소프트 스위칭 Trans-Z-소스 인버터

김수한, 차헌녕, 최병조, 김흥근
경북대학교

Soft-switched Trans-Z-source Inverter

Suhan Kim, Honnyong Cha, Byungcho Choi, Heung Geun Kim
Kyungpook National University

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 스위칭구현이 가능한 무손실 스너버를 적용한 소프트 스위칭 trans 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 trans Z 소스 인버터는 이러한 기존 인버터의 문제점을 극복하고 훨씬 더 높은 승, 강압의 기능을 동시에 가질 수 있다. 하지만 trans Z 소스 네트워크에 존재하는 누설 인덕턴스로 인해 스위칭 소자에 과도한 전압 오버슈트를 유발하는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 전압 오버슈트를 감소시키고 소프트 스위칭 구현이 가능한 무손실 스너버 회로를 적용한 trans Z 소스 인버터를 사용하여 스위치단의 오버슈트를 줄이고, 소프트 스위칭을 통해 효율을 개선하고자 한다.

2. 소프트 스위칭 Trans-Z-소스 인버터의 동작

2.1 전압형 Trans-Z-소스 인버터

그림 1은 무손실 스너버를 적용한 전압형 trans Z 소스 인버터를 나타내며, 본 논문에서 제안된 회로는 trans Z 소스 네트워크와 스너버 회로, 인버터로 구성되어 있다. 그림 1에 보인 것처럼 trans Z 소스 네트워크는 두 개 인덕터가 결합된 결합 인덕터와, 다이오드, 커패시터로 구성되어 있다. 인버터의 스위치가 암단락 되었을 때 다이오드 D_1은 턴오프 되며, 결합 인덕터의 1차전압은 커패시터 전압과 동일하다. 그림 2(a)는 trans Z 소스 네트워크 회로가 암 단락 상태의 회로를 나타낸

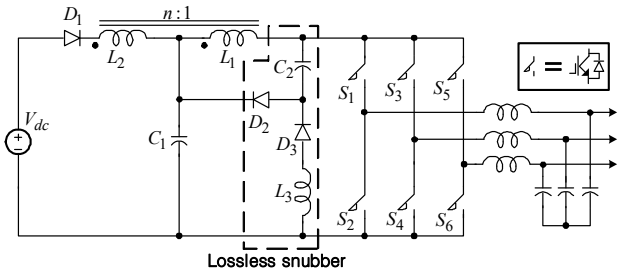

그림 1 소프트 스위칭 Trans Z 소스 인버터
Fig. 1 Soft switched trans Z source inverter

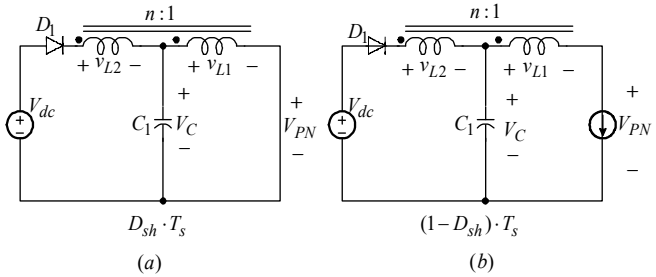

그림 2 Trans Z 소스 네트워크의 동작 모드
(a) 암 단락 상태 (b) 액티브 동작 상태
Fig. 2 Operating modes of trans Z source inverter

다. 그림 2(b)는 trans Z 소스 네트워크 회로가 액티브 상태의 회로를 나타낸다. 스위치가 액티브 상태에서 동작 되었을 때 다이오드 D_1은 턴온 되며, 결합 인덕터의 2차 전압은 커패시터 전압과 동일하게 된다. 결합 인덕터의 권선비를 n이라 정의하고 암 단락 듀티비를 D_{sh}라 정의하면 trans Z 소스 인버터의 전압이득은 다음과 같다.

$$\frac{V_{PN}}{V_{dc}} = \frac{1}{1-(1+n)D_{sh}} \quad (1)$$

2.2.Trans-Z-소스 인버터 스너버 회로 동작

그림 3(a)는 스위치가 암 단락 구간에서 액티브 동작구간으로 변할 때 동작을 나타낸다. trans Z 소스 회로의 다이오드 D_1은 턴 온 되며, 주전원으로부터 인버터로 에너지가 공급된

다. 암 단락이 되었을 때 누설인덕턴스에 축적된 에너지는 스너버 커패시터 C_1 으로 저장되며, 스위치의 전압은 선형적으로 증가하게 된다. 누설인덕턴스의 에너지가 커패시터로 전송이 완료될때 까지 스위치의 전압은 상승하며, 에너지가 완전히 전송후 스위치 전압은 정상상태로 떨어진다. 스너버 커패시터에 의해 오버슈트 전압은 감소하게 되며, 스너버 회로로 동작하게 된다. 그림 3(b)는 스위치가 액티브 동작구간에서 암 단락구간으로 동작을 나타낸다. 누설 인덕터의 에너지가 저장된 스너버 커패시터의 에너지는 스위치단을 통해 스너버 회로의 인덕터로 에너지가 전송된다. 암 단락시 스너버 회로의 커패시터와 인덕터 공진때문에 공진전류가 흐르며, 스위치는 소프트 스위칭을 하게 된다. 그림 4는 스너버 회로가 적용된 trans Z 소스 인버터의 동작 파형을 나타낸다.

