

# Fan Motor 구동용 인버터의 내압 저감을 위한 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터

강경수, 김상언, 노정욱  
국민대학교 전자공학과

## Dual resonant Step-Down DC/DC Converter of Inverter for driving Fan Motor to Reduce Voltage Stress

Kyung soo Kang, Sang Eon Kim, Chung Wook Roh  
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

### ABSTRACT

기존 Fan Motor용 인버터의 경우, 높은 전압으로 인버터를 구동하기 때문에 높은 내압의 IPM을 사용해야 하는 문제점이 있다. 본 논문은 Fan Motor 구동용 인버터의 내압을 줄일 수 있는 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터를 제안한다. 기존의 강압형 DC/DC 컨버터를 사용할 경우에는 큰 인덕터를 사용하기 때문에 회로의 전체적인 부피가 커지고 제작단가가 증가하는 단점이 있다. 반면 제안된 회로는 작은 크기의 인덕터를 사용한 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터로써, 낮은 출력전압으로 인버터 구동이 가능하고, 영전압 스위칭을 하기 때문에 소형화 및 고효율화가 가능한 장점을 갖는다. 본 논문에서는 제안된 회로의 이론적인 특성을 분석하고 모의실험을 통해 확인하였으며, 1.8kW급 Fan Motor 구동용 인버터 회로에 적용하여 실험을 통해 우수성을 검증하였다.

### 1. 서론

최근 에너지 절약을 위해 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다. 산업계에서는 에너지 소비가 높은 백색가전분야의 연구가 활발히 진행되고 있는데, 특히 에어컨, 세탁기, 냉장고 같은 모터가 들어가는 백색가전에 관심을 기울이고 있다. 최근 에어컨에서는 인버터를 이용하여 실내 온도에 따라 모터의 회전수를 다양한 속도로 제어하여 냉·난방 출력을 최적화 하고 전력 소모를 최소화하고 있다. 따라서 가전제품의 성능을 향상시키고 효율을 증대시키기 위해 각 제품에 인버터 회로 사용이 급증하고 있다. 현재 에어컨의 Fan Motor는 IPM을 사용한 인버터 회로 구동이 널리 이용되고 있다. 하지만 높은 전압으로 IPM을 동작시키기 때문에 높은 내압의 IPM을 사용하므로 제작단가를 높이는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 낮은 내압의 IPM을 사용하여 인버터를 구동시키고 작은 크기의 인덕터를 사용하여 인버터 구동 전압을 낮출 수 있는 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터를 제안한다.

### 2. 제안된 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터

그림 1은 제안된 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터 회로이다. 제안된 회로는 2개의 IGBT, 4개의 Diode, 1개의 공진 인덕터, 2개의 공진 캐패시터, 2개의 출력 캐패시터를 사용하여 구성되어 있으며 출력 캐패시터에 걸리는 강압된 출력전압으로

인버터를 구동하므로 낮은 내압의 IPM을 사용하였다. 아울러 제안된 컨버터는 작은 크기의 공진 인덕터를 사용하고 낮은 내압의 IPM을 사용함으로써 시스템의 소형화와 저가형 구현에 유리한 장점이 있다.

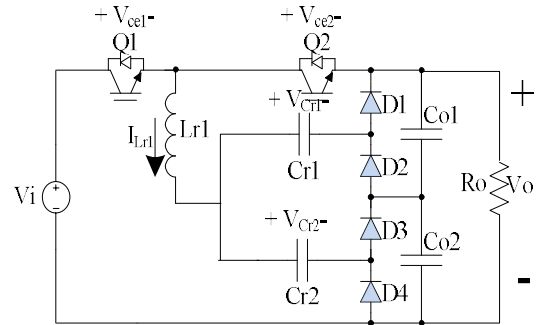
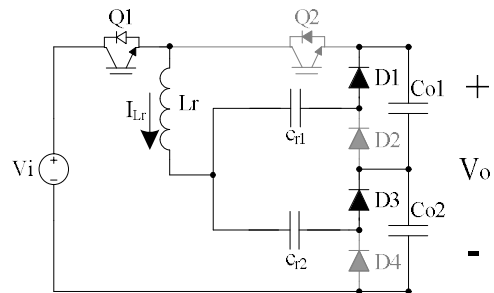


