

PDM 기법을 이용한 이중출력 DC-DC 컨버터의 제어

이언석, 강병극, 정창진, 정세교
경상대학교

Control of Dual Output DC-DC Converter Using PDM Technique

Eon Seok LEE, Byeong Geuk Kang, Chang Jin Jeong, and Se Kyo Chung
Gyeongsang National University

ABSTRACT

This paper presents a pulse density modulation (PDM) technique with a high frequency link for a dual output DC-DC converter. The proposed scheme consists of a fixed frequency AC link and independent PDM controllers for the output regulation, which provides a simple structure and higher efficiency. The simulation and experimental results are provided to show the effectiveness of the proposed method.

1. 서 론

하나의 입력 전원으로 각기 다른 전압의 절연된 이중출력을 갖는 전원장치를 구현하는 방법으로, 변압기 2차 측에 정류회로와 개별적인 직류-직류 컨버터를 사용하는 방법과, 하나의 출력에만 제어를 사용하고 다른 출력에는 변압기의 교차조절 (Cross regulation) 특성을 이용하여 제어하는 방식이 있다. 그러나 변압기 2차 측에 별도의 직류-직류 컨버터를 사용하는 방식은 전력변환 단계가 복잡하여 효율이 낮고 가격이 상승하는 단점이 있다. 또한, 하나의 출력에만 제어를 사용하고 다른 출력에는 교차조절 특성을 이용하는 방법은 제어되지 않은 출력에서 정밀한 전압제어가 어려운 단점이 있다.^{[1][2]}

따라서 본 논문에서는 고주파 교류링크와 PDM 방식을 사용하여 각각의 출력에 대해 독립적인 제어가 가능한 직류-직류 컨버터를 제안하였다. 제안된 제어기는 구조가 간단하고 전력변환 단계가 단순하여 고효율화가 가능한 장점이 있다. 본 논문에서는 PDM을 이용한 이중출력 직류-직류 컨버터를 제작하고 실험을 통하여 컨버터의 타당성을 검증하였다.^[2]

2. PDM을 이용한 직류-직류 컨버터

그림 1은 본 논문에서 제안한 PDM을 이용한 고주파링크 이중출력 직류-직류 컨버터이다. 1차 측에 하프 브릿지 회로, 각각의 출력전압에 따라 독립적으로 권선 비를 결정할 수 있는 변압기단, 2차 측은 정류 회로와 출력 V_{o1} 에 인덕터와 커패시터로 구성된 필터 회로, 출력 V_{o2} 에 정류된 전압을 제어하는 MOSFET 스위치, 인덕터와 커패시터로 구성된 필터회로, 그리고 프리휠링 다이오드로 구성된다. 본 논문에서는 그림 1의 회

로구성으로 제안된 PDM을 이용한 이중출력 직류-직류 컨버터의 동작을 시뮬레이션과 실험을 통해 검증한다.

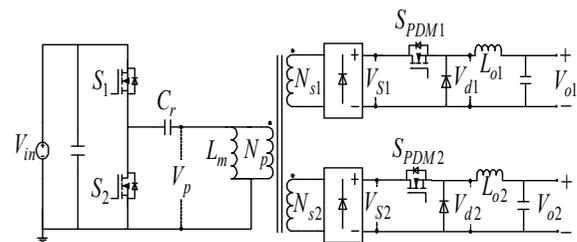


그림 1 이중출력 직류-직류 컨버터의 회로
Fig. 1 Circuit of dual output DC-DC converter

2.1 제안된 PDM 컨버터의 동작원리

제안된 PDM을 이용한 직류-직류 컨버터의 회로에서 1차 측의 스위치 S_1 과 S_2 의 시비율과 직류입력전압이 일정하게 유지되는 경우에 1차 측의 직류 교류 컨버터의 회로에서 직류입력전압을 그림 2의 V_p 와 같이 고주파의 교류로 변환하는 역할을 한다.

컨버터의 1차 측 직류 교류 스위치 S_1 과 S_2 의 스위칭 주파수는 f_H 이고, 2차 측 PDM 회로의 스위치 S_{PDM} 의 스위칭 주파수는 f_L 이다. $f_H > f_L$ 이며 f_H 는 f_L 의 정수배이다. 교류로 변환된 V_p 파형은 변압기를 거쳐 변압기의 권선 비에 의해 2차 측으로 유기되며 유기된 전압은 2차 측의 정류기를 거쳐 그림 2의 V_{s1} 과 같이 직류 펄스로 변환된다. 이렇게 변환된 구형파 전압을 2차 측의 스위치 S_{PDM} 을 통해 그림의 V_d 파형과 같이 필요한 구형파 펄스의 개수만큼 펄스의 밀도를 조정함으로써 출력 전압을 제어할 수 있으며 출력전압은 식 (1)과 같다.

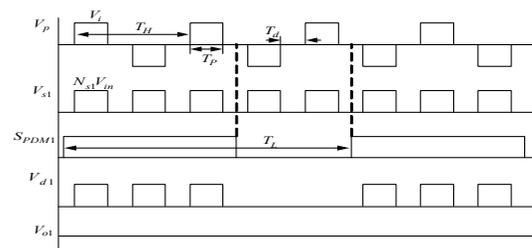


Fig. 2 PDM switching technique
그림 2 PDM 스위칭 기법

$$V_o = D_{PDM} \cdot n_1 V_i \cdot \frac{2D_{s1}}{T_H} = D_{PDM} \cdot n_1 V_i \cdot 2f_H D_1 \quad (1)$$

여기서 D_{PDM} 은 PDM 회로의 시비율, n_1 은 변압기 권선비, V_i 는 입력전압, T_H 는 직류 교류 컨버터의 주기, D_{s1} 은 직류 교류 컨버터의 시비율이다.

