

# 넓은 입력전압 및 부하 변동에 적합한 새로운 대전력용 L<sup>3</sup>C 공진형 컨버터

홍석용, 최세완  
서울과학기술대학교

## New High Power L<sup>3</sup>C Resonant Converter Suitable for Wide input voltage and load variations

Seokyong Hong, Sewan Choi  
Seoul National University of Science and Technology

### ABSTRACT

본 논문에서는 넓은 입력전압 및 부하 변동에 적합한 대전력용 L<sup>3</sup>C 공진형 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 직렬공진탱크와 병렬공진탱크를 조합하여 승압과 강압이 가능하며 다른 공진형 컨버터에 비해 적은 주파수 변동에도 넓은 입출력 범위를 만족 시킬 수 있다. 제안하는 컨버터는 삼차권선을 이용하여 공진 탱크를 구성하기 때문에 공진 커패시터에 흐르는 전류를 최소화 할 수 있으며 공진에 참여하는 인덕터는 변압기의 누설 인덕턴스를 사용하여 소자를 최소화 할 수 있다. 제안하는 컨버터의 스위칭 특성의 경우 모든 스위치가 ZVS 턴온을 달성하고 다이오드는 ZCS 턴온/턴오프가 가능하다.

### 1. 서론

전기자동차 탑재형충전기, 신재생에너지 전력변환기 및 기타 전원장치 등 많은 분야에서 소프트 스위칭이 가능하고 전력밀도가 높은 공진형 컨버터의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 승압과 강압이 가능하며 스위치의 ZVS 턴온, 다이오드의 ZCS 턴오프가 가능한 LLC컨버터가 가장 활발히 연구되고 있다.<sup>[1]</sup> 하지만 LLC컨버터는 입출력 전압 변동에 따른 주파수 변동폭이 넓은 단점이 있는데, 이 주파수 변동폭을 좁게 하기 위하여 Lm을 작게 하면 순환 전류가 증가뿐 아니라 변압기 에어갭으로 인한 변압기 손실이 커진다. 또한 부하용량이 커지면 입력력과 직렬로 연결된 공진커패시터의 전류 정격이 커져 대용량에 적용이 어려워진다.

본 논문에서 제안하는 새로운 L<sup>3</sup>C 컨버터는 공진커패시터를 병렬로 연결하는 노치필터의 특성을 갖는 구조로서 LLC 컨버터에 비해 전압변동에 따른 주파수변동이 매우 작아 넓은 전압변동을 갖는 응용에 적합하다. 또한 변압기 3차권선의 턴비를 적절히 조정하면 공진커패시터의 전류정격을 줄일 수 있어서 대전력 응용에 적합하다. 제안한 컨버터는 1kW의 사작품을 제작하여 동작원리와 타당성을 검증하였다.

### 2. 새로운 L<sup>3</sup>C 공진형 컨버터

그림 1은 제안하는 컨버터를 나타낸다. 3개의 공진인덕터는 모두 변압기의 누설인덕턴스를 이용하고 변압기의 3차권선에 공진커패시터를 연결하여 L<sup>3</sup>C의 공진탱크를 구성한다. 그림 2는 제안하는 컨버터의 동작파형이다. 각각의 레그는 듀티(D=0.5)로 동작시키고 주파수제어 방식을 사용한다. i<sub>Cr</sub>과 i<sub>pri</sub>의 차이만큼 2차측으로 에너지가 전달되며 공진을 이용하여

