

# SIDO boost converter에서 크로스 레귤레이션을 줄이기 위한 전하 복사방법

## Charge Copy Method for Reduction of Cross Regulation in SIDO Boost Converter

황 원 준\*, 김 주 언\*, 백 광 현\*\*

Wonjune Hwang\*, Ju Eon Kim\*, Kwang-Hyun Baek\*\*

### Abstract

In conventional SIDO(Single Inductor Dual Output) boost converter, charging time is changed by load power consumption. In this case, if the power consumption of one load is changed to such a degree that switching frequency of the boost converter must be changed, another load charge time is also changed, which this causes cross regulation. In this paper, the charge copy technique is proposed to reduce cross regulation. When the switching frequency is changed to an integer ratio, another load charge time is also changed to integer ratio. Simulation result shows that proposed method reduces the 10.24mV cross regulation and 39.118us recover-time compared with conventional method.

### 요 약

기존 SIDO(Single Inductor Dual Output) boost converter에서는 전력 사용량의 변화에 맞게 부하에 전하를 공급하는 시간을 바꾸게 된다. 이 때 boost converter의 스위칭 주파수가 변해야 할 정도로 어느 한 부하의 전력 사용량이 크게 바뀔 경우, 나머지 부하에 전하를 공급하는 시간도 바뀌게 된다. 이로 인해 크로스 레귤레이션이 일어난다. 따라서 본 논문에서는 어느 한 부하의 전력 사용량의 변화로 스위칭 주파수가 정수 비로 바뀔 때 나머지 부하에 전하를 공급하는 시간도 같은 정수 비로 변화 시킨다. 이 방법을 전하 복사기법(charge copy)이라 하며 이 효과로 인하여 크로스 레귤레이션이 감소한다. 제안하는 방법의 시뮬레이션 결과로 크로스 레귤레이션이 기존의 방법보다 10.42mV/A 만큼 감소하고, 복원 시간은 39.118us 만큼 작아지는 결과를 보였다.

*Key words* : Boost converter, SIDO, Cross regulation, Charge copy, Switching frequency

---

\* Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University

★ Corresponding author

kbaek@cau.ac.kr, 02-823-2309

※ Acknowledgment

This work was supported by the IT R&D program of MOTIE/KEIT. [10054819 , Development of modular wearable platform technology for the disaster and industrial site]

Manuscript received Dec. 22, 2016; revised Dec. 23, 2016 ; accepted Dec. 27, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

기존의 SIDO boost converter는 넓은 범위의 부하전력 사용량을 보장하기 위하여 스위칭 주파수가 변화하는 방법을 사용한다. 이러한 방법을 사용하는 구조에서 한쪽 부하의 전력 사용량이 크게 늘어나게 되면 전체 스위칭 주파수를 줄여서 부하에 전하를 공급하는 시간을 길게 함으로써 안정적으로 전하를 공급한다. 하지만 이때 다른 쪽 부하는 전력 사용량이 늘거나 줄지 않았음에도 불구하고 전하를 공급하는 시간이 변화해야 함으로 다시 레귤레이션하게 된다. 이러한 문제점을 크로스 레귤레이션이라 하며, 이는 SIDO DC-DC converter의 주요 지표가 된다. 기존의 방법[1]에서 크로스 레귤레이션은 램프신호 발생기 내부 전류원들의 미스매치로 인해 발생한다. 본 논문에서는 제안하는 전하복사기법을 사용하여 크로스 레귤레이션을 감소시키고 복원 시간을 단축하였다.

II. 본론

1. 기존 SIDO

기존의 SIDO boost converter[1]는 넓은 범위의 부하전력 사용량을 위하여 스위칭 주파수를 변화시키는 구조를 사용하였다. 아래 Fig.1.(A)와 Fig.1.(B)는 스위칭 주파수가 절반이 되었을 때 같은 전력을 부하에 전달하는 인덕터 전류값을 보여준다. 이때 요구되는 시간은 그림의 오른쪽 수식과 같이 계산되어 약 3.4a 만큼의 시간적 여유가 생긴다. 이는 같은 시간동안 더 많은 전하를 공급함을 의미한다.

