

낮은 맥동과 스트레스를 갖는 Z-소스 DC-DC 컨버터

박종기¹, 신연수¹, 정영국[†], 임영철¹, 오승열²
 전남대학교¹, 대불대학교[†], 전자부품연구원²

Z-Source DC-DC Converter with Low Ripple and Stress

Jong Gi Park*, Yeon Soo Shin*, Young Gook Jung**, Young Cheol Lim*, Seung Yeol Oh¹,
 Chonnam National University*, Daebul University**, Korea Electronics Technology Institute¹

ABSTRACT

본 연구에서는 quasi Z 소스 DC DC 컨버터와 LCCT Z 소스 DC DC 컨버터 특성을 가지고 있으면서 커패시터에 걸리는 전압과 전압 스트레스가 개선되는 improved LCCT Z 소스 컨버터(ZSDC)를 제안하였다. 제안한 improved LCCT ZSDC의 동작원리를 설명하고, 실험을 통하여 타당성을 고찰하였다.

1. 서론

본 연구에서는 듀티비에 따른 양의 출력전압과 음의 출력이 가능한 개선된 LCCT Z 소스 DC DC 컨버터(ZSDC)를 제안하였다. 제안된 improved LCCT ZSDC는 종전의 LCCT 임피던스망의^[1] 2권선 고주파 변압기를 3권선 고주파 변압기(Ns:Np:Nt)와 커패시터를 추가하여 커패시터에 걸리는 전압 리플, 전압 스트레스를 낮추었다. 제안한 컨버터의 동작의 타당성을 증명하기 위해 실험 결과를 제시하였다.

2. 본문

그림 1(a)는 양 극성의 출력 직류 전압이 가능한 Quasi Z 소스^[2] DC DC 컨버터(Quasi ZSDC)이다. L_1, L_2 로 인해 암 단락 상태에서도 소자는 낮은 스트레스를 가지는 장점을 가지고 있으며, 기동시 Quasi Z 임피던스 망의 돌입 전류가 적은 CCM(Continuous Current Mode)으로 동작을 한다. 하지만 Quasi ZSDC는 듀티비 D에 따른 높은 출력 전압이득을 가지는 문제점 한계점을 가지고 있다. 따라서 최근에는 그림 1(b)와 같이 Quasi ZSDC의 특성을 가지고 있으면서, Quasi Z 임피던스

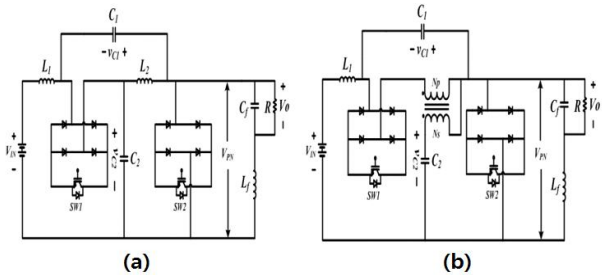


그림 1 (a) Quasi Z-소스 DC-DC 컨버터 (b) LCCT Z-소스 DC-DC 컨버터

스망의 인덕터를 2권선 고주파 변압기($N_s:N_p$)로 구성된 LCCT Z 임피던스망이 연구되었다. 종전의 Quasi ZSDC보다 D에 따른 부스트율이 높은 장점을 가지고 있는 LCCT Z 소스 DC DC 컨버터(LCCT ZSDC)이다.

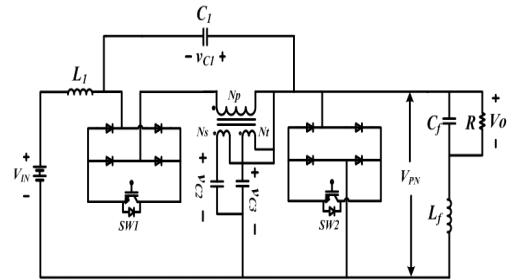


그림 2 제안한 improved LCCT Z-소스 DC-DC 컨버터

그림 2의 improved LCCT ZSDC는 종전의 LCCT Z 임피던스 망의 구조를 가진다는 면에서 동일한 구조이나, 2권선 고주파 변압기를 3권선 고주파 변압기($N_s:N_p:N_t$)와 커패시터를 추가한 구조가 다르다. Quasi ZSDC, LCCT ZSDC 보다 커패시터 전압(V_{C2})의 리플, 전압 스트레스가 낮은 장점을 가지고 있다. 또한 고주파 변압기의 권선비를 높일수록 더 높은 전압을 얻을 수도 있다.

