

액티브 스너버를 이용한 Ringing 제거 및 효율 개선

권혁진 , 최승원 , 이일운 , 이준영
 명지대학교

Active snubber eliminates ringing and improves efficiency

Hyuk-Jin Kwon , Seung-Won Choi , Il-Oun Lee , Jun-Young Lee
 Myongji University

ABSTRACT

본 논문은 Full-bridge converter 2차측 다이오드의 Ringing 전압을 제거하는 방법으로 Active Snubber를 제안한다. 기존 RCD Snubber는 다이오드의 Ringing 에너지를 저항으로 소모하는 방식으로 전압 저지를 줄이는데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Active Snubber가 제안 되었으며, Active Snubber는 다이오드의 Ringing 전압을 회생시킴으로써, 전압 스트레스를 줄이고 효율을 개선하는 이점을 보여준다. 본 논문에서는 7KW Full-bridge converter에 제안하는 Active Snubber를 적용하여 그 유도성을 입증하였다.

1. 서 론

최근 친환경 정책에 따라 수소 및 전기 자동차에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 친환경차 배터리는 효율을 높이기 위해서 고전압, 고용량화 되어가고 있으며 그에 따라 고전압, 고용량 LDC가 요구되어 지는 추세이다.

LDC가 대용량으로 변해감에 따라 스위치 및 다이오드의 내압이 커져가고 있다. 높은 입력전압 범위를 가지게 되면서 2차측 다이오드의 기생 캐패시터로 인해 높은 Ringing 전압이 발생하게 된다. 따라서 높은 내전압의 다이오드가 필요하게 된다. 일반적으로 다이오드의 전압 스트레스를 줄이기 위해 RCD Snubber가 사용되는데 RCD Snubber를 사용할 경우 효율이 떨어지는 단점이 존재한다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 RCD Snubber 대신 Active Snubber를 통해 Ringing 전압을 잡으면서 효율을 개선시키는 것을 제안한다.

2. 제안하는 Active Snubber

제안하는 Snubber는 그림 2와 같이 Flyback DCM Converter를 설계하였으며, 그림 1에서 보이듯이 Full-Bridge Converter에 적용하여 실험을 진행하였다. Active Snubber는 다이오드에 역방향전압이 걸렸을 때 기생 캐패시터로 인해서 발생하는 에너지를 캐패시터에 충전시켜, 순방향 전압시에 캐패시터에 저장된 에너지를 Flyback DCM Converter를 통해서 출력측으로 회생시켜준다. 다음 수식을 통해 Active Snubber 입출력 관계로부터 시비율 , 턴비 n , 인덕턴스 L_m 을 설계

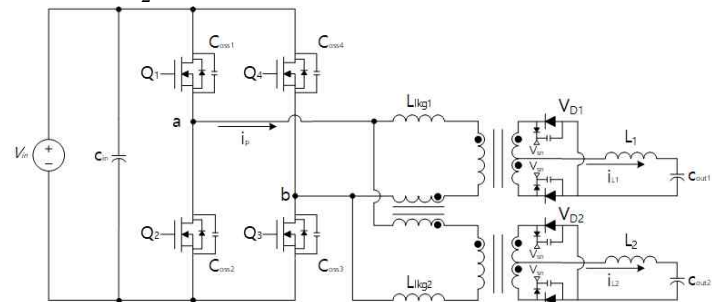
할 수 있다.^[1]

$$n \frac{V_{sn} i_j(T_x)}{2} f_s = \frac{1}{2} L_{lks} i_{Cj}(T_x)^2 (\frac{V_{sn}}{V_{sn} - V_{ss}}) f_s \quad [2] \quad (1)$$

$$\frac{n_a V_{dc}/2}{V_{sn}} = \frac{D_a}{2L_m / (n_a^2 R_{eff} T_{sa})} \quad [2] \quad (2)$$

$$R_{eff} = \frac{(V_{dc}/2)^2}{2P_{sn}} \quad [2] \quad (3)$$

$$L_m = \frac{(1 - D_a)^2 n_a^2 R_{eff} T_{sa}}{2} \quad [2] \quad (4)$$



1 Phase-Shifted Full-Bridge 회로
 Fig. 1 Phase-Shifted Full-Bridge circuit

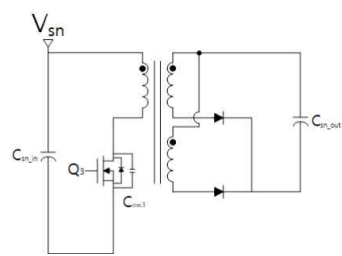


그림 2 Active Snubber 회로
 Fig. 2 Active Snubber circuit



그림 3 하드웨어 사진.
 Fig. 3 A picture of hardware.

1 Active Snubber 설계 사양.

Table 1 Active Snubber Design Specifications.

	제안하는 Snubber
입력전압 범위	100V ~ 150V
스위치	SPP20N60
다이오드	LXA20T600
PWM IC	TL494C
스위칭 주파수	100khz
변압기	PQ2625
턴 수	10 : 4 : 4

표 2 Snubber에 따른 효율 비교.