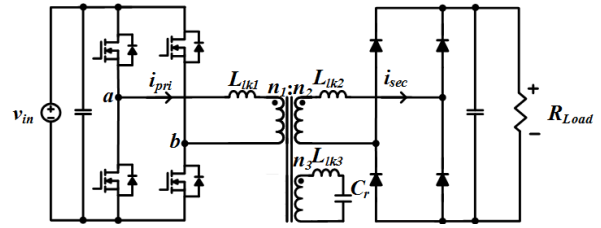


그림 1. 제안하는 L<sup>3</sup>C공진형 컨버터

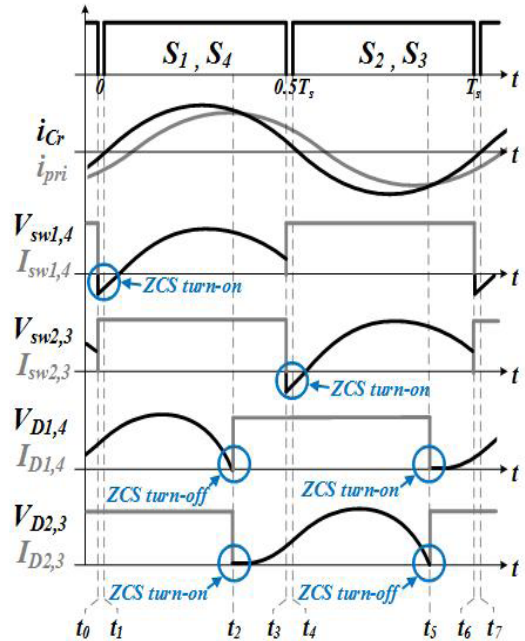
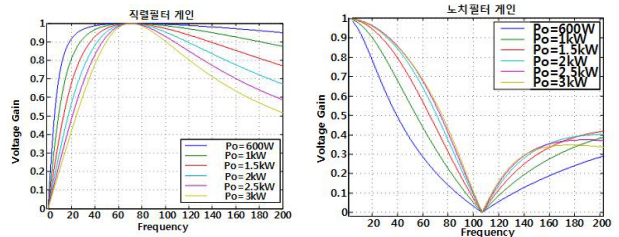
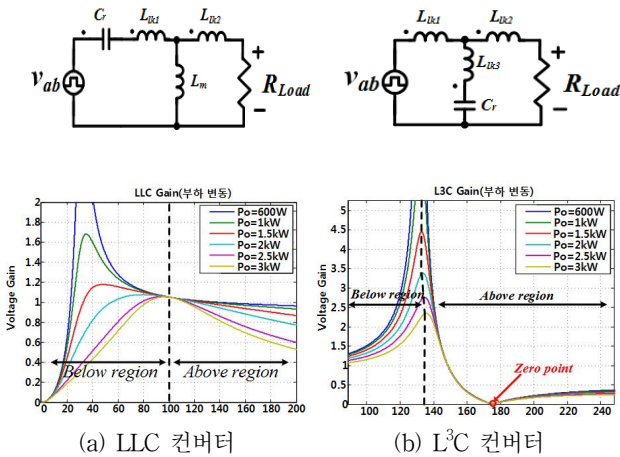


그림 2. 제안하는 L<sup>3</sup>C공진형 컨버터 동작파형



(a) 직렬공진탱크 (b) 노치공진탱크  
그림 3. L<sub>r</sub>-C<sub>r</sub> 공진탱크 위치에 따른 게인 곡선 비교



(a) LLC 컨버터 (b) L<sup>3</sup>C 컨버터  
 그림 4. LLC 컨버터와 L<sup>3</sup>C 컨버터의 공진등가회로 및 게인곡선 그래프 비교

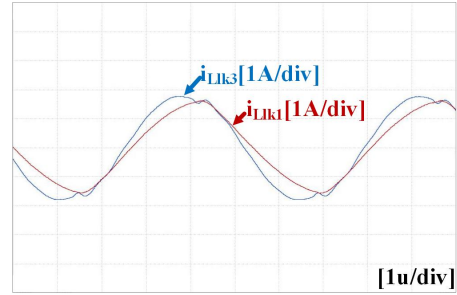
모든 스위치가 ZVS턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취한다. 그림 3은  $L_r$ ,  $C_r$  공진탱크에 따른 게인곡선 그래프의 비교이고 그림 4는 LLC 컨버터와 L<sup>3</sup>C 컨버터의 공진등가회로 및 게인곡선 그래프의 비교이다.<sup>[2]</sup> 그림 3(a)와 같이 공진탱크가 직렬로 연결되어 있으면 공진주파수와 스위칭주파수가 같은 지점에서 부하와 상관없이 게인이 1이 된다. 따라서 그림 4(a)와 같이 LLC 컨버터도 공진주파수와 스위칭주파수가 같은 지점에서 부하와 상관없이 게인이 일정하다. 그러나 Above 영역에서 부하가 감소하면 입력력 전압 변동 시 큰 주파수 변동이 필요한 단점이 있다. 반면에 그림 3(b)와 같이 공진탱크가 병렬로 연결되어 있으면 공진주파수와 스위칭주파수가 같은 지점에서 부하와 상관없이 게인이 0이 된다. 따라서 그림 4(b)와 같이 제한한 L<sup>3</sup>C 컨버터도 공진주파수와 스위칭주파수가 같은 지점에서 부하와 상관없이 게인이 0이 되며 LLC 컨버터와 달리 Above 영역에서 부하와 상관없이 게인곡선이 일정하다. 그러므로 경부하시 LLC 컨버터 보다 전압 변동에 따른 주파수 변동 폭이 작은 장점이 있다.

