

## 저잡음 인터리브 PFC 및 인터리브 DC/DC 컨버터 개발

김신우, 송정화, 김희준  
한양대학교 전자컴퓨터공학부

### Development of Low Noise Interleaved PFC and Interleaved DC/DC Converter

Shinwoo Kim, Junghwa Song, Hee-Jun Kim  
EECS, Hanyang University

**Abstract** - 위상이 반대인 두 컨버터를 병렬로 사용하는 인터리브 DC/DC 컨버터는 고밀도, 고직접화가 가능하며 전류 잡음이 적다는 장점이 있지만 시비율이 50%가 아닐 때에는 전류 리플이 존재하게 된다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하기 위해 50% 시비율로 동작하는 인터리브 DC/DC 컨버터와 인터리브 PFC를 결합하여 단점을 개선한 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 인터리브 DC/DC 컨버터는 반대 위상의 50% 시비율로만 스위칭되어 이상적으로 전류 리플이 상쇄되게 된다. 인터리브 PFC는 인터리브 DC/DC 컨버터의 출력 전압을 피드백 받아 입력 전압을 변화시켜 항상 DC/DC 컨버터의 출력 전압이 일정하도록 유지한다. 실험을 통하여 이를 입증하고 그 결과를 보인다.

#### 1. 서론

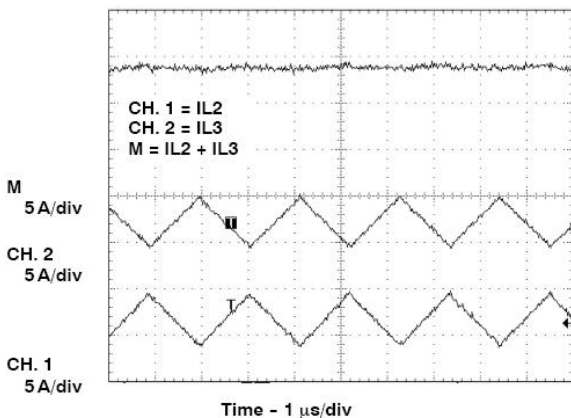
스위치모드 전원장치가 널리 쓰이게 되면서 기존 선형 전원장치의 많은 부분을 효율적으로 대체하게 되었다. 하지만 여전히 선형 전원장치의 장점을 앞지르지 못하는 부분이 존재하는데 대표적인 것이 고속 스위칭으로 인한 전압 / 전류 잡음이다. 여러 가지 연구를 통해 점차 개선되고는 있으나 구동의 특성상 입력 전류가 불연속적이고 이는 출력 전압 / 전류의 잡음으로 나타난다. 두 컨버터를 반대의 위상으로 병렬 구동하는 인터리브 DC/DC 컨버터는 이 단점을 효과적으로 개선할 수 있다. 하지만 시비율이 50%에서 벗어날수록 전압 / 전류 잡음은 크게 되고 이는 스위칭 주파수의 두 배의 주파수를 가지는 고주파 잡음의 형태로 나타난다. 일반적으로 인터리브 DC/DC 컨버터는 대전력 용으로 사용되므로 전류 잡음의 경우 시비율이 50%에서 조금만 벗어나도 그 수치는 크게 되어 입력 캐패시터의 발열 및 노화를 일으킨다.

본 논문에서는 이를 개선하기 위해 인터리브 PFC와 50% 시비율로 스위칭 하는 인터리브 DC/DC 컨버터를 결합하고 DC/DC 컨버터의 출력 전압을 인터리브 PFC로 피드백하여 출력 전압/전류 잡음을 줄인 저잡음 DC/DC 컨버터를 제작하고 그 결과를 보인다.

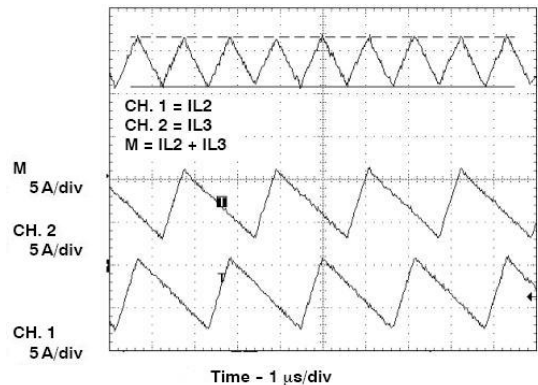
#### 2. 본론

##### 2.1 인터리브 DC/DC 컨버터

인터리브 DC/DC 컨버터는 위상이 서로 반대인 두 컨버터를 병렬로 구동하여 고밀도, 고효율이며 전류 잡음이 상쇄된다는 장점이 있다. 하지만 전류 잡음의 상쇄는 시비율이 50%일 때만 완벽하게 이루어지며 시비율이 50%가 아닐 경우 스위칭 주파수의 2배인 고주파 잡음이 생기게 된다.