Table 2 Comparison of efficiency by Snubber.

Snubber	Vin	다이오드 Vmax	효율
RCD	800V	240V	91.674%
Active	800V	231V	92.549%
RCD + Active	800V	197V	92.266%

3. 실험 결과

제안하는 Snubber의 타당성을 입증하기 위해서, $n = 800V$, $V_o = 28V$, $P_o = 7kw$ LDC에 설계한 Flyback DCM Active Snubber를 설계 및 제작하여 적용하였다. 1) RCD 2) Active 3) RCD+Active 3가지의 경우로 나누어서 실험을 진행하였다. 그림 3, 그림 4, 그림 5는 다이오드의 전압스트레스를 측정할 파형이고, 각 Snubber별로 실험을 진행하였을 때, 다이오드 Ringing전압이 제거되는 것과 효율 개선을 표2로 정리하였다. 표 2를 보면 알 수 있듯이, RCD스너버 대신 Active Snubber만 사용할 경우에는 다이오드 전압스트레스는 동일하지만 0.9%효율이 개선되었다. RCD Snubber와 Active Snubber를 동시에 사용했을 때는 Ringing전압이 43V 더 제거되지만 효율은 0.6%로 덜 개선되는 것으로 실험을 통해서 확인하였다.

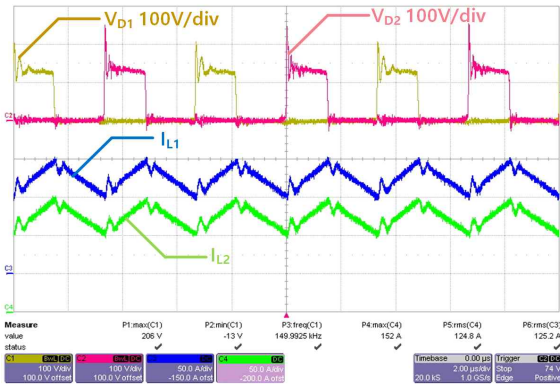


그림 3 RCD Snubber 사용한 다이오드 파형.

Fig. 3 diode waveform with RCD Snubber.

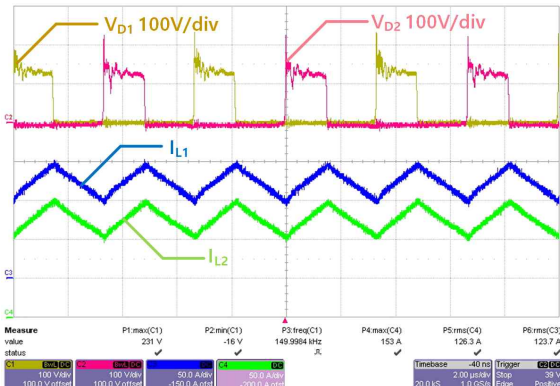


그림 4 Active Snubber 사용한 다이오드 파형.

Fig. 4 diode waveform with Active Snubber.

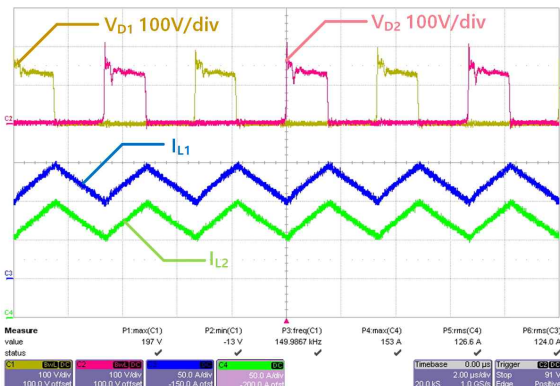


그림 5 RCD Snubber,Active Snubber 사용한 다이오드 파형.

Fig. 5 diode waveform with RCD Snubber, Active Snubber.

4. 결론

본 논문에서는 Flyback DCM Active Snubber 제안하였다. 제안하는 Snubber는 RCD Snubber는 저항으로 소모하는 방식과 달리 출력으로 회생시킴으로서, 높은 효율을 달성 하게 된다. RCD Snubber와 Flyback DCM Active Snubber를 같이 쓸 경우에는 전압스트레스를 크게 줄일 수 있었다.

이러한 결과를 토대로 효율을 높이면서 Ringing전압을 제거시킬 수 있으니, 높은 입력 전압에서 다이오드 선정을 낮은 내압 조건에서 할 수 있게 된다. 또한 높은 효율을 추구하는 어플리케이션에 유용하게 사용 될 수 있을 것이다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국가혁신클러스터사업(P040200001_수소·물류운송 대형수소전기화물차 부품국산화 및 개조기술 개발)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임

참고 문헌

[1] Jun Young Sin, "Development of converter for high frequency welding machines using activesnubber", Power Electronics Conference , 2015.07, 171-172(2 pages)
 [2] Seung Won Choi, "High-Efficiency Portable Welding Machine based on Full-Bridge Converter With ISOP-Connected Single Transformer and Active Snubber", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 63, NO. 8, AUGUST 2016