표 1 종전의 QZSDC, LCCT ZSDC 및 제안한 improved LCCT ZSDC의 전압이득 수식 비교 (N : 권선비)

| voltage | Quasi ZSDC | LCCT ZSDC | Improved LCCT ZSDC |
|----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| $\frac{G_{vo}}{(v_o/v_i)}$ | $\frac{1-D}{1-2D}$ | $\frac{1-D}{1-(1+N)D}$ | $\frac{1-D}{1-(1+N)D}$ |

표 1은 각 방식의 출력전압의 전압이득이며, LCCT ZSDC, Improved LCCT ZSDC는 권선비가 1:1일 경우에는 종전의 Quasi ZSDC와 같은 출력을 가진다. 그러나 권선비가 커질수록 종전의 Quasi ZSDC보다 높은 부스트율을 가지고 있다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 improved LCCT ZSDC의 타당성을 검증하기 위하여 실험을 하였으며, 실험 파라미터는 입력 전압은 70[V], 스위칭 주파수 20[kHz], 변압기 권선비($N_s:N_p:N_t=2:1$

1), 커패시터 $C_1 = C_2 = C_3 = 6.8[\mu F]$, L C필터 3[mH], 10 [uF], 부하 R=40[Ω]이다. 그림 3과 그림 4는 제안된 방식의 듀티비에 따른 입력전류, 출력전압, 커패시터 전압, 전압 스트레스의 파형이다.

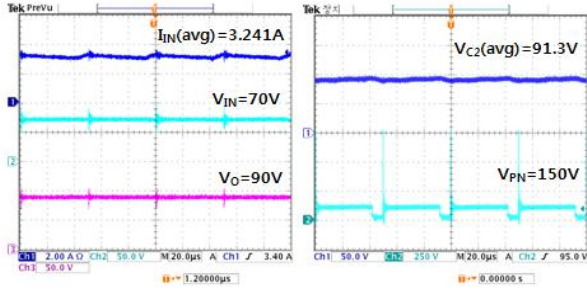


그림 3 양(+)의 출력전압 일 때, 제안된 방식의 입력전류(I_{IN}), 출력전압(V_O), 커패시터전압(V_{C2}), 전압스트레스(V_{PN}) 파형(D=0.115)

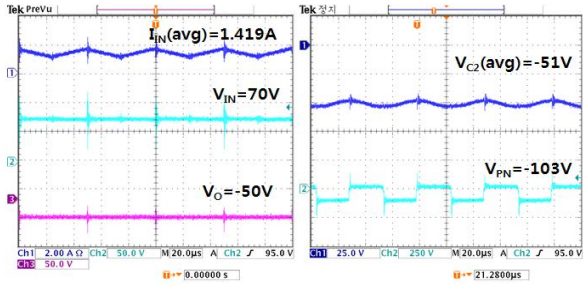


그림 4 음(-)의 출력전압 일 때, 제안된 방식의 입력전류(I_{IN}), 출력전압(V_O), 커패시터전압(V_{C2}), 전압스트레스(V_{PN}) 파형(D=0.54)