〈그림 1〉 시비율이 50%일 때의 인터리브 DC/DC 컨버터

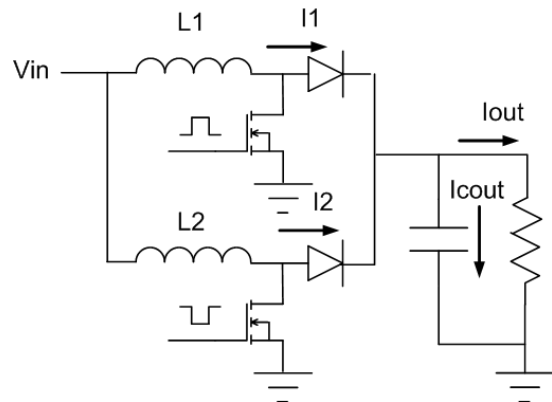


〈그림 2〉 시비율이 30%일 때의 인터리브 DC/DC 컨버터

그림 1과 그림 2에서 시비율이 50%일 때와 30%일 때의 인덕터 전류를 나타내었다. 시비율이 50%일 때는 전류 잡음이 완벽하게 상쇄되거나 30%일 때는 단일 컨버터일 때에 비해 주파수가 2배이고 1/2 크기의 리플이 나타나는 것을 확인할 수 있다

##### 2.2 인터리브 PFC

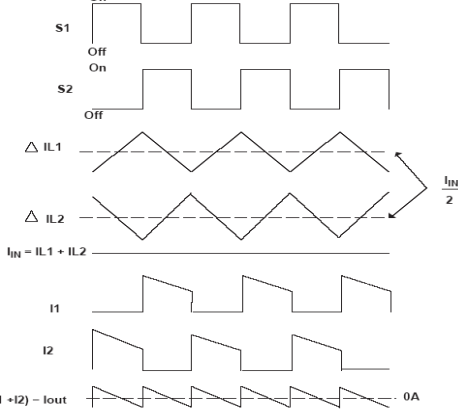
대부분의 컨버터 회로는 입력에 큰 디커플링 캐패시터를 두어 스위칭 구동시에 안정적인 전원 공급을 피하고 있다. 하지만 정류된 AC를 전원으로 사용할 때에는 AC의 주기중 짧은 시간 동안만 정류다이오드를 통해 전류가 흘러 캐패시터를 충전시키게 되므로 역률이 나쁘게 된다. 이를 개선하기 위해 PFC 회로를 사용하게 된다.



〈그림 3〉 Boost 기반의 인터리브 PFC

그림 3에서 인터리브 PFC의 간략화된 회로를, 그림 4에서 각 부 파형을 나타내었다. 인터리브 PFC는 위상이 반대인 두 PFC를 병렬로 구동하여 전력 밀도를 높이고 입력과 출력 전압 / 전류 잡음을 줄일 수 있

을 뿐만 아니라 인덕터와 캐패시터의 크기를 줄일 수 있다.



〈그림 4〉 인터리브 PFC의 각 부 파형

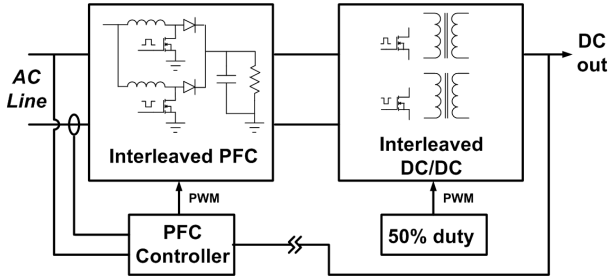
인터리브 PFC 역시 인터리브 DC/DC 컨버터와 마찬가지로 두 PFC의 잡음이 상쇄되어 저잡음 특성을 나타낼 수 있다.

### 2.3 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터

제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터는 인터리브 PFC와 인터리브 DC/DC 컨버터로 구성된다. 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터 내에서 인터리브 DC/DC 컨버터 부분은 개루프 회로로 동작하며 항상 50% 시비율로 동작한다. 이 컨버터의 출력 전압은 forward converter일 경우

$$V_{out} = V_{PFC} \cdot 0.5 \cdot N$$

로 나타내어지며 PFC 출력 전압에 의존적이다. 이를 이용하여 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터는 출력 전압을 PFC Controller에서 피드백 받아 PFC 출력 전압을 조절하게 되며 이를 통해 결과적으로 인터리브 DC/DC 컨버터 출력단에서 원하는 전압을 얻을 수 있다.



〈그림 5〉 제안된 컨버터의 블록도

그림 5에서 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터의 구성을 나타내었다. 인터리브 PFC 부분은 일반적인 PFC가 PFC 출력 전압, 즉 DC/DC 컨버터의 입력 전압을 피드백 받아 전압을 안정화 시키는 것과는 달리 DC/DC 컨버터의 출력 전압을 피드백 받아 출력 전압을 안정화시킨다. 이 때 PFC의 출력 전압은 DC/DC 컨버터의 출력 전류 등의 상태에 따라 가변적이다.

