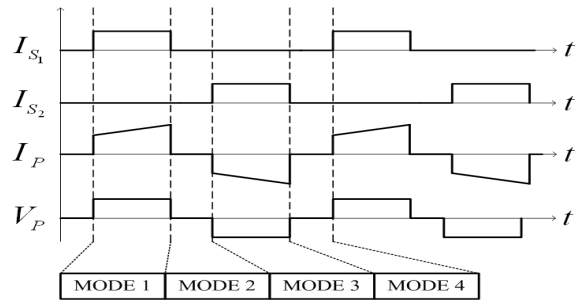


그림 2 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 동작파형
 Fig. 2 Operational waveforms of full-bridge DC/DC converter.

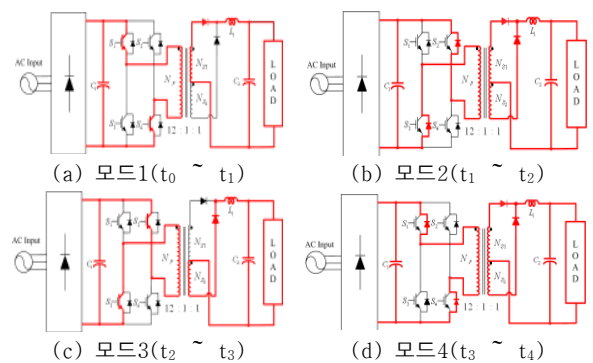


그림 3 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 동작모드
 Fig. 3 Operation modes of full-bridge DC/DC converter.

Mode 1

1차측 전압 및 전류가 부하에 전달되는 모드로 S₁, S₄가 턴온 되어 그림 3(a)와 같이 전류 흐름이 형성된다.

Mode 2

스위치 S_1, S_4 가 턴-오프 되면서 변압기의 전류는 S_2, S_3 의 내부 다이오드를 통하여 그림 3(b)와 같이 전류 경로가 형성된다.

Mode 3

1차측 전압, 전류가 부하에 전달되는 모드로 S_2, S_3 가 턴-온 되어 음의 전압, 전류가 2차측으로 전달되지만 출력 정류기를 통하여 양의 전압, 전류가 부하에 전달된다.

Mode 4

스위치 S_2, S_3 가 턴-오프 되면서 변압기의 전류는 S_1, S_4 의 내부 다이오드를 통하여 그림 3(d)와 같이 전류 경로가 형성된다.

4. 시뮬레이션

제안된 시스템의 동작특성을 확인하기 위해 PSIM 6.0을 이용하여 시뮬레이션을 하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 파라미터 값을 보여준다.

표 1 시뮬레이션에 사용된 파라미터
Table 1 Parameters of the simulation.

Output Power	4.8 [kW]
Input Voltage	AC 200 [V_{peak}]
Output Voltage	DC 16 [V]
Switching Frequency	20 [kHz]
Turns Ratio($N_p:N_{S_1}:N_{S_2}$)	12 : 1 : 1

그림 4는 본 논문에서 제안한 FPS에 적용된 풀-브릿지 DC/DC 컨버터의 시뮬레이션 회로도이다.

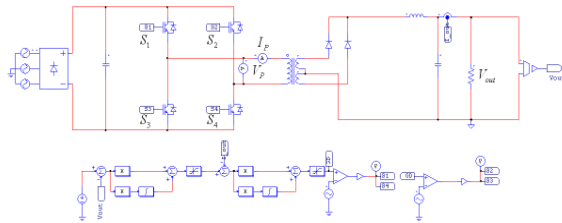


그림 4 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 시뮬레이션 회로
Fig. 4 Simulation circuit of full-bridge DC/DC converter.

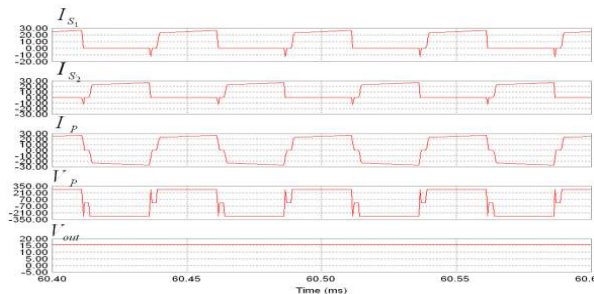


그림 5 시뮬레이션 결과파형
Fig. 5 Waveforms of simulation results.

그림 5는 스위치에 흐르는 전류(I_{S_1}, I_{S_2}), 1차측 전압(V_p), 전류(I_p) 및 2차 출력전압(V_{out}) 파형을 나타낸다.

5. 실험

본 논문에 적용한 풀-브릿지 DC/DC 컨버터의 실험 장치는 그림 6과 같다. 하드웨어는 3상 다이오드정류기, 고주파 변압기, 출력 반파 정류기, 출력 LC필터로 구성되어 있고, 시스템 제어를 위해 DSP28335를 이용하여 디지털 제어를 구현하였다.

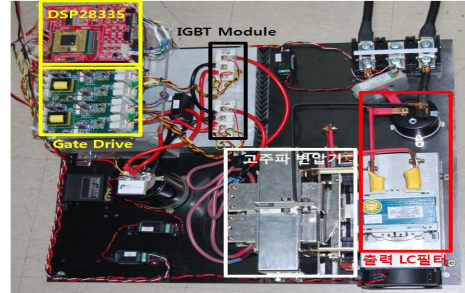


그림 6 풀-브릿지 DC/DC 컨버터 실험 세트
Fig. 6 Experimental set-up of full-bridge DC/DC converter.

그림7은 개방루프 실험을 통한 결과파형을 보여주고 있다. DC_link 전압은 약280V가 인가되고 전부하시 안정적인 출력특성을 보였다. 또한 변압기 1차측 양단에 전압(V_p), 전류(I_p), 출력전압(V_{out}) 및 전류(I_{out})의 실험 결과는 시뮬레이션 결과와 동일한 파형을 보였다.

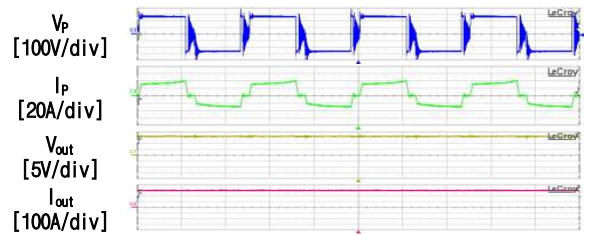


그림 7 실험 결과 파형(full load)
Fig. 7 Waveforms of experimental results (full load).

6. 결론

본 논문은 FPS에 적용하기 위하여 풀-브릿지 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안된 컨버터는 시뮬레이션과 실험을 통하여 DC 16V / 300A 출력 특성을 확인하였다. 향후 궤한 제어 실험을 통하여 정전압, 정전류 제어 성능 검증이 필요하다.

본 논문은 다원시스(주)의 성균관대학교 산학협동 연구과제 연구비지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Korea Atomic Energy Research Institute, "Development of KSTAR Neutral Beam Heating System (3 phased research report)," 2007.
- [2] Yungtaek Jang, M.M. Jovanovic, Yu-Ming Chang, "A New ZVS-PWM Full-Bridge Converter," *IEEE Trans. on P.E.*, Vol. 18, No.5, pp. 1122 ~ 1129, September. 2003.
- [3] Pressman, *Switching Power Supply Design*, McGraw-Hill, 1997.