

무손실 스너버를 적용한 트랜스-Z-소스 인버터

최석민* 김흥근* 차헌녕* 전태원** 노의철***
 경북대학교* 울산대학교** 부경대학교***

Trans-Z-source Inverter using lossless snubber

Seokmin Choi*, Heung Geun Kim*, Honnyong Cha*, Tae won Jun**, Eui cheol Nho***
 Kyungpook National Univ., Ulsan Univ., Pukyong National Univ.

ABSTRACT

Z 소스 인버터는 스위치의 암 단락과 개방을 이용한 인버터로써 기존의 전압형과 전류형 인버터의 단점을 개선하면서 승압 및 강압 기능을 동시에 가질 수 있다. 하지만 주전원과 스위치 회로 사이에 위치한 임피던스 네트워크 때문에 스위칭 소자에 과도한 전압 오버슈트가 발생하며, 암 단락으로 인한 스위칭 손실이 기존의 전압형 인버터보다 증가하게 되는 단점이 있다. 본 논문에서는 소프트 스위칭 구현이 가능한 무손실 스너버를 적용한 소프트 스위칭 트랜스 Z 소스 인버터를 제안한다.

1. 서론

기존의 전압형 혹은 전류형 인버터의 경우 암 단락/개방이 발생할 경우 스위칭 소자에 과도한 전압, 전류 스트레스를 유발한다. 또한 기존의 전압형 인버터의 경우 항상 강압의 기능만을 가진다. 최근 개발된 트랜스 Z 소스 인버터는 기존 인버터의 문제점을 극복하고 훨씬 더 높은 승강압의 기능을 동시에 가질 수 있다. 하지만 트랜스 Z 소스 네트워크에 존재하는 누설 인덕턴스로 인해 스위칭 소자에 과도한 전압 오버슈트를 감소시키고 소프트 스위칭 구현이 가능한 무손실 스너버 회로를 적용한 트랜스 Z 소스 인버터를 사용하여 스위치단의 오버슈트를 줄이고, 소프트 스위칭을 통해 효율을 개선하고자 한다.

2. 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터의 동작

2.1 트랜스-Z-소스 인버터 스너버 회로

그림 1은 무손실 스너버를 적용한 전압형 트랜스 Z 소스 인버터를 나타내며, 본 논문에서 제안된 회로는 트랜스 Z 소스 네트워크와 스너버 회로, 인버터로 구성되어 있다. 그림 1에 보인 것처럼 트랜스 Z 소스 네트워크는 두 개의 인덕터가 결합된 결합 인덕터와 다이오드, 커패시터로 구성되어 있다. 인버터의 스위치가 암단락 되었을 때 다이오드 D_1 은 턴오프 되며, 결합 인덕터의 1차 전압은 커패시터 전압과 동일하다.

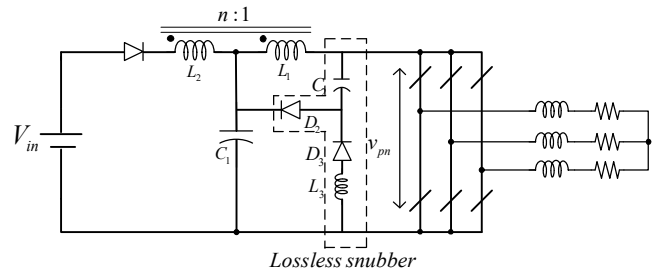
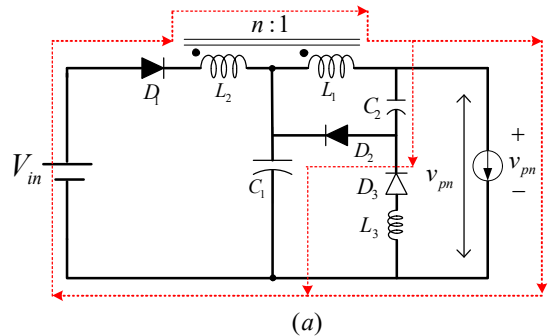


그림 1 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터
 Fig. 1 Soft-switched Trans-Z-Source Inverter

2.2 트랜스-Z-소스 인버터 스너버 회로 동작

그림 2(a)는 액티브 모드의 동작을 나타낸다. 트랜스 Z 소스 회로의 다이오드 D_1 은 턴 온 되며, 주전원으로부터 인버터로 에너지가 공급된다. 암 단락이 되었을 때 누설 인덕턴스에 축적된 에너지는 스너버 커패시터 C_1 으로 저장되며, 스위치의 전압은 선형적으로 증가하게 된다. 누설 인덕턴스의 에너지가 커패시터로 전송이 완료될 때 까지 스위치의 전압은 상승하며, 에너지가 완전히 전송 된후 스위치 전압은 정상상태로 떨어진다. 스너버 커패시터에 의해 오버슈트 전압은 감소하게 되며, 스너버 회로로 동작하게 된다. 그림 3(b)는 암 단락 모드의 동작을 나타낸다. 누설 인덕터의 에너지가 저장된 스너버 커패시터의 에너지는 스위치단을 통해 스너버 회로의 인덕터로 에너지가 전송된다. 암 단락시 스너버 회로의 커패시터와 인덕터의 공진 때문에 공진전류가 흐르며, 스위치는 소프트 스위칭을 하게 된다. 그림 3는 스너버 회로가 적용된 트랜스 Z 소스 인버터의 동작 파형을 나타낸다.