PDM 제어 기법에서 2차 측 스위치의 턴 온과 턴 오프 시간은 1차 측의 스위치 S_1 이 꺼지고 S_2 가 켜지는 사이의 영역의 T_d 시간에서 동작하므로 ZVS 동작이 가능하다.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 컨버터를 시뮬레이션과 실험을 통하여 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션과 실험은 표 1과 같은 조건으로 진행하였으며 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

표 1 컨버터의 사양
Table 1 Parameters of converter

Parameter	Value	Parameter	Value
Input Voltage	200 [V]	Turn Ratio $N_p : N_{s1} : N_{s2}$	5 : 2 : 2
Output Voltage V_{o1}	20 [V]	Magnetizing inductance	1.56 [mH]
Output Voltage V_{o2}	24 [V]	Leakage inductance L_r	6.3 [uH]
switch S_1 and S_2 Frequency	100 [kHz]	Capacitor C_r	1 [uF]
Duty Ratio	0.48	Output inductance L_{o1}, L_{o2}	120 [uH]
switch S_{PDM1} and S_{PDM2} Frequency	10 [kHz]		150 [uH]

그림 3은 표 1의 파라미터를 적용한 컨버터 시뮬레이션 결과 파형이다. 직류 교류 컨버터의 스위칭 펄스(S_1, S_2), 스위치의 드레인 소스 전압(V_{DS-S1}), 변압기 1차 측 양단 전압(V_p), 2차 측 정류전압(V_{s1}, V_{s2}), 2차 측 PDM 제어기 펄스(S_{PDM1}, S_{PDM2}), 2차 측 프리휠링 다이오드 양단 전압(V_{d1}, V_{d2}), 출력 전압(V_{o1}, V_{o2})의 순서로 나열되어 있다. 2차 측 PDM 제어기에 의해 출력전압이 각각 독립적으로 제어됨을 볼 수 있다.



그림 3 제안된 회로에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation results for proposed circuit

그림 3의 동작 파형과 그림 4의 실험결과 파형에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 실험결과가 동일함을 알 수 있다. 또한, 제안된 회로의 동작을 확인 할 수 있으며, 2차 측 회로에서 PDM 제어가 원하는 출력전압을 얻을 수 있도록 2차 측 PDM 제어회로의 스위치 S_{PDM1} 과 S_{PDM2} 의 시비율은 각각 0.6과 0.7로 하여 필요한 구형파의 펄스밀도를 조정하는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 용량에 따른 제안한 컨버터의 효율을 나타낸다.

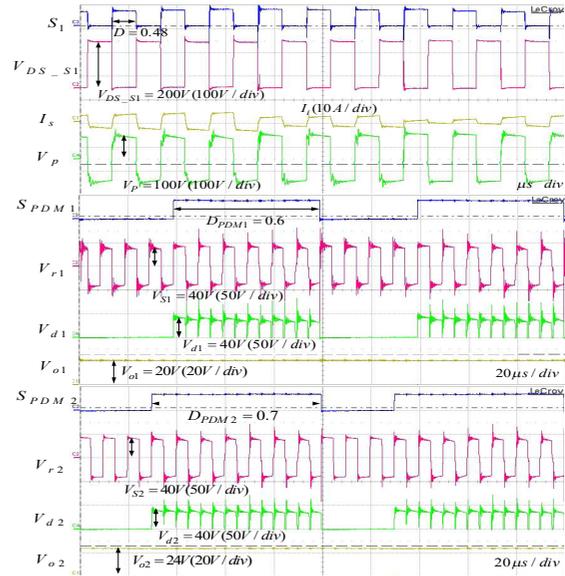


그림 4 제안된 회로에 대한 실험결과 파형
Fig. 4 Experimental waveforms for proposed circuit

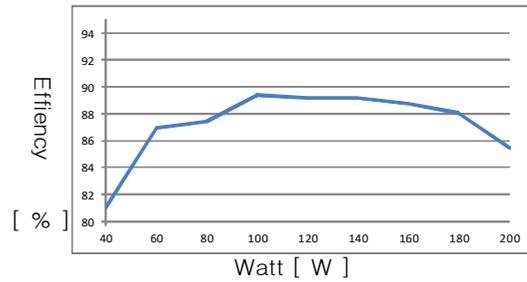


그림 5 제안된 컨버터의 용량에 따른 효율 변화
Fig. 5 The measured efficiency of the proposed converter

4. 결론

본 논문에서는 고주파 링크와 PDM 기법을 이용한 이중출력 DC DC 컨버터의 제어기법을 제안하였다. 제안된 방식의 컨버터는 간단한 회로의 구성과 출력전압을 독립적으로 제어할 수 있는 PDM 기법을 제안하고 타당성과 효율성을 확인하기 위해 시뮬레이션과 실험을 수행하여 제안된 제어기법의 타당성과 효율성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] Yilei Gu, Lijun Hang, Huiming Chen, Zhengyu Lu, Zhaoming Qian and Jun Li, "A Simple Structure of LLC Resonant DC DC Converter for Multi output Applications", IEEE APEC 2005, pp. 1485 1490, 2005
- [2] H. Fujita and H. Akagi, "Control and Performance of a Pulse Density Modulated Series Resonant Inverter for Corona Discharge Process", IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 35, No. 3, pp. 621 627, 1999.
- [3] Matsuo, H, "Comparison of Multiple Output DC DC Converters Using Cross Regulation", IEEE Trans. on Ind. Electr., Vol. IECI 27, No. 3, pp. 176 189, 1980.