

# Built-in 컨버터를 이용한 다출력 SMPS의 Post Regulation

성원용, 조남진, 오창열, 김윤성, 이병국<sup>†</sup>  
성균관대학교 정보통신대학

## Post Regulation Using Built-in Converters for Multiple Output SMPS

Won Yong Sung, Nam Jin Cho, Chang Yeol Oh, Yun Sung Kim, Byoung Kuk Lee<sup>†</sup>  
College of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 다출력 SMPS의 출력전압 레귤레이션을 개선하기 위한 post regulation 기법들에 대해 분석한다. 그리고 출력전압 레귤레이션을 위한 기법인 built in 컨버터에 대해 제안하고, 그 특성에 대해 분석한다. 이를 토대로 시뮬레이션을 구성하여 다른 post regulation 기법들을 적용한 결과와 본 논문에서 제안한 built in 컨버터를 적용한 결과를 비교/분석하여 제안한 기법의 타당성을 검증한다.

### 1. 서 론

최근의 통신 및 데이터 관리 시스템들은 ASIC, FPGA와 같은 고성능 프로세서를 포함하고 있다. 이러한 시스템들은 다출력, 저전압, 대전류 등의 특징을 가지고 있으며, 매우 안정적인 전압 레귤레이션 성능과 빠른 동적 특성을 요구한다. 이러한 다출력 컨버터 구성에 있어, 소, 중용량에서는 flyback type의 컨버터가 주로 사용되지만, 중, 고용량 컨버터의 경우, 변압기의 코어 사이즈 및 효율 문제로 인해 forward 또는 bridge 타입의 컨버터 구성방식이 주로 사용된다. Forward 타입의 다출력 컨버터는 이러한 요구에 대응하기 위해 절연형 DC DC 컨버터로 구성되는 bus 컨버터와 부하 근처에 위치시킴으로써 대전류 부하로부터 물리적인 거리를 짧게 구성하여 전압 강하를 최소화하는 POL (point of load) 컨버터를 이용하는 방식이 많이 사용되고 있다. 하지만 이러한 구성방식은 각 출력부마다 post regulator stage가 추가적으로 구성되기 때문에 효율이 저하된다는 특징이 있다<sup>[1]</sup>.

따라서 본 논문에서는 이러한 bus 컨버터 & POL 타입 다출력 컨버터의 효율을 개선하기 위해 built in 컨버터를 이용한 post regulation 방법에 대해 제안 및 분석하고, 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증한다.

### 2. Built-in 컨버터를 이용한 post regulation 기법

#### 2.1 기존의 post regulation 기법

그림 1에 나타난 것처럼, 종래의 post regulation 기법에는 linear regulator, switching regulator, 결합인덕터 등이 있다. Linear regulator는 매우 안정적인 출력이 가능하며, 부하변동에 대해 빠른 과도상태 응답을 갖지만 중, 고용량 토폴로지에 적용하기에는 효율이 매우 낮다는 단점을 가지고 있으며,

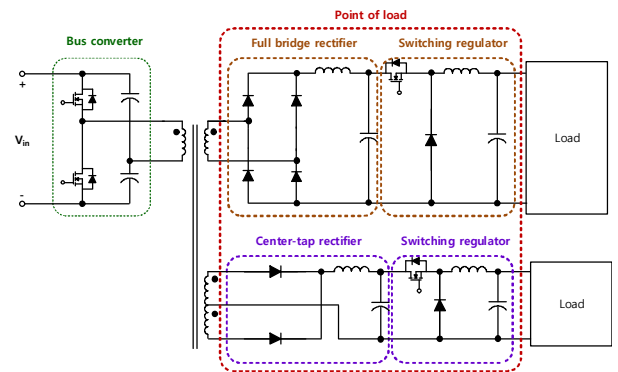


그림 1. 기존의 switching post regulation 기법.