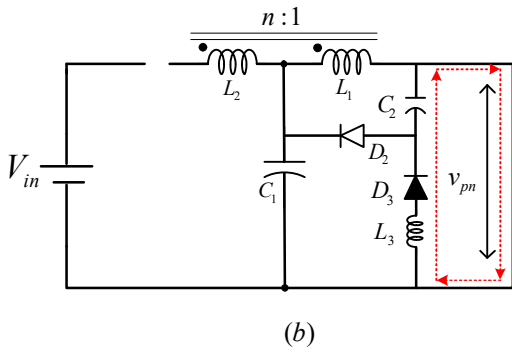


그림 2 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터 동작
(a)액티브 상태 (b)암 단락 상태
Fig. 2 Operating modes of soft-switched Trans-Z-Source Inverter

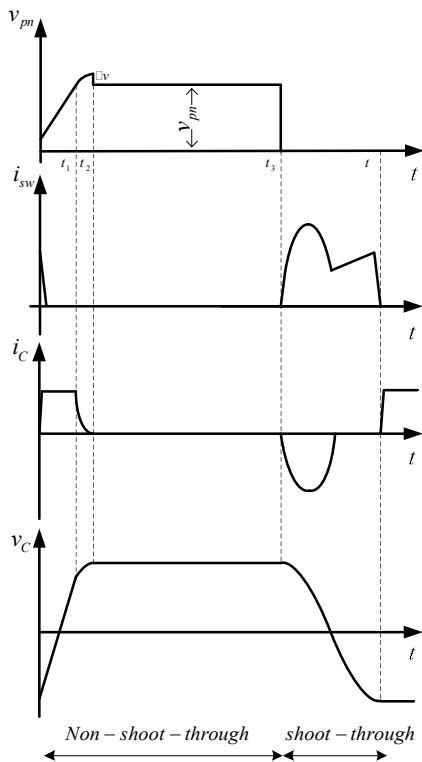


그림 3 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터 동작 파형
Fig. 3 Waveforms of soft-switched Trans-Z-Source Inverter

액티브 모드에서 스너버 커패시터에 걸리는 전압은

$$v_{C_2 \max} = v_{pn} - V_{C_1} + \Delta V = v_{pn} - V_{C_1} + I_{L_2} \sqrt{\frac{L_{kage}}{C_2}} \quad (1)$$

$$\left(\because \frac{1}{2} L_{kage} I_{L_2}^2 = \frac{1}{2} C_2 \Delta V^2, \therefore \Delta V = I_{L_2} \sqrt{\frac{L_{kage}}{C_2}} \right)$$

암단락 모드에서 다이오드 D_3 에 흐르는 최대 전류는

$$\frac{1}{2} L_{L_3} I_{L_3 \max}^2 = \frac{1}{2} C_2 V_{C_2 \max}^2$$

$$\therefore I_{L_3 \max} = V_{C_2 \max} \sqrt{\frac{C_2}{L_{L_3}}} \quad (2)$$

2.3 모의실험&실험 결과

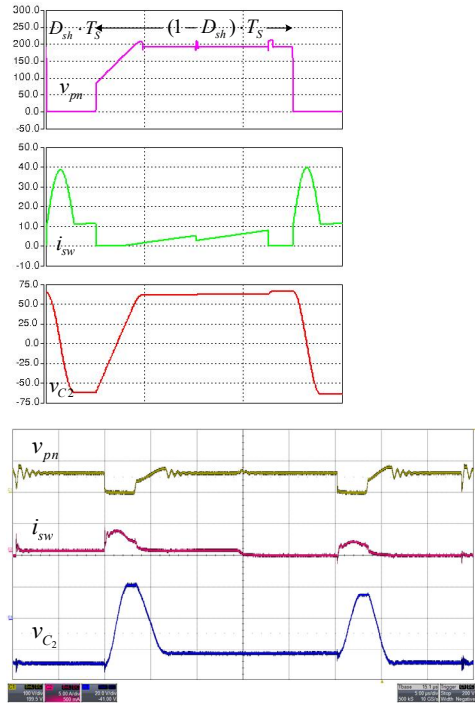


그림 4 모의실험&실험 결과 : 스위치의 전압 전류 파형
Fig. 4 Simulation&Experiment result: Voltage and current waveforms

그림 4는 무손실 스너버 회로를 포함한 트랜스 Z 소스 인버터의 시뮬레이션 결과와 실험 결과를 나타낸 것이다. 암단락 상태에서부터 액티브 상태로 스위치 상태가 변화할 때, 스위치에 발생하는 오버슈트 전압이 감소하였다. 스위치의 전류 또한 암단락시 누설 인덕터에 짧은 시간 선형으로 증가하고 또한 공진 전류도 흐른다. 이것은 소프트 스위칭에 기여하는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 무손실 스너버를 적용한 트랜스 Z 소스 인버터를 제안하였다. 무손실 스너버를 적용하여 인버터 스위치의 전압 오버슈트가 감소되는 것을 확인 하였고, 전압과 전류 파형을 통해 소프트 스위칭에 기여하는 것 또한 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안된 회로는 스위치의 전압 스트레스를 줄일 수 있으며 스위치의 이용률 증가 및 소프트 스위칭 효과로 고 신뢰성과 높은 효율을 갖는다.

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20111020400260)

참고 문헌

- [1] M. Domb, R. Rel, N. O. Sokal "Nondissipative turn off snubber alleviates switching power dissipation, second breakdown stress and Vce overshoot: Analysis design procedure and experimental verification", Power Electronics, IEEE Trans, pp.445-454, 1982