

# 넓은 부하 범위를 갖는 LLC 공진형 컨버터의 새로운 제어 방법

소병철\*, 김학원\*, 조관열\*, 황순상\*\*, 서기봉\*\*, 이동후\*\*  
한국교통대학교\*, 동아일렉콤\*\*

## New control methods of LLC converter with wide load range

Byong Chul So\*, Hag Wone Kim\*, Kwan Yuhl Cho\*, Soon Sang Hwang\*\*,  
Ki Bong Seo\*\*, Dong hoo Lee\*\*  
Korea National Univ of transportation\*, Dongah Elecomm\*\*

### ABSTRACT

근래 사용되는 공진형 컨버터는 넓은 주파수대역에서의 ZVS 특성의 우수함으로 인해 많은 연구가 진행 중이다. LLC 공진형 컨버터 경우는 부하에 따른 전압전달비가 크게 변화하기 때문에 부하의 변화가 적은 분야에서 주로 사용되어왔다. 그 때문에 최근에는 LLC 공진형 컨버터를 넓은 부하범위에서도 이용할 수 있는 연구가 개발되고 있다. 하지만 LLC 공진 컨버터의 동작 조건에 따라 가변하는 방법이 넓은 부하 조건에 완벽하게 대응하기에는 어려운 면이 있다. 이 때문에 경부하 조건에서의 전압 변환율에 만족하기 위한 제어 방법을 제안한다.

### 1. 서론

근래 고효율 고밀도 전력을 필요로 하는 분야가 늘어나면서 공진형 컨버터의 사용이 늘어나고 있다. 그렇기 때문에 넓은 주파수 대역에서 ZVS 특성을 가지고 있는 LLC 직렬 공진 컨버터가 주목을 받고 있다. LLC 직렬 공진형 컨버터는 주파수 가변을 이용한 넓은 전압 전달 비 또한 갖고 있기 때문에 낮은 DC전압에서도 원하는 출력전압을 얻을 수가 있게 된다.

하지만 LLC 직렬 공진형 컨버터에도 단점이 존재한다. 이는 부하에 따른 전압 전달비가 큰 폭으로 변화한다는 점이다.<sup>[1]</sup> 때문에 LLC 직렬 공진형 컨버터는 부하가 일정한 PDP, LED, LCD 등의 디스플레이 장치에 주로 사용되어 왔다.<sup>[2,3]</sup> 이러한 단점 때문에 최근에는 LLC 공진형 컨버터가 넓은 부하 범위에서도 적용되는 연구가 진행 중이다. 하지만 여러 제안된 방법의 구현이 복잡하거나 전력밀도를 낮추는데 한계가 있다.

본 논문에서는 통신용 전원장치를 위한 넓은 부하조건에서 운전이 가능한 LLC 직렬 공진형 컨버터의 새로운 제어방법을 제안한다.

## 2. LLC 직렬 공진형 컨버터

### 2.1 부하에 따른 전압 변환율

그림 1은 LLC 직렬 공진형 컨버터의 모델의 부하별 전압 변환율을 나타내었다. LLC 직렬 공진형 컨버터는 그림 1에서 알 수 있듯이 90kHz부터 170kHz 범위 내에서 동작된다면, 부하가 크게 바뀌더라도 전압 변동률은 10%이내의 값으로 부하

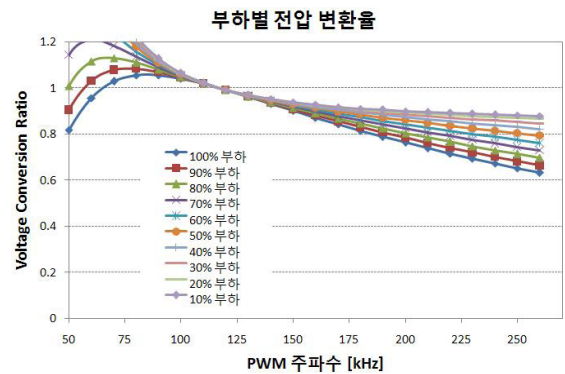


그림 1 부하별 전압 변환율

Fig. 1 Voltage conversion ratio by the load condition

변화에 둔감한 전원 공급이 가능한 장점을 가진다.