Fig. 1. Conventional switching post regulation technique.

switching regulator는 linear regulator에 비해 효율이 높지만 구성하는데 비용이 많이 소요된다는 단점을 가지고 있다. 또한 coupled inductor 적용기법은 비용이 저렴하며 고효율이 가능하다는 장점이 있지만 전압 레귤레이션 성능이 낮으며, 부하 변동에 따른 응답속도가 느리다는 단점이 있다.

이러한 여러 장단점을 가진 post regulation 기법들의 단점을 보완하기 위하여, switching regulator 적용 기법의 단점인 소자의 수량을 줄이면서, 효율을 개선하기 위한 built in 컨버터를 제안한다.

#### 2.2 제안된 Built-in 컨버터

기존의 switching regulator를 이용하여 구성한 POL의 경우, 변압기 2차측의 정류된 전압을 평활화 하기 위한 수동 필터를 필요로 하여, 전력밀도 및 효율이 저하된다는 특징이 있다. Built in 컨버터는 정류기를 통해 정류된 전압을 평활화 과정 없이 입력전압으로 사용하여, 기존의 switching regulator 적용 시 추가적으로 소요되는 수동소자인 인덕터와 커패시터를 제거함으로써, 손실 및 전력밀도를 향상시킬 수 있다. Built in 컨버터의 제어기 구성은 switching regulator의 제어기와 동일하게 구성되기 때문에 제어의 복잡성도 switching regulator와 동일하다는 특징을 가지고 있다. 그림 2는 built in buck 컨버터를 이용한 post regulator의 회로도이다. Built in 컨버터는 switching regulator와 마찬가지로 buck, boost, buck boost 등의 구성이 가능하다.

Built in 컨버터는 전력밀도, 효율 등에서 이점을 갖지만, 노

이즈 및 EMI등이 기존의 switching regulator에 비해 크게 나타날 것이라 예상되므로, 이를 개선하기 위해 bus 컨버터와 built in 컨버터의 스위칭 주파수 및 스위칭 타이밍을 동기화함으로써, EMI의 영향을 최소화하는 방법이 가능하다.

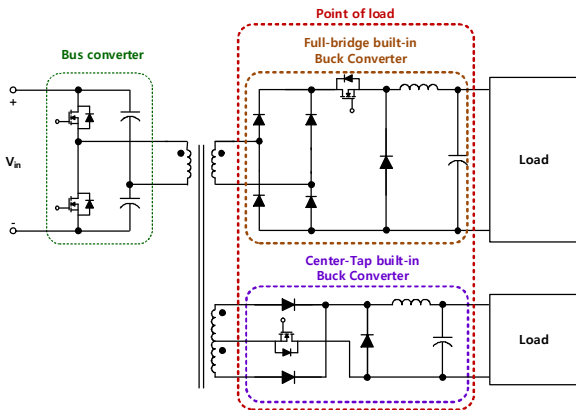


그림 2. 제안된 Built-in buck 컨버터.  
Fig. 2. Proposed built-in buck converter.

### 2.3 시뮬레이션

제한한 built in 컨버터를 검증하기 위해 hard switching half bridge 컨버터를 bus 컨버터로 이용하는 다출력 built in buck 컨버터를 시뮬레이션으로 구성하였다. 2차측은 각각 full bridge 정류기와 center tap 정류기로 구성하였으며, 통신용 전원장치를 모사하기 위해 입력전압을 350V로, 출력전압을 각각 3.3V, 1.5V로 구성하였으며, 500W씩 출력 하도록 하였다.

그림 3은 스위칭 타이밍과 주파수를 동기화 하지 않은 경우와 동기화 한 경우의 변압기 1차측 전압, 전류 파형이다. 앞서 언급했듯이, 동기화 하지 않은 경우, 1차측 전류가 불규칙적으로 진동하여, EMI를 크게 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라 누설 인덕턴스에 의해 정류기 출력 전압의 왜곡이 발생하여, 출력 전압 레귤레이션에 불리할 수 있다.