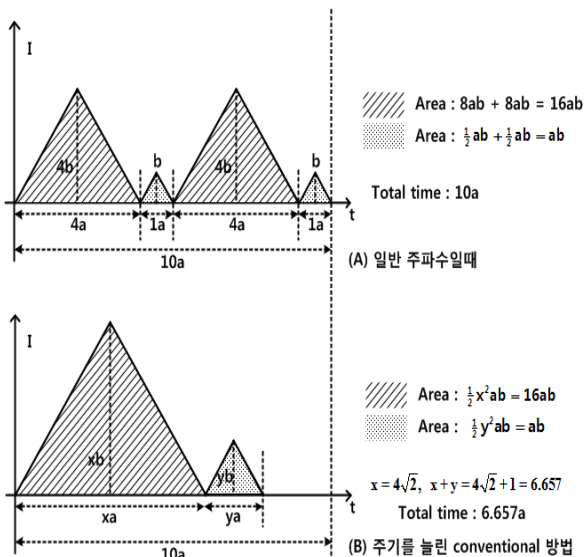


Fig. 1. Change of inductor current when switching period change from (A)5a to (B)10a

그림 1. 스위칭 주기 변화 (A)5a, (B)10a에 따른 인덕터 전류변화

위 Fig.1.(B)에서 보듯이 주파수가 1/n배 되었을 때 같은 전하를 부하에 전달하려면 그 시간은  $\sqrt{n}/n$ 배 되어야 한다. 그런데 이러한 시간을 만들기 위해서는 이를 만드는 램프신호 발생기의 전류원을  $n/\sqrt{n}$ 배로 정확히 변화 시켜야 한다. 하지만 이러한 배율은 만들기도 어려울 뿐만 아니라 전류원에 미스매치가 생겼을 경우 레귤레이션을 다시 해야 하는 단점이 있다.

2. 제안하는 SIDO

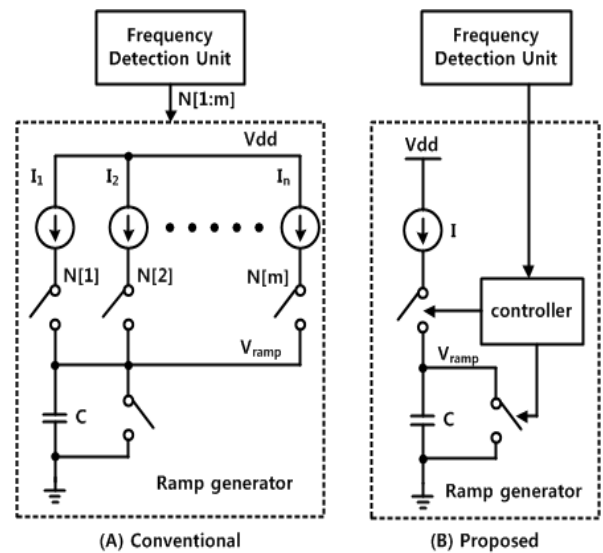


Fig. 2. (A) Conventional and (B) Proposed Ramp generator  
 그림. 2. 기존방법(A)과 제안된 방법(B)의 램프 신호발생기

기존 회로[1]의 경우 위 Fig.2.(A)처럼 스위칭 주파수에 따라 램프 신호발생기의 전류원( $I_1 \sim I_n$ ) 중 하나를 선택해서 사용한다. 하지만 앞서 언급되었듯이 각각의 전류원은  $n/\sqrt{n}$ 의 비율을 갖아야 한다는 문제가 있고 이로 인해 크로스 레귤레이션에 취약한 구조이다. 하지만 제안된 구조 Fig.2.(B)는 하나의 전류원을 사용하여 램프 신호 발생기를 구현한다. 제안된 방법은 한쪽 부하의 전력사용량 변화에 의하여 주파수가 변화하는 경우 다른 한 쪽 부하, 즉 전력사용량의 변화가 없는 부하에 Fig.3과 같이 직전의 전하공급 방법을 복사하여 공급한다. 이는 주파수가 변화하여도 레

굴레이션 하지 않고도 같은 시간동안 같은 양의 전하를 공급하는 방법이다.