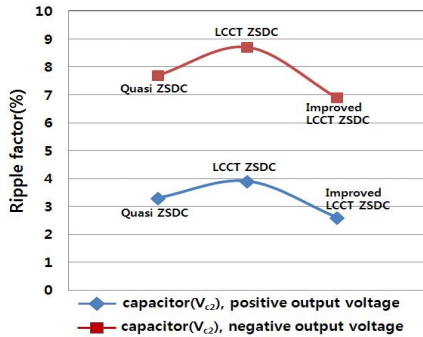


그림 5 각 컨버터의 커패시터 전압 (V_{C2})의 맥동률

그림 5는 각 컨버터의 커패시터 전압 (V_{C2})의 맥동률을 보여 준다. 양(+)의 출력 직류전압 일 때의 Quasi ZSDC, LCCT ZSDC의 커패시터 전압(V_{C2})의 맥동률은 각각 3.3[%], 3.9[%]이며, 제안한 Improved LCCT ZSDC의 경우는 2.6[%]이며, 음 (-) 출력 직류전압 일 때에도 제안한 Improved LCCT ZSDC가 6.9[%]로 가장 낮은 맥동률을 가지고 있다. 또한 표 2와 같이 제안한 improved LCCT ZSDC의 전압 스트레스(V_{PN})가 가장 낮음을 알 수 있다.

표 2 각 컨버터의 전압스트레스(V_{PN})

| Voltage | Quasi ZSDC | LCCT ZSDC | Improved LCCT ZSDC |
|--------------|------------|-----------|--------------------|
| (+) V_{PN} | 155.5V | 152V | 150V |
| (-) V_{PN} | 195V | 104V | 103V |

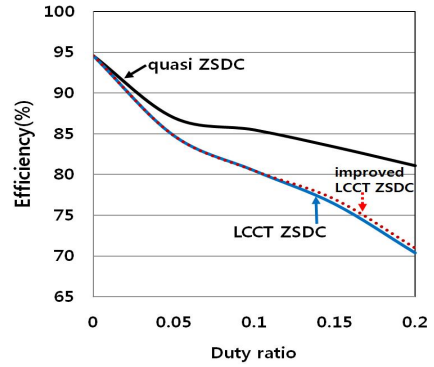


그림 6 양(+)의 출력 직류 전압, 듀티비 D에 따른 각 방식의 효율 비교(일정 부하 50[Ω])

표 3 듀티비 D에 따른 각 방식의 효율 비교[%](일정 부하 50[Ω])

| D | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.15 | 0.2 |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| Quasi ZSDC | 94.6 | 87 | 85.5 | 83.4 | 81.1 |
| LCCT ZSDC | 94.6 | 84.8 | 80.5 | 76.4 | 70.4 |
| Improved LCCT ZSDC | 94.6 | 84.8 | 80.5 | 77 | 71 |

표 3은 양(+)의 출력 직류 전압일 때, 일정 부하의 조건에서 D 변동에 따른 각 방식의 효율을 비교한 것이다. 그림 6은 이를 그래프로 표현한 것이며, 종전의 LCCT ZSDC(D=0.115)와 Improved LCCT ZSDC(D=0.115)은 Quasi ZSDC(D=0.215)보다 D가 커질수록 효율이 급격하게 낮아지는 것을 알 수 있다. 이것은 Trans를 사용하는 Z 소스 토폴로지의 통상적인 특성이 다.

4. 결론

본 연구에서는 듀티비에 따른 양극성 출력이 가능한 Improved LCCT ZSDC를 제안하였다. 제안한 방식은 종전의 Quasi ZSDC, LCCT ZSDC보다 Z 임피던스 망의 커패시터 전압(V_{C2})의 리플이 감소되며, 전압 스트레스(V_{PN})가 낮은 장점이 있음을 실험으로 확인하였다.

본 논문은 광역경제권연계협력사업의 “승용, 상용 전기자동차 검용 급속충전시스템 개발” 과제의 지원으로 연구되었음

참고 문헌

[1] Adamowicz M., "LCCT Z Source Inverters", in Proc. International Conference on Environment and Electrical Engineering EEEIC, 2011, (Rome), 8 11, pp. 1 6, CD ROM
 [2] D. Cao and F. Z. Peng, "A family of Z source and quasi Z source DC DC converters," in Proc. 24th Annu. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo., 2009, pp. 1097 1101