### 3. 실험 결과

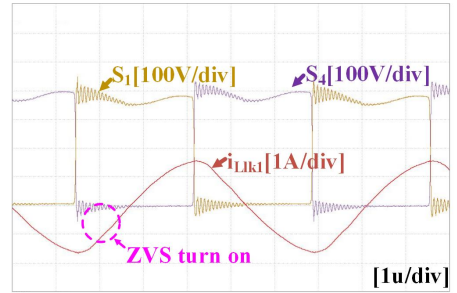
제한한 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음과 같은 설계 사양으로 제작한 후 실험파형을 그림 5에 나타낸다.

- $P_o = 1\text{kW}$
- $V_i = 380\text{V}$
- $V_o = 100 \sim 410\text{V}$
- $L_{lk1} = 51\mu\text{H}$
- $L_{lk2} = 35\mu\text{H}$
- $L_{lk3} = 2\mu\text{H}$
- $C_r = 0.0033\mu\text{F}$

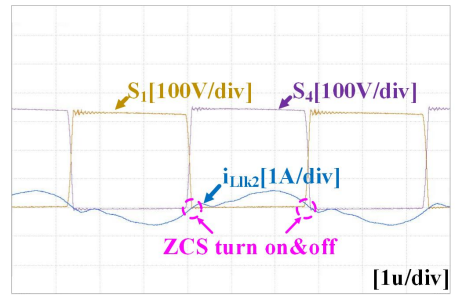
출력전압의 범위는 100~400V로 매우 넓은데도 불구하고 전 부하범위에서 제한한 컨버터의 주파수 변동범위는 175kHz~220kHz로 작다. 그림 5(a)는 1차측 누설 인덕턴스 전류와 공진 커패시터 전류 파형이다. 두 전류의 차만큼이 변압기 2차측으로 전달된다. 그림 5(b)는 스위치 전압과 전류 파형으로 모든 스위치가 ZVS턴온이 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 5(c)는 2차측 전류와 다이오드 전압파형으로 ZCS턴온/턴오프가 되는 것을 확인할 수 있다.



(a)  $L_{lk1}$  전류,  $C_r$  전류



(b) 스위치 전압,  $L_{lk1}$  전류



(c) 다이오드 전압,  $L_{lk2}$  전류  
 그림 5. 제한한 컨버터의 실험파형

### 4. 결론

본 논문에서는 넓은 입력전압 및 부하 변동을 갖는 응용에 적합한 새로운 대전력 L<sup>3</sup>C 공진형 컨버터를 제안하였다. 제안하는 컨버터는 공진에 들어가는 인덕턴스 성분을 전부 변압기의 누설 인덕턴스를 사용하여 실제 사용자 수를 최소화하였고 3차권선을 이용하여 공진커패시터에 흐르는 전류를 최소화함으로써 대전력에 적용시 커패시터 선정용을 용이하다. 또한 공진을 이용하여 모든 스위치의 ZVS턴온과 다이오드의 ZCS턴온/턴오프를 성취한다. 1kW급 시작품을 제작하였고 실험을 통해 제안한 컨버터의 타당성을 검증 하였다.

### 참고 문헌

[1] Luo, F.L, Ye, H, "Positive Output Cascade Boost Converters", IEE Trans. Electric Power Applications, Vol. 151, No.5, pp.590 606, Sept. 2004.  
 [2] D. Huang, F. C. Le, and D. Fu, "Classification and selection methodology for multi element resonant converters," in Proc. IEEE APEC 2011, Mar. 6 11, 2011, pp. 558 565