

# 브리지가 없는 영전압 스위칭 부스트 역률보상회로

김재현<sup>1</sup>, 김재국<sup>2</sup>, 문건우<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원

<sup>2</sup>삼성전기

## Zero-Voltage-Switching Bridgeless Boost PFC Converter

Jae Hyun Kim<sup>1</sup>, Jae kuk Kim<sup>2</sup>, Gun Woo Moon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Advanced Institute of Science and Technology

<sup>2</sup>Samsung Electro-Mechanics

### ABSTRACT

본 논문에서는 영전압 스위칭을 하고 브리지가 없는 부스트 역률 보상 회로를 제안한다. 제안하는 회로에서는 브리지 다이오드를 제거하여 도통 손실을 줄일 수 있다. 게다가, 스위치 내부 다이오드의 역회복 전류 문제를 줄여주고 스위치가 영전압 스위칭을 하므로 스위칭 손실을 크게 줄일 수 있다. 본 논문에서는 제안하는 회로의 이론적 해석 및 설계방법을 설명하고 실험결과를 통해 회로의 동작을 검증한다.

### 1. 서론

일반적으로, 구조가 간단한 부스트 컨버터를 역률보상회로로 많이 사용한다. 그러나 브리지 다이오드에서 발생하는 도통 손실이 크므로 효율 저감의 원인이 된다. 게다가, 다이오드의 역회복전류 문제 및 스위치의 하드스위칭으로 인하여 스위칭 손실이 상당히 크다. 반면에, 도통 손실을 저감시키기 위하여 브리지가 없는 부스트 컨버터가 도입되었다. 하지만, 여전히 스위치의 내부 다이오드의 역회복전류 문제가 존재하고 스위치가 하드스위칭 하므로 스위칭 손실이 크다. 더불어, 스위치 내부 다이오드의 역회복 특성은 일반 다이오드에 비해 훨씬 좋지 않으므로 브리지가 없는 부스트 역률보상회로의 스위칭 손실은 매우 크다. 따라서, 이러한 스위칭 손실을 저감하기 위하여 최근에 많은 연구가 진행되고 있다.[1]

본 논문에서는 영전압 스위칭이 가능한 브리지가 없는 부스트 역률보상회로를 제안한다. 제안 회로는 모든 스위치의 영전압 스위칭이 가능하고 스위치 내부 다이오드의 역회복 전류를 크게 감소시켜 주므로 스위칭 손실을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 제안 회로의 동작원리를 설명하고 분석한 뒤 실험을 통해 그 동작을 검증한다.

### 2. 동작원리 및 회로특징

#### 2.1 동작원리

그림 1은 제안하는 영전압 스위칭 브리지가 없는 부스트 컨버터의 회로도이다. 결합 인덕터는 누설 인덕턴스  $L_{lk}$ , 자화 인덕턴스  $L_B$ , 2차측 권선  $L_2, L_3$ 로 구성되어 있다. 입력전압이 양의 전압일 때와 음의 전압일 때의 동작이 같으므로 양의 전압일 때의 동작만 살펴보도록 한다.