그림 1 제안된 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터 회로  
Fig. 1 Proposed Dual resonant Step-Down DC/DC Converter circuit

### 2.1 제안된 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터의 동작 원리

그림 2는 스위치 상태에 따른 전류 도통 경로를 보이고 있다. 각 모드별 등가회로 동작은 다음과 같다. 그림 2(a)는 스위치 Q1이 도통되고 Q2는 차단되는 경우이다. 이때 Lr과 Cr1, Cr2간의 직렬 공진현상이 발생하고 도통된 다이오드 D1과 D3를 통해 출력 캐패시터 Co1, Co2를 충전하게 된다. 그림 2(b)는 스위치 Q2가 도통되고 Q1이 차단되는 경우이다. 이때도 Lr과 Cr1, Cr2간의 직렬 공진현상이 발생하고 도통된 다이오드 D2, D4를 통해 출력 캐패시터 Co1, Co2를 충전하게 된다. 그림 3은 제안된 회로의 주요 동작 파형이다.



(a) Mode 1 (Q1 switch on)

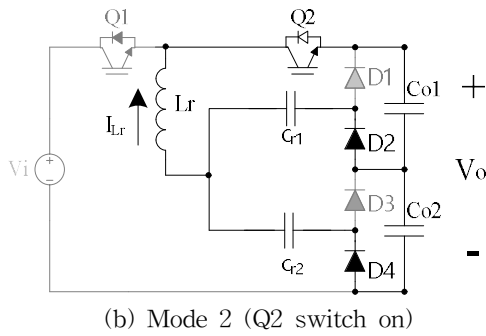


그림 2 스위치 상태에 따른 도통 경로  
Fig. 2 Conductive path according to switch status

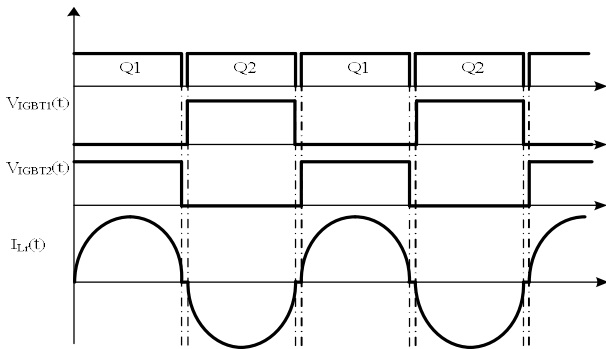


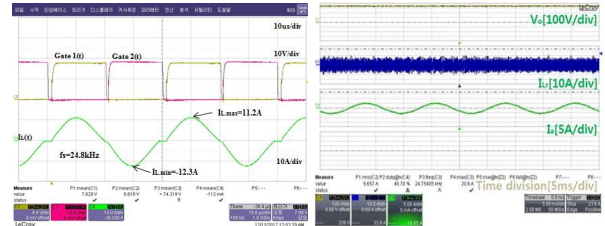
그림 3 스위치 상태에 따른 주요 동작 파형  
Fig. 3 Main operation waveform to switch status

## 2.2 제안된 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터의 실험 결과

Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터의 타당성 및 우수성 검증을 위해 1.8kW Fan Motor 구동용 인버터 회로를 위한 시작품을 제작하여 다음과 같은 실험결과를 제시한다. 설계를 위한 입출력 사양과 실험에 사용된 주요 파라미터는 다음과 같다.

