

철도차량용 보조전원장치에 관한 연구

최연우, 이병희†
한밭대학교

The Study on Auxiliary Power Unit for Railroad Car

Yeon-Woo Choi, Byoung-Hee Lee†
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 공진형 DC/DC Converter와 Single-Switch Boost Converter 구조를 적용한 철도차량용 보조전원장치를 제안한다. 제안하는 회로는 기존 대비 반도체 소자의 개수 저감 및 반도체 소자의 전압 스트레스를 해당 회로부 입력전압의 1/2 이하로 저감 가능하여 낮은 내압의 반도체 소자를 적용할 수 있다. 150kW급 철도차량용 보조전원장치 회로를 컴퓨터 기반 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 기존 보조전원장치의 문제점

최근 석탄, 가솔린, 디젤 등의 석유에너지를 대신하여 전기 에너지를 이용한 수송수단이 개발되고 있다. 자동차, 항공, 선박 그리고 철도차량 등 전기를 활용하는 여러 수송수단 중에서 철도차량은 대량의 자원이나 화물의 이동이 가능하며, 환경오염을 유발하는 매연 배출이 적으며 비용도 저렴하다.

가선의 전압을 이용하여 철도차량의 구동 전원을 제외한 에어컨, 조명과 같은 편의시설, 그리고 제어용 장치 등에 전기 에너지를 공급하는 장치를 보조전원장치 (APU/APS : Auxiliary Power Unit/Supply)라고 한다. 그림 1은 기존 보조전원장치의 구성도를 나타낸 것이다. 가선으로부터 공급되는 900~1800V의 넓은 입력전압변화 범위를 DC링크 전압 조절부 Two-Switch Boost Converter를 통해 1800V로 승압 및 고정시켜주며, 공진형 DC/DC Converter를 통하여 700V의 고정 출력전압을 얻을 수 있는 구조이다.^{[1]-[2]-[3]}

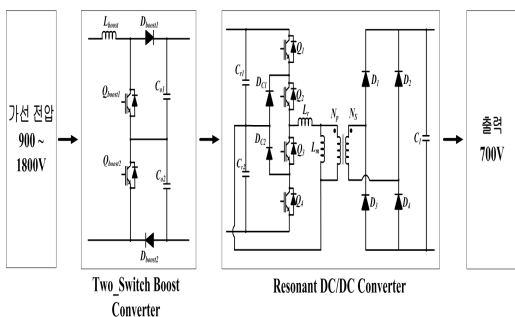


그림 1 기존 철도차량용 보조전원장치의 구성도
Fig. 1 Structure of the Conventional Auxiliary Power Unit for Railroad Car

본 논문에서는 기존 대비 반도체 소자 개수 저감 및 효율 개선이 가능한 철도차량용 보조전원장치를 제안한다.

2. 제안하는 철도차량용 보조전원장치

Two-Switch Boost Converter는 스위치의 전압스트레스 저감을 위해 반도체 소자 개수가 증가하며, 소자 개수 증가에 따라 스위칭 손실 및 도통 손실이 증가하여 효율이 감소할 수 있다. 제안하는 회로에서는 공진형 DC/DC Converter와 Single-Switch Boost Converter 구조를 적용하여 기존대비 반도체 소자 개수 저감 및 효율 개선이 가능하다. 그림 2는 공진형 DC/DC Converter와 Single-Switch Boost Converter가 적용된 제안하는 철도차량용 보조전원장치의 회로도 이다. 제안된 보조전원장치는 가선으로부터 공급되는 900~1800V의 전압을 공진형 DC/DC Converter 구조를 통해 350~700V의 링크 전압으로 강압하고 Single-Switch Boost Converter를 이용하여 700V의 출력을 생성한다. 기존 회로는 1800V의 링크 전압을 Two-Switch를 이용하여 전압스트레스를 제한한다. 하지만 제안하는 회로에서는 700V의 전압스트레스가 발생하므로 Single-Switch로 구현이 가능하다. 따라서 기존대비 낮은 정격 전압의 반도체 소자를 이용하여 시스템 구현이 가능하므로 효율의 개선이 가능하다.

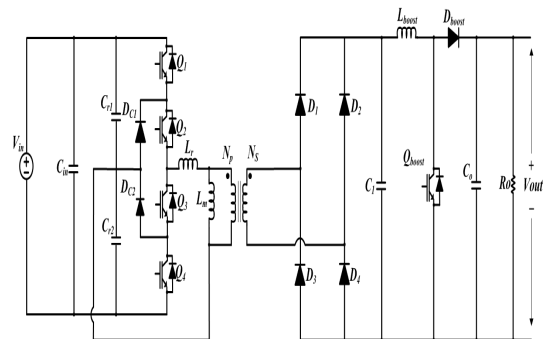


그림 2 제안하는 철도차량용 보조전원장치의 회로도
Fig. 2 Circuit Diagram of The Proposed Auxiliary Power Unit for Railroad Car

3. 시뮬레이션 및 검증

표 1은 기존 회로 및 제안하는 보조전원장치 회로의 검증을 위한 시스템 설계사양이다. 입력전압은 가선전압의 변동 범위인 900~1800V 으로 동일하며, 출력 전력은 150kW, 동작 주파수는 기존 시스템의 동작주파수인 8kHz로 선정하였다.

