

NBI용 필라멘트 전원공급 장치 설계

전범수*, 이희준*, 이승교**, 류동균***, 이택기****, 원충연*
성균관대학교*, 다원시스**, 삼성전기***, 한경대학교****

Filament Power Supply Design for Neutral Beam Injection

Bum-su Jun*, Hee-jun Lee*, Seung-gyo Lee**, Dong-kyun Ryu***, Taek-kie Lee****, Chung-yuen Won*

*School of Information and Communication Engineering Sungkyunkwan University,

**DAWONSYS CO., LTD,

***SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD,

****Dept. of Electrical Engineering Hankyong University.

ABSTRACT

Filament power supply (FPS) for neutral beam injection (NBI) consists of an insulation type is a device that heats the interior of Tokamak. The input/output specifications of FPS are 3-phase AC 200[V_{peak}] and DC16V/300A respectively. A conventional FPS is composed of a 3-phase diode rectifier with DC-link, a H-bridge DC/DC converter, a high frequency transformer, a secondary rectifier and a LC-filter.

In this paper, to improve the efficiency of PSFB DC/DC converter it is substituted IGBT devices instead of diode rectifier in secondary side. The proposed method is verified by computer simulation and experiment result.

1. 서 론

원자력 에너지는 핵분열 방식에 의존하고 있고, 방사성 폐기물의 원인과 상업적인 제품으로 만들기가 힘들다. 반면에 핵융합방식의 원자력에너지는 안전하고 효율적인 방법으로 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 원자력 에너지는 무한정 에너지 원으로 그린에너지의 미래의 원천으로 인식되어 국가적으로 연구 및 개발이 이루어지고 있다.

중성입자빔(NBI: Neutral Beam Injection)은 플라즈마 가열을 위한 핵심적인 가열장치이며, 필라멘트, 아크, 스너머 바이오스, 밴딩 마그넷 전원 공급기 등으로 구성되어 있다^[1]. 현재는 성능구현을 위해 연구를 활발히 하고 있으며, 향후에 효율 개선에 대한 연구 개발이 필요하다. 일반적으로 토카막 내부에 온도를 가열하는 장치인 필라멘트 전원공급 장치는 하드 스위칭 방식의 풀-브릿지 DC/DC 컨버터를 사용하고 있다.

그러나 최근에 풀-브릿지 DC/DC 컨버터의 효율 개선을 위해 위상천이 방식을 이용하여 ZVS 동작으로 1차측 스위칭 손실을 저감하는 방식이 사용되고 있다^[2]. NBI용 필라멘트 전원장치의 특징은 2차측 출력이 저전압, 대전류 특성을 가지기 때문에 다이오드 정류기에 손실이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 이러한 2차측의 다이오드 손실을 저감하기 위해 IGBT 소자를 사용하여 ZVS Turn on/off를 통해 효율 개선을 할 수가 있다. 제안된 방식을 시뮬레이션과 실험

을 통해 증명한다.

2. 본 론

2.1 필라멘트 전원공급기의 구성

기존의 위상천이 풀-브릿지 DC/DC 컨버터(PSFB)는 2차측 다이오드에 의한 손실, 스너머 회로에 구성이 필요하였으나 IGBT 소자로 대체함으로써 손실저감을 할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 사용된 시스템의 구성을 보여준다.

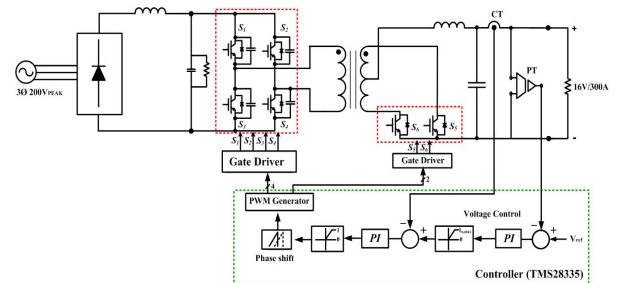


그림 1. 제안된 phase-shift full bridge 시스템
Fig.1 The proposed of phase-shift full bridge system

제안된 위상천이 풀-브릿지 DC/DC 컨버터의 1차측 스위치에 대한 동작은 기존의 위상천이 풀-브릿지 DC/DC 컨버터와 동일하다. 2차측의 IGBT 소자의 ON/OFF는 1차측의 스위치의 동작에 따라 결정된다. 시스템의 구성은 3상 200V의 입력으로 3상 다이오드 정류기를 통하여 위상천이 풀-브릿지 DC/DC 컨버터의 DC전압을 얻었다. 또한 정류기에 의한 고조파 전류를 저감하기 위해 LC 필터를 설계하였고, 1차측 전력을 고주파 변압기를 통하여 2차측으로 전달하며 필라멘트 부하에 필요한 16V, 300A를 출력한다.

2.2 시뮬레이션

시뮬레이션은 PSIM6.0을 이용하였고 제어를 위해 C언어로 구성된 DLL을 이용하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 표1과 같다.

표1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 Simulation parameters

Item	Value
입력전압[V _s]	3상 AC200V[peak]
변압기턴수[N _s :N _p]	12:2
출력전압[V]	16
출력전류[A]	300
스위치 주파수[kHz]	20

그림 2는 PSFB DC/DC 컨버터 시뮬레이션 회로를 보여주고 있다.