- 입력 전압 : 485~715V<sub>dc</sub>
- 출력 전압 : IPM 구동전압 = 400V(V<sub>o</sub>)
- 최대 출력 전력 : 1.8kW
- 스위칭 주파수 : 25kHz
- IGBT : IHW15N120R3(1200V/30A)
- Diode : IDD15E60(600V/15A)
- Gate Driver : IR2114
- 공진 인덕터 : 9.4uH (Core = EE2525W)
- 공진 캐패시터 : Cr1 = Cr2 = 3.3uF

그림 4는 부하 종류에 따른 각 주요파형이다. 그림 4(a)는 제안된 회로의 1.8kW급 저항 부하 연동 시 Gate 전압 및 공진 인덕터 전류 파형이다. 스위치 Q1, Q2의 Gate 전압과 공진 인덕터에 흐르는 전류 파형은 앞서 제시한 이론적 분석과 동일함을 확인할 수 있었다. 그림 4(b)는 제안된 회로의 1.8kW급 Fan Motor 구동용 인버터 연동 시 출력 전압, 공진 인덕터 전류, 모터 상전류 파형이다. 인버터 연동 시 BLDC의 역기전력의 변화로 공진 인덕터 전류, 출력 리플 전압의 왜곡이 발생하지만 Fan Motor의 상전류는 왜곡 없이 동작함을 확인하였다.



(a) 저항 부하 시 주요파형 (b) 인버터 연동 시 주요파형  
그림 4 부하 종류에 따른 주요 전압 전류 파형  
Fig. 4 Main voltage and current waveforms to the type of load

또한 영 전압 스위칭이 가능하여 최대 Motor 전력조건에서 98.42%의 높은 효율로 동작하여 제안회로의 우수함을 실험을 통해 검증하였다. 따라서 위의 실험 결과를 통해 제안된 회로는 낮은 내압의 IPM을 사용한 Fan Motor 구동 인버터 연동이 가능함을 확인하였으며, 에어컨뿐만 아니라 3상 AC 전원을 사용하여 Fan Motor를 구동하는 백색가전의 다양한 분야에서도 적합할 것으로 예상된다.

## 3. 결론

기존의 인버터 동작의 경우 3상 평활전압을 인버터 구동에 그대로 사용하므로 높은 내압의 IPM 사용이 필수적이었다. 또한 기존의 강압형 DC/DC 컨버터를 사용할 경우에는 요구되는 인덕터의 크기가 매우 크므로 이로 인해 시스템 전체의 부피증가 및 제작단가가 증가하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 3상 평활전압을 인버터 구동이 가능한 전압으로 강압하여 낮은 내압의 IPM을 사용할 수 있으며, 작은 크기의 인덕터를 사용하여 고효율 및 저가형의 Fan Motor 구동용 인버터 보드를 구현할 수 있는 Dual 공진 강압형 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안회로의 타당성 검증을 위하여 먼저 저항부하를 이용하여 1.8kW 공진 강압형 DC/DC 컨버터 실험을 수행하였으며, 1.8kW급 Fan Motor 구동용 인버터 회로를 위한 시작품을 제작하여 인버터와 연계 실험을 수행하였다. 실험결과 제안된 회로는 BLDC의 역기전력에 의해 공진 인덕터 전류, 출력 리플 전압의 왜곡이 발생하지만 모터 상전류 파형은 왜곡없이 동작하였다. 또한 다양한 인버터 출력전력 조건에서도 일정한 인버터 구동 출력 전압 제어가 가능하였고, 효율 또한 우수함을 확인하였다. 최종적으로 제안된 회로는 낮은 내압의 IPM을 사용한 Fan Motor 구동용 인버터 회로에 매우 적합할 뿐만 아니라 높은 내압의 IPM을 사용하는 대부분의 백색가전 분야에도 적용 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 삼성전자(주)의 연구비 지원과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학T연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2013 H0301 13 2007)

## 참고 문헌

- [1] Sanjaya, "Switching Power Supply Design & Optimization" pp184~pp243.
- [2] 박건욱, 정두용, 송인범, 이수원, 정용채, 원충연 "LC 직렬 공진을 이용한 양방향 DC/DC 컨버터", 전력전자학회, 2010년도 추계학술대회 논문집, pp. 198~199.