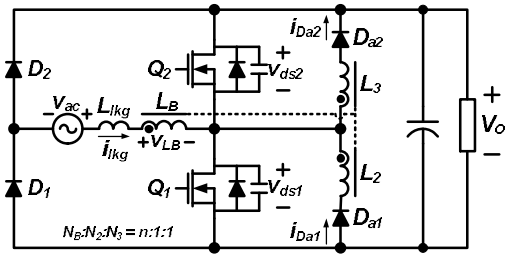


그림 1 제안하는 Three-level 의사공진형 컨버터

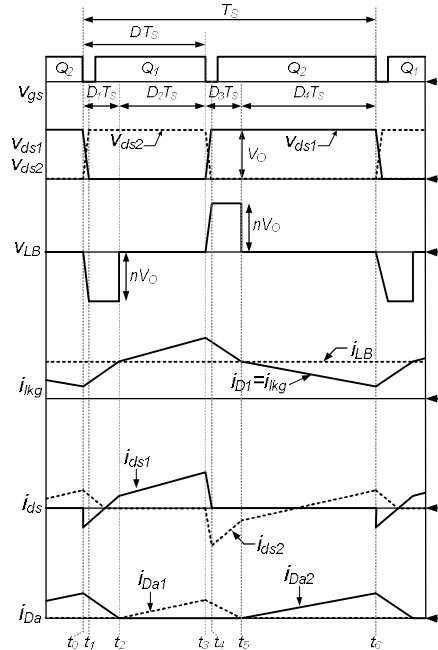


그림 2 제안하는 회로의 주요 파형

**Mode 1( $t_0 \sim t_1$ )** : 스위치  $Q_2$ 가 꺼지면  $t_0$  시점 이전에 흐르고 있던  $i_{Da2}$ 가 스위치의 출력커패시턴스를 충전하여 스위치  $Q_1$ 의 전압  $V_{ds1}$ 이 감소한다.

**Mode 2( $t_1 \sim t_2$ )** :  $V_{ds1}$ 이 0이 되고 난 후에 스위치  $Q_1$ 을 턴 온하여 영전압 스위칭을 한다. 반면, 입력전류  $i_{lkg}$ 는 증가하고

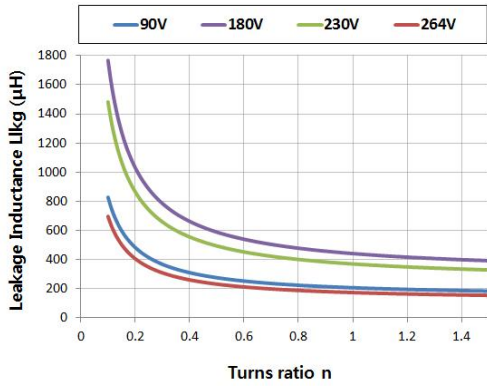


그림 3 제안하는 Three-level 의사공진형 컨버터

$i_{D_{a2}}$ 는 감소한다.  $t_2$ 시점에서  $i_{lk}$ 는 자화 전류  $i_{LB}$ 와 같아지고  $i_{D_{a2}}$ 는 0이 된다.

**Mode 3( $t_2 \sim t_3$ )** :  $t_2$ 시점 이후에  $i_{lk}$ 는  $i_{LB}$ 보다 크므로 다이오드  $D_{a1}$ 에 전류가 흐른다.

**Mode 4( $t_3 \sim t_4$ )** :  $t_3$ 시점에서  $Q_1$ 이 꺼지면  $i_{D_{a1}}$ 이 스위치의 출력 커패시턴스를 충전하여  $Q_2$ 의 전압  $V_{ds2}$ 이 감소한다.

**Mode 5( $t_4 \sim t_5$ )** :  $V_{ds1}$ 이 0이 되고 난 후에 스위치  $Q_2$ 를 턴 온하여 영전압 스위칭을 한다. 그리고  $i_{lk}$ 와  $i_{D_{a1}}$ 은 감소한다.

**Mode 6( $t_5 \sim t_6$ )** :  $t_5$ 시점에서  $i_{lk}$ 가  $i_{LB}$ 와 같아지고 그 후에는  $i_{lk}$ 가  $i_{LB}$ 보다 작으므로 다이오드  $D_{a2}$ 에 전류가 흐른다.