그림 4는 동기 built in buck의 시뮬레이션 결과이다. Bus 컨버터의 PWM 신호에 built in PWM 신호를 동기화하여 bus 컨버터의 스위칭 시에 built in 컨버터도 turn on 되도록 구성하여, bus 컨버터의 2배의 스위칭 주파수로 동작하는 것을 확인할 수 있다. 또한 수동 소자를 이용한 필터 없이도 다출력 컨버터의 각각의 출력 전압 레귤레이션이 정상적으로 이루어지는 것을 알 수 있다. 또한 변압기 1차측의 전압 전류 파형을 보면, 추가적인 공진 회로 없이 항상 ZCS turn off 하고 있다.

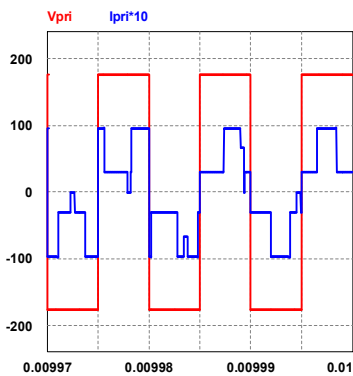


그림 3. 비동기 built-in의 변압기 1차측 시뮬레이션 파형.  
Fig. 3. Simulation results of primary voltage and current.

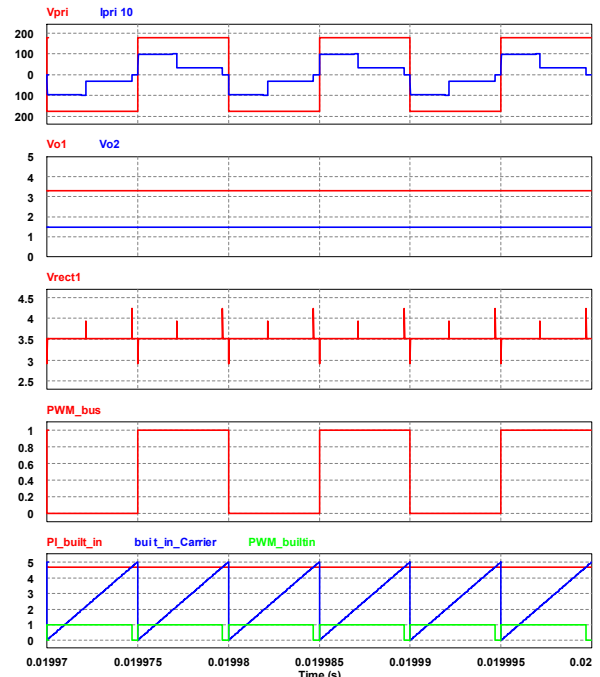


그림 4. 동기 built-in 컨버터의 시뮬레이션 결과.  
Fig. 4. Simulation results of synchronous built-in.

즉, switching regulator를 적용했을 때와는 달리, built in 컨버터를 이용하여 구성할 경우, bus 컨버터가 공진모드로 동작하도록 구성하지 않았음에도, built in 스위치의 turn off hard switching을 통해 1차측 스위치가 turn off 되기 전에 1차측 전류를 0으로 만들어 줌으로써, bus 컨버터의 스위칭 손실도 저감할 수 있다는 장점이 있다.

### 3. 결 론

본 논문은 절연형 다출력 컨버터의 post regulation 기법으로써 built in 컨버터를 제안하였다. Built in 컨버터는 종래의 switching regulator에 비해 수동소자를 이용한 필터가 없음에도 불구하고, 동일한 출력 전압 레귤레이션 성능을 나타냄을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 추후 built in 컨버터의 동기화 시점의 다변화를 통한 효율 개선 효과와 bus 컨버터에 LLC 공진형 컨버터와 위상천이 풀브릿지 컨버터와 같은 공진형 토폴로지를 적용하여 built in 컨버터의 성능 개선 방안에 대해 연구를 진행할 예정이다.

이 논문은 지식경제부 지원 하에 수행된 산업원천 기술 개발사업 (No. 10035276)의 연구결과입니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Ericsson Power Modules, "Selection of Architecture for Systems Using Bus Converters and POL Converters", Design note 023, July 2010.