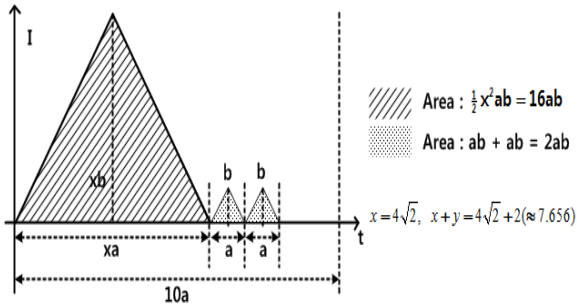


Fig. 3. Inductor current about proposed type(Charge copy)  
 그림. 3. 제안된 방법에서의 인덕터 전류(전하복사)

3. 시뮬레이션 결과

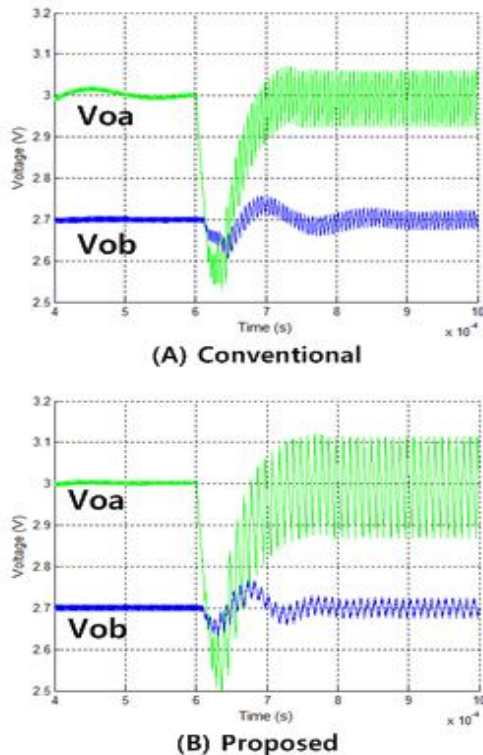


Fig. 4. simulation results of (A) conventional and (B) proposed method  
 그림. 4. 기존방법(A)과 제안한 방법(B)의 시뮬레이션 결과

위 Fig.4.는 전압이 3V인 Voa와 2.7V인 Vob를 기준으로 시뮬레이션 한 결과로 Fig.4.(A)와 Fig.4.(B)는 모두 Voa에 연결된 부하에서 사용하는 전류가 30mA에서 280mA로 증가 하였을 때를 나타낸다. 기존 회로의 경우 전력소비량이 변하지 않는 부하가 연결된 Vob의 변화량이 2.6V까지 변한 반면 Fig.4.(B)는 2.63V까지만 변함으로 크로

스 레굴레이션이 10.42mV/A 만큼 줄어들었다. 또한 복원 시간은 39.118us 만큼 작아지는 결과를 보였다. Table 1.은 기존회로와의 비교 테이블을 보여준다.

Table 1. comparison table

표. 1. 기존회로와 비교 표

	[1]	This work
VIN/Voa/Vob	1.8/3.0/2.7	1.8/3.0/2.7
Cross regulation	36.38mV/A	25.96mV/A
recover-time(Vob)	80us	40.882us

III 결론

기존의 SIDO boost converter에서는 부하의 전력을 많이 전달하기 위해 스위칭 주파수를 변경하는 방법을 사용하면서 주파수 마다 각기 다른 전류원을 사용하였다. 이러한 방식은 미스매치로 인한 문제점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 하나의 전류원을 사용하는 방법을 제안하였고 그 결과 크로스 레굴레이션을 10.42mV/A 감소, 복원 시간을 39.118us 감소시켰다.

References

[1] Xiaochen Jing, Philip K. T. Mok, M.C.Lee "A wide-Load-Range Constant-Charge Auto Hopping Control single-Inductor-Dual-Output Boost Regulator With Minimized Cross-Regulation," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol.46, no.10, pp.2350-2362, Oct.2011.