## 2.2 전압 이득

제안 회로의 전압 이득은 식 (1)과 같으며 이는 기존의 부스트 컨버터의 전압 이득과 같다.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \quad (1)$$

## 2.3 주스위치의 영전압 스위칭 조건

동기 스위치  $Q_2$ 는 기존의 동기 부스트 컨버터와 마찬가지로 스위치가 켜질 때 충분한 역전류가 흐르므로 영전압 스위칭이 가능하다. 한편, 주스위치의 경우  $t_0$  시점에서  $Q_2$ 가 켜질 때 입력 전류  $i_{lk}$ 와 다이오드  $D_{a2}$ 에 흐르는 전류  $i_{D_{a2}}$ 에 의하여 영전압 스위칭이 가능하다. 영전압 스위칭이 가능하도록 설계할 수 있는 최대 누설 인덕턴스는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 또한, 턴비에 따른 최대 누설 인덕턴스는 입력전압별로 그림 3과 같이 나타낼 수 있고 이 값보다 작은 누설 인덕턴스로 설계하면 영전압 스위칭이 가능하다.

$$L_{lk} < \frac{(2n+1)DV_o^2}{2nf_s P_o}$$

## 2.4 내부 다이오드의 역회복 전류 감소

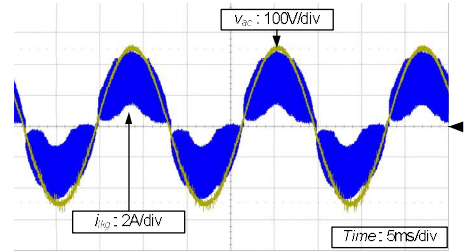
그림 2에서 스위치  $Q_2$ 의 전류  $i_{ds2}$ 를 살펴보면 스위치가 꺼질 때에는 스위치의 출력 커패시턴스로 전류가 흐르다가 스위치  $Q_1$ 이 켜지므로 스위치 내부 다이오드로 전류가 흐르지 않는다. 따라서, 스위치 내부 다이오드의 역회복 전류로 인한 스위칭 손실이 발생하지 않는다.

## 3. 실험결과

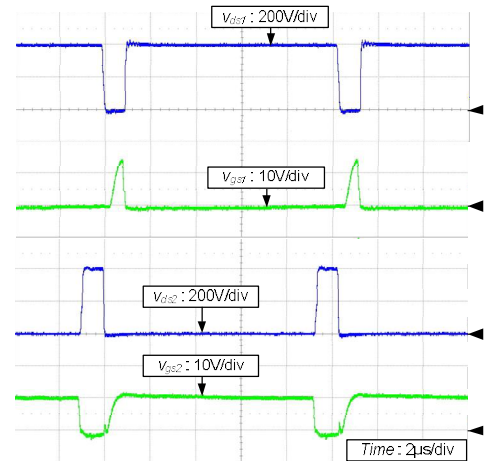
제안한 회로의 교류입력전압은 180~264Vac, 출력전압은

400V, 그리고 출력전력은 400W이다. 스위칭 주파수는 100kHz이다.

그림 4은 제안한 회로의 실험 파형이다. 그림 4(a)에서 볼 수 있듯이 역률 보상을 하여 인덕터 전류가 입력전압을 따라가는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 4(b)를 통해 모든 스위치들이 영전압 스위칭을 하고 있는 것을 알 수 있다.



(a) 입력 180V에서의 입력 전압  $V_{in}$ 과 인덕터 전류  $i_{lk}$



(b) 입력 264V에서 스위치들의 전압  $V_{ds1}$ ,  $V_{ds2}$ , 스위치들의 구동전압  $V_{gs1}$ ,  $V_{gs2}$

그림 4 실험결과

## 4. 결론

본 논문에서는 영전압 스위칭이 가능한 브리지가 없는 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안한 컨버터는 모든 스위치의 영전압 스위칭이 가능하고 스위치 내부 다이오드의 역회복 전류가 작아 스위칭 손실을 크게 줄일 수 있으므로 기존의 브리지가 없는 부스트 컨버터에 비해 효율을 개선시킬 수 있다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2012 0000981)

## 참고 문헌

- [1] C M. Wang, "A Novel Zero Voltage Switching PWM Boost Rectifier With High Power Factor and Low Conduction Losses", IEEE Trans. Industrial Electronics, vol. 52, no. 2, pp. 427-435, Apr. 2005