표 1 시스템 설계사양
Table 1 System Specification

Part	Conventional	Proposed
입력 전압 (V_{in})	900 V~1800 V	900 V~1800 V
출력 전압 (V_o)	700 V	700 V
링크 전압 (V_L)	1800 V	700 V
동작 주파수 (F_s)	8 kHz	8 kHz
출력 전력 (P_o)	150 kW	150 kW
변압기 턴 비	13 : 1	13 : 1

그림 3은 제안하는 철도차량용 보조전원장치 시스템의 시뮬레이션 회로도를 나타내고 있다. 그림 1과 그림 2를 통해 확인할 수 있는 것과 같이, 그림 3에서도 제안하는 회로가 기존대비 반도체 소자의 개수 저감이 가능한 구조임을 확인할 수 있다.

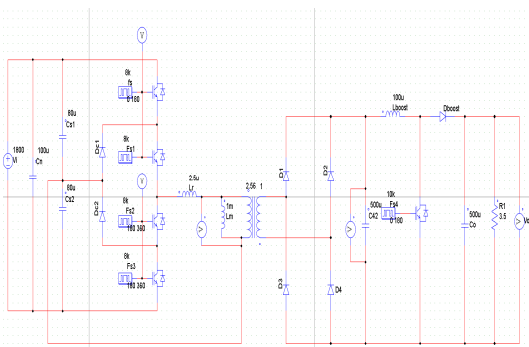
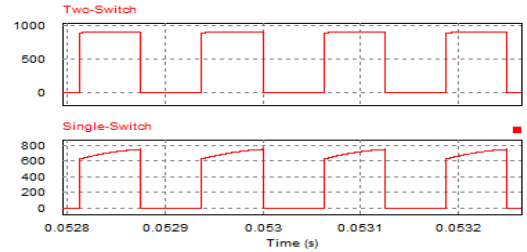
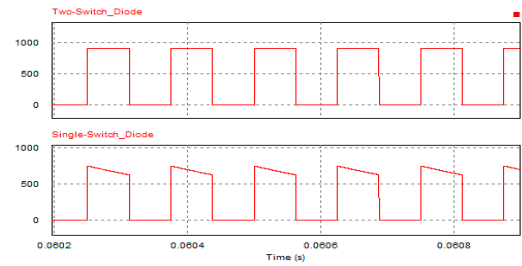


그림 3 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 Simulation Circuit

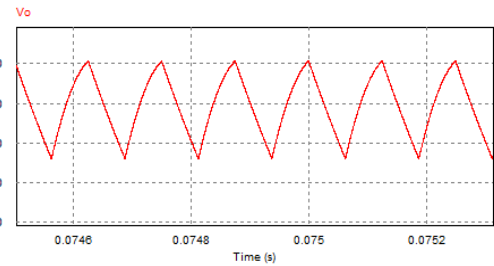
그림 4는 제안하는 철도차량용 보조전원장치 시스템의 가선전압 1800V 조건에서의 시뮬레이션 파형이다. Boost Converter Switch 전압, Diode 전압, 출력 전압을 나타내고 있으며, 시뮬레이션 파형을 통해 전압스트레스 저감이 가능함을 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4 철도차량용 보조전원장치 시뮬레이션 결과

(a) Boost 스위치 양단전압 (b) Boost 다이오드 양단전압 (c) 출력 전압

Fig.4 Simulation Results of Auxiliary Power Unit for Railroad Car (a) Conventional/Proposed Boost Switch Voltage (b) Conventional/Proposed Boost Diode Voltage (c) Output Voltage

4. 결론

본 논문에서는 공진형 DC/DC Converter와 Single-Switch Boost Converter 구조를 적용하여 기존 대비 반도체 소자의 전압 스트레스 저감을 통하여 반도체 소자 개수 저감이 가능한 구조를 제안하였다. 제안회로는 기존 회로의 특성을 유지하면서 반도체 소자의 개수 저감 및 효율의 개선이 가능한 장점이 있다. 컴퓨터 기반 시뮬레이션을 통해 제안한 150kW급 철도차량용 보조전원장치를 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 조정민 “공진형 DC/DC 컨버터를 이용한 자기부상열차용 보조전원장치 경량화 기술개발”
- [2] Yilei Gu, “Three Level LLC Series Resonant DC DC Converter”
- [3] 이경복 “자기부상열차 보조전원장치 경량화를 위한 공진형 HFDC/DC Converter 연구”