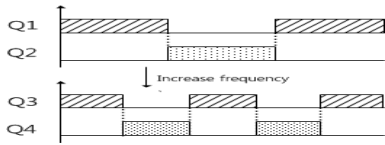
한편, 통신용 전원장치의 입력 가능한 최대의 교류 전압인 275[V]가 인가될 때도, 최저 출력 전압 43[V]은 부하 요구에 따라 공급이 되어야 한다. 이 조건에서 전압 변환율을 구하면 아래의 식으로부터 전압변환율이 약 0.8이하가 요구되는 것을 알 수 있다.

$$M_{\min} = \frac{2V_{o-\min}}{nV_{dc-\max}} \quad (1)$$

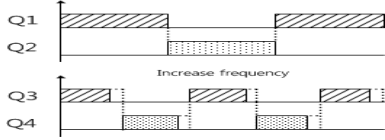
그러나 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 부하 조건이 50% 부하 미만이면, 최저 전압 변환율은 0.8보다 커서 43[V]의 전압 출력을 낼 수 없다. 이에 따라 경부하 조건에서 전압 변환율을 만족하기 위한 새로운 제어 방법이 필요하다.

### 2.2 제안하는 제어 방법

앞에서 설명한 바와 같이, 일반적인 주파수 제어 방법에 의해서는 경부하에서 원하는 전압 변환율 0.8을 만족하기 어렵다. 경부하 조건에서 전압 변환율 만족하기 위한 방법으로 주파수가 커짐에 따라 추가적으로 펄스 폭 변조를 하게 되면 1차측에서 2차측으로 전달되는 전력을 줄여 전압 변환율을 낮출 수 있다. 그림 2에서는 제안하는 LLC 공진형 컨버터의 펄스 폭 변조 방법을 나타내었다.



(a) Frequency modulation

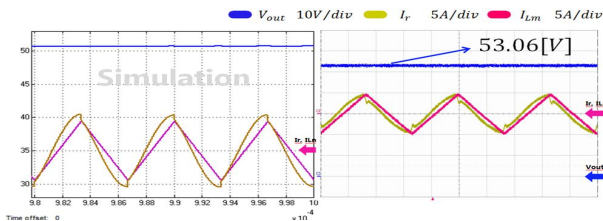


(b) Frequency duty modulation

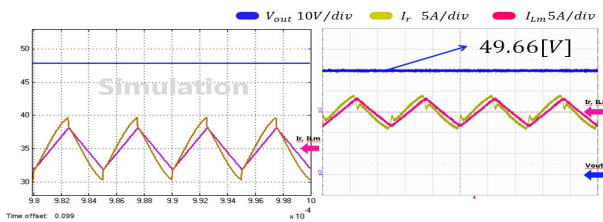
그림 2 제안하는 LLC 컨버터의 펄스 폭 변조 방법  
Fig. 2 Proposed PWM method for LLC converter

LLC 공진형 컨버터의 경우 스위칭 주파수가 공진주파수보다 큰 부분을 영역1이라고 하고 공진주파수가 큰 경우를 영역2라고 한다.<sup>[4]</sup> 제안하는 방법은 영역 1에서 그림 2(b)처럼 스위칭 주파수가 상승하는 값에 비례하여 듀티 비(Duty Ratio)를 일정 양 감소시키는 방법이다. 이 영역에서는 듀티 비를 줄이더라도 얼마간의 듀티 감소는 MOSFET의 ZVS 동작으로 인해 효과가 없다가 일정한 듀티 비 이상 감소 시켰을 때 듀티 저감 효과가 나타나면서 전압 전달 비를 낮추는 역할을 하게 된다. 또 영역 2에서는 그림 2(a)와 같이 스위칭 주파수와 관계없이 항상 일정한 듀티 비로 제어하여, 전력 전달 비를 듀티 비로 제어하지 않는다.