### 2.4 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터의 실험

제안된 인터리브 DC/DC 컨버터를 구현하기 위해 표 1의 사양으로 인터리브 PFC와 인터리브 DC/DC 컨버터를 제작하여 실험하였다. 인터리브 PFC는 Boost 방식으로 제작하였으며 인터리브 DC/DC 컨버터는 Active clamp ZVS 방식으로 설계하였다. 인터리브 DC/DC 컨버터는 500Khz로 스위칭하여 고밀도 고전력을 구현하였으며 인터리브 PFC는 비교적 낮은 주파수인 100Khz로 스위칭하여 안정적인 동작을 고려했다.

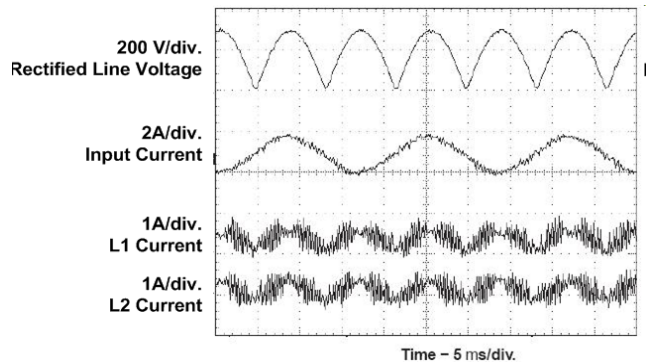
### 3. 분석 및 결론

그림 6에 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터 중 인터리브 PFC 부분의 각 부 실제 파형을 나타내었다. 서로 위상이 반대인 두 PFC의 전류 잡음이 상쇄되어 깨끗한 전류 파형을 추종함을 알 수 있다. 그림 7에 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터의 부하를 10%에서 full load 까지 변환 했을때의 입/출력 전압을 나타내었다. 출력 전압 또한 저잡음으로 안정적으로 동작하며 비교적 응답 속도도 빠르다.

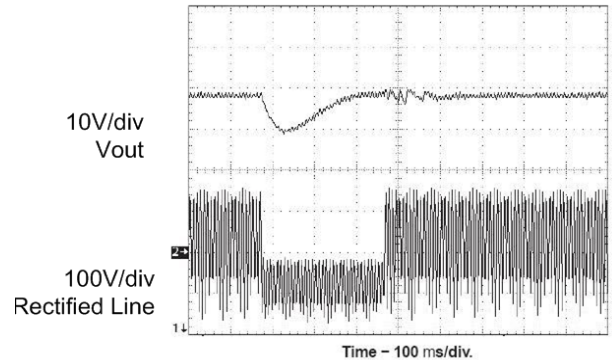
제안된 컨버터는 고밀도 고전력 전원장치에 응용 가능하며 일반적인 DC/DC 컨버터에 비해 전압 및 전류 잡음이 매우 적다. 그러나 제어 루프의 안정성을 위해 고차의 필터가 삽입되어야 하는 점, 일정 범위의 전류 부하에서만 출력 전압 유지가 가능한 점 등의 개선해야 할 과제가 있다. 하지만 대기시에도 일정 수준 이상의 전력을 소비하는 대규모 전원장치, 대출력 A급 오디오 앰프 등의 적용에는 장점을 잘 살려 적용할 수 있다.

〈표 1〉 제안된 저잡음 인터리브 컨버터의 설계사양

인터리브 PFC	
Vin	85 - 230VAC
Vout	350V - 425VDC
fs	100Khz
Pout	Max 500W
PF at Full Load	0.95
인터리브 DC/DC 컨버터	
Topology	Active clamp ZVS Forward
Vin	Max 500V
Vout	48V
fs	500Khz
Pout	Max 500W



〈그림 6〉 인터리브 PFC의 측정 파형



〈그림 7〉 제안된 저잡음 인터리브 DC/DC 컨버터의 입 / 출력 파형

### [참 고 문 헌]

- [1] 김신우, 김희준, "인터리브 능동 클램프모드 영전압 스위칭 파워드 컨버터", 2006년 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, 1235-1236, 2006년 7월
- [2] Gallo, C. A., de Freitas, L. C., Farias, V. J., Vieira, J. B., Coelho, E. A. A., Pinto, J. A. C., "SOFT-SWITCHED PWM HIGH-FREQUENCY WITH PFC CONVERTER USING BOOST-FLYBACK CONVERTER INTERLEAVED", INTELEC, Proceedings, pp.21, 2002
- [3] Tae-Won Heo, Young-Dae Son, Dong-Wan Kim, Choon-Sam Kim, Han-Seok Park, Jung-In Woo, "Analysis and Design of Interleaved Boost Power Factor Corrector on Two Stage AC/DC PFC Converter", 전기학회논문지. Transactions of the Korean Institute of electrical engineers, B, 전기기기 및 에너지변환시스템부문, Volume 52 Number 7, pp.343-351, 2003