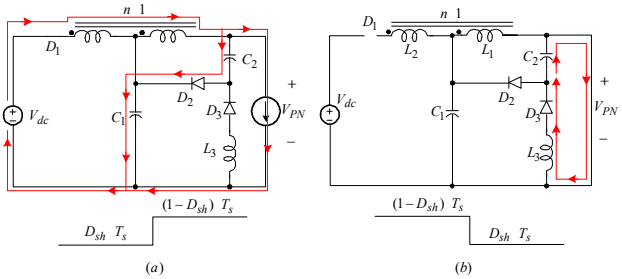

그림. 3 소프트 스위칭 Trans Z 소스 인버터 동작
(a) 암 단락 상태 (b) 액티브 상태
Fig. 3 Operating modes of soft switched trans Z source

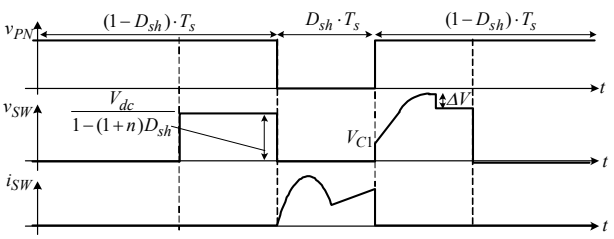

그림 4. 소프트 스위칭 trans Z 소스 인버터의 동작파형
Fig. 4 Waveforms of soft switched trans Z source inverter

2.3. 시뮬레이션 결과

그림 5는 무손실 스너버 회로가 없는 기존의 전압형 trans Z 소스 인버터의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 암단락 상태로부터 액티브상태로 스위치상태가 변화할 때 600V의 스위치

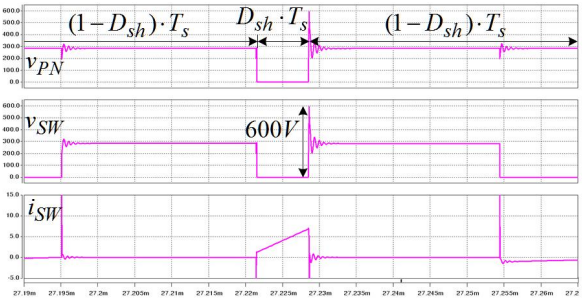

그림 5 시뮬레이션 결과: 기존의 전압형 trans Z 소스 인버터
Fig. 5 Simulation results : Traditional trans Z source inverter

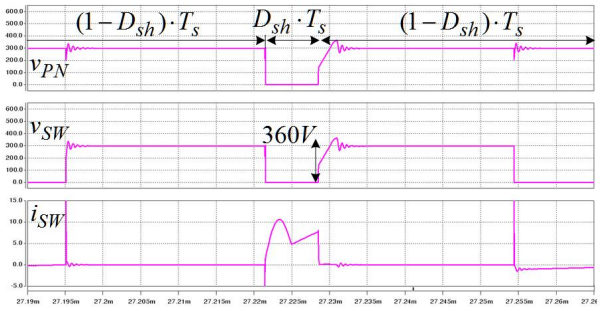

그림 6 시뮬레이션 결과: 스위치의 전압 전류 파형
Fig. 6 Simulation result : Voltage and current waveforms

의 큰 오버슈트 전압이 발생하였다. 그림 6은 무손실 스너버 회로를 포함한 trans Z 소스 인버터의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 암단락 상태로부터 액티브상태로 스위치 상태가 변화할 때, 스위치의 오버슈트 전압이 360V로 감소하였다. 스위치의 전류 또한 암 단락시 공진전류가 흐르며, 소프트 스위칭에 기여하는 것을 확인할 수 있다.

3.결론

본 논문에서는 무손실 스너버를 적용한 trans Z 소스 인버터를 제안하였다. 스너버 회로를 포함하지 않은 기존의 전압형 trans Z 소스 인버터와 무손실 스너버를 포함한 전압형 trans Z 소스 인버터의 동작을 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 무손실 스너버를 적용하여 인버터 스위치의 전압 오버슈트가 감소되는 것을 확인하였고, 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 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급 인력과정 지원사업과 연구결과로 수행되었음
(NIPA 2012 H0401 12 1006)

참 고 문 헌

[1] F. Z. Peng, "Z source inverter", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 39,no. 2, pp. 504 510, Mar/Apr. 2003

[2] Wei Qian, F. Z. Peng, Honnyong Cha "Trans Z source inverter", Power Electronics, IEEE Trans, vol. 26,no. 12, pp. 3453 3463, Dec. 2011

[3] 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