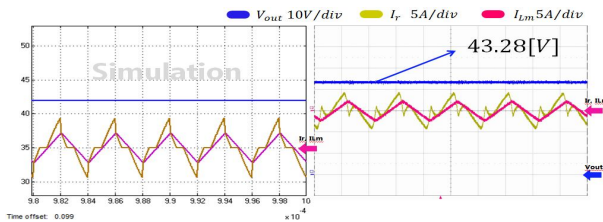
### 3. 모의 해석 및 실험



(a) 150kHz Operation



(b) 200kHz Operation



(c) 250kHz Operation

그림 3 제안된 주파수 듀티 제어에 대한 모의해석과 실험  
Fig 3 Simulation & Experiment result for proposed frequency duty control

왼쪽 시뮬레이션 결과와 오른쪽 실험에서 얻은 결과는 주파수와 듀티 비 변조에 따라 전류의 크기가 변하고 그에 따라 출력 전압이 변하는 모습을 볼 수 있다.

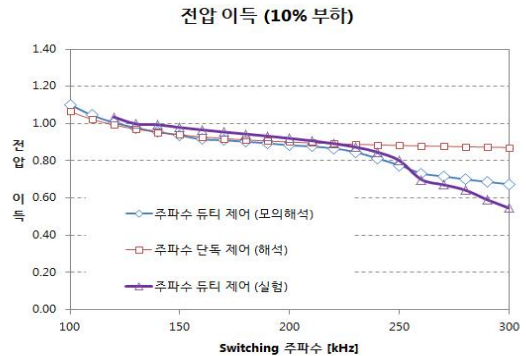


그림 4 전압 변환을 비교  
Fig 4 Comparison of voltage conversion ratio

그림 4에서는 기존에 방식을 사용하였을 때와 제안하는 방법에 의하여 펄스 폭 변조를 했을 때의 10% 부하 조건에서 전압 변환율과 동작 상태를 나타낸다. 그림 3에서 보았을 때 기존의 방법에서는 전압 변환율이 0.8을 만족할 수 없지만, 제안한 방법은 270[kHz] 부근에서 전압 변환율 0.8을 만족함을 알 수 있다. 제안하는 주파수 듀티 제어를 통하여 경부하에서 전압 변환율 0.8을 만족하며 최대의 교류 전압이 인가되어도 출력 전압 43[V]를 얻을 수 있다.

### 4. 결론

이전 전압 변환율이 낮아서 43V까지 낮추지 못했던 LLC 컨버터의 실험이 듀티 비 변조 실험에서 위 결과와 같이 낮은 부하에서도 낮은 변화 비를 얻을 수가 있었다.

본 논문은 (주)동아일렉콤의 연구 지원과, 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구임. (No.2011H100100110)

### 참고 문헌

- [1] Hang seok Choi, "Design consideration of half bridge LLC resonant converter," Journal of Power Electronics, Vol. 7, No. 1, pp. 13 20, 2007, Jan.
- [2] 강성인, 윤광호, 김은수, 박준호, 허동영, "LLC 직렬공진 컨버터의 동작 특성," 전력전자학회 논문집, Vol. 12, No. 6, pp. 472 482, 2007, Dec.
- [3] Yue Chen, Xinke Wu, Zhaoming Qian, and Wenping Zhang, "Design and optimization of a wide output voltage range LED driver based on LLC resonant topology," 8th ICPE ECCE Asia, 2011, Jeju, pp.2831 2837, 2011, June
- [4] Bo Yang "Topology Investigation for Front End DC/DC Power Conversion for Distributed Power System", Blacksburg, Virginia, 2003, Sept.