

# 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.

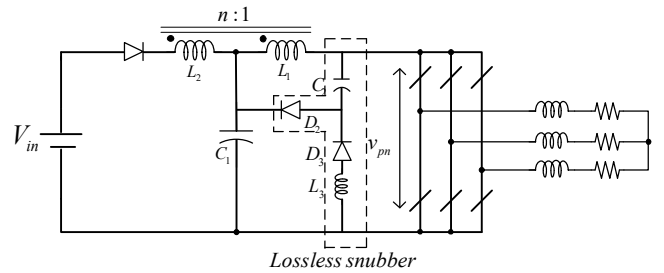
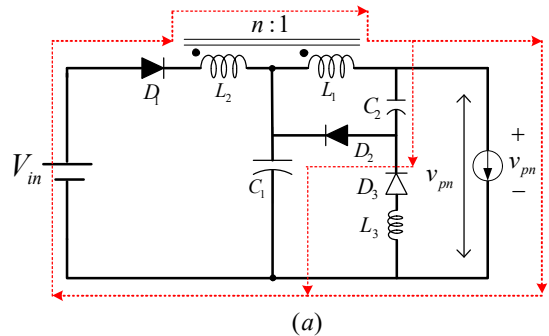


그림 1 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터  
 Fig. 1 Soft-switched Trans-Z-Source Inverter

#### 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.



(a)

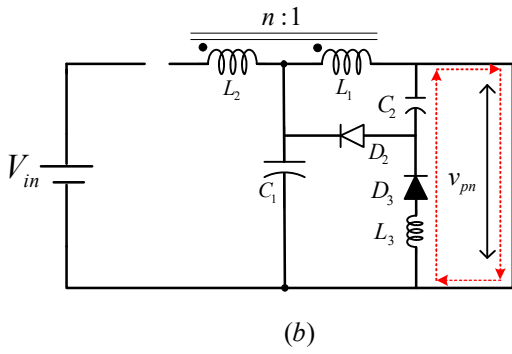


그림 2 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터 동작  
(a)액티브 상태 (b)암 단락 상태

Fig. 2 Operating modes of soft-switched Trans-Z-Source Inverter

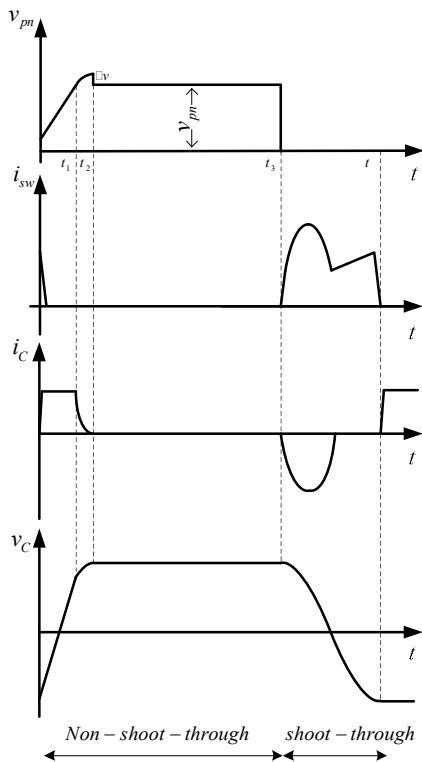


그림 3 소프트 스위칭 트랜스-Z-소스 인버터 동작 파형  
Fig. 3 Waveforms of soft-switched Trans-Z-Source Inverter

액티브 모드에서 스너버 커패시터에 걸리는 전압은

$$v_{C_2 \max} = v_{pn} - V_{C1} + \Delta V = v_{pn} - V_{C1} + I_{L2} \sqrt{\frac{L_{kage}}{C_2}} \quad (1)$$

$$\left( \because \frac{1}{2} L_{kage} I_{L2}^2 = \frac{1}{2} C_2 \Delta V^2, \therefore \Delta V = I_{L2} \sqrt{\frac{L_{kage}}{C_2}} \right)$$

암단락 모드에서 다이오드  $D_3$ 에 흐르는 최대 전류는

$$\frac{1}{2} L_{L3} I_{L3 \max}^2 = \frac{1}{2} C_2 V_{C2 \max}^2$$

$$\therefore I_{L3 \max} = V_{C2 \max} \sqrt{\frac{C_2}{L_{L3}}} \quad (2)$$

## 2.3 실험 결과

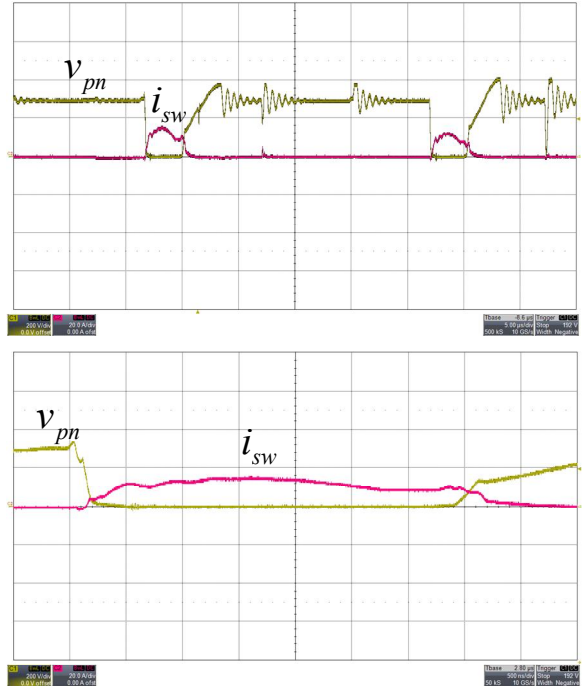


그림 4 실험 결과 : 스위치의 전압 전류 파형

Fig. 4 Experiment result: Voltage and current waveforms

그림 4는 무손실 스너버 회로를 포함한 트랜스 Z 소스 인버터의 실험 결과를 나타낸 것이다. 암단락 상태에서부터 액티브 상태로 스위치 상태가 변화할 때, 스위치에 발생하는 오버슈트 전압이 감소하였다. 스위치 전류 또한 암 단락시 누설 인덕터로 인해 짧은 시간 선형으로 증가한다. 그리고 암단락시 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 2012년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(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