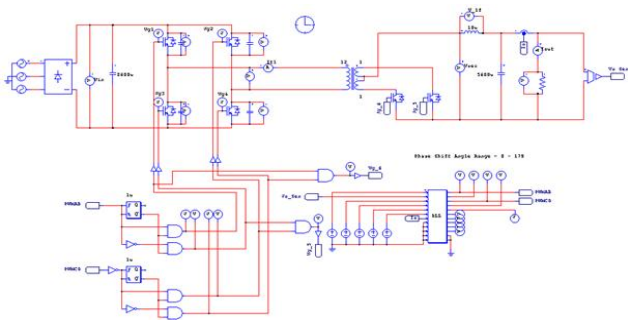
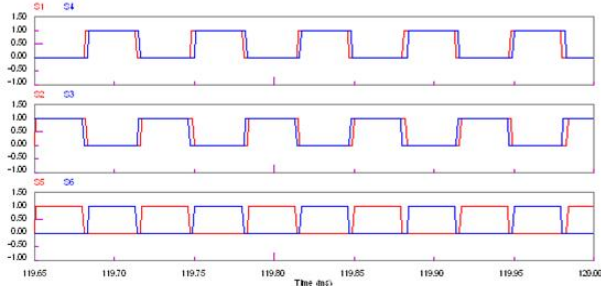


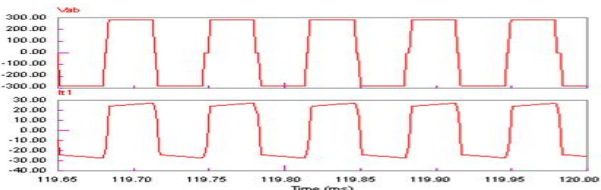
그림 2. 제안된 시뮬레이션 회로

Fig. 2 The proposed of simulation circuit

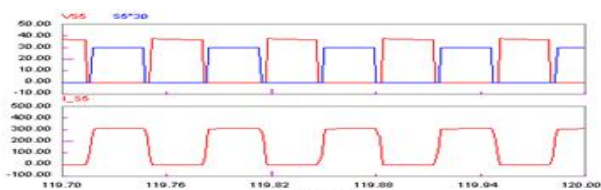
그림 3은 시뮬레이션 결과를 보여준다. 1차측 IGBT PWM 파형 및 2차측 IGBT의 PWM 파형을 보여주고 있으며, 1차측 변압기의 전압 및 전류 파형을 보여주고 있다. 출력 전압과 전류가 16V, 300A로 제어가 되고 있는 것을 확인할 수가 있다.



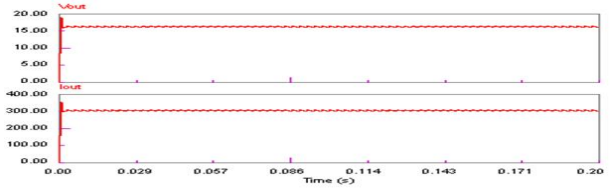
(a) IGBT 소자 게이트 파형



(b) 변압기 1차측 전압전류 파형



(c) 2차측 IGBT 전압, 전류 및 Gate 파형.



(d) 출력전압, 전류 파형

그림 3. 제안된 시스템의 시뮬레이션 결과 파형

Fig. 3 Simulation result of proposed system

2.3 실험 셋트.

그림 4는 실험 셋트 사진을 보여준다. 실제 시스템과 동일한 용량으로 설계를 하였으며, 1차측 IGBT 소자는 세미크론 SKM50GB-128DN, 2차측 IGBT 소자는 미쯔비시 CM400DY-24NF으로 제작하였다.

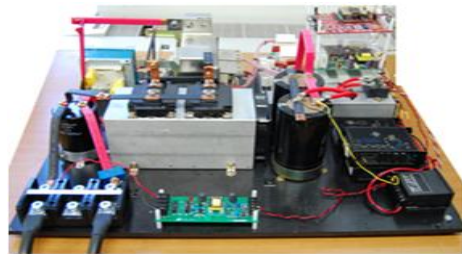


그림 4. 제안된 시스템의 실험 셋트

Fig. 4 Experiment set of proposed system

3. 결론

NBI용 필라멘트 전원공급기의 효율 개선을 위한 위상천이 풀-브릿지 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 고주파 변압기 2차측 IGBT 소자를 ZVS로 동작시켜 스위치 손실을 저감하였다.

제안된 4.8kW급 필라멘트 전원공급 장치의 효율 측정 및 동작 특성을 확인하고, 향후에 동일한 토폴로지로 실제 시스템을 구현 할 예정이다.

본 논문은 (주)다원시스의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고 문헌

[1] Korea Atomic Energy Research Institute, "Development of KSTAR Neutral Beam Heating System (3 phased research report)", 2007.

[2] Se Hyung Lee, Bum Su Jun, Seung Kyo Lee, Yong Chae Jung, Chung Yuen Won, "A Study on Filament Power Supply for KSTAR", 16th International Conference on Electrical Engineering, 2010.

[3] S. J. Jeon, F. Canales, P. M. Barbosa, F. C. Lee, "A primary-side-assisted zero-voltage and zero-current switching three-level DC-DC converter with phase-shift control", *IEEE APEC* 2002, Volume2, pp.641 - 647, 2002.