

다중부하분할 특성을 지닌 새로운 승강압 초퍼회로

문상필 · 서기영 · 이현우 · 김주용 · 김영문* · 김철용
경남대학교 · 마산대학*

A Novel buck boost chopper circuit having multi-load sharing characteristic

S.P.Mun · K.Y.Suh · H.W.Lee · J.Y.Kim · Y.M.Kim* · C.Y.Kim
Kyungnam University · Masan College*

Abstract - A DC-DC converter is being widely used for various household appliances and for industry applications. The DC-DC converter is powered from single battery, and the voltage is varied according to the purpose. In the vehicle, various accessories whose electric power is different are being used. Thus, plural number of DC-DC converter should be provided, so these situations bring complicated circuits, and accordingly, higher cost. Under such backgrounds, in this paper, we propose a novel buck-boost chopper circuit with simply configuration which can supply to two or more different output loads. The propose chopper circuit can control output voltages by controlling duty ratio by using typically two switching devices, which is composed by single boost-switch and single buck-switch. The output voltage can be controlled widely. A few modified circuits developed from the fundamental circuit are represented including the general multi-load circuit. And all this merits and appropriateness was proved by computer simulation and experience.

1. 서 론

DC-DC 컨버터는 각종 산업용, 가정용 기기에 널리 이용되어지고 있다. 예를 들면, 다양한 전장품(電裝品)을 내장한 자동차에서는 구동 전압이 다른 전장품을 한 개의 배터리에서 DC-DC 컨버터를 이용해서 전압을 변환해서 이용되고 있다. 그러므로 이와 같은 구성의 전원회로에는 각각의 전장품에 대응하기 위해 복수의 변환기를 필요로 하지만 회로가 복잡하고 코스트가 상승하는 원인이 되는 문제점이 있다. 최근에는 각종 전장품의 소비전력의 증대에 대해서 배선에서의 전력 손실을 저감하는 목적으로 배터리 전압을 36[V]화 하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 또한, 자동차업계에 한하여 일반적인 전자회로에 이용되어진 마이컴과 OP-Amp 등의 아날로그 회로와 디지털 회로를 동시에 수용할 있는 시스템에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 본 논문에서는 이러한 배경으로 하나의 전원을 이용한 간단한 구성의 새로운 승·강압 초퍼회로를 제안하여 서로 다른 복수의 출력 전압을 얻고자 한다. 제안한 초퍼회로는 기존의 회로에 승압용 스위치를 추가하여 구성하였으며, 이를 이용하여 부하를 분할화 시키고자 한다. 그리고 제안한 회로는 승압용 스위치와 강압용 스위치의 듀티비를 각별로 조절하여 넓은 범위에서 서로 다른 2개의 출력전압을 정확히 제어하여 평형 부하에 대한 출력전압의 특성과 불평형 부하에 대한 출력전압의 특성을 비교하여 서술하고자 한다. 이러한 모든 사항은 시뮬레이션과 실험의 결과를 통하여 그 타당성을 증명하고자 한다.

2. 제안한 부하 다분할형 승·강압 초퍼 회로

2.1 회로 구성 및 해석

그림 1은 일반적인 회로를 나타낸 것이다. 그림에서 S 는 스위칭 소자이며, D_1, D_2 는 스위치 S 의 보호용 다이오드 및 단락방지용 다이오드를 각각 나타내고 있다.

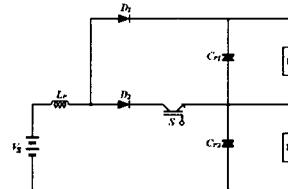


그림 1 일반적인 회로

일반적인 회로는 스위칭 소자 S 의 ON시에는 전원 V_1 에 의해 출력 V_2 에 전력이 공급되며, OFF시에는 전원 V_1 에 의해 출력 V_1 과 V_2 에 전력이 공급된다. 대략 $V_1 \approx V_1 + V_2$ 로 되며, 듀티비 d 의 변화로서 V_2 가 V_1 와 V_2 에 배분시킨다. 이에 반해 제안한 회로는 기본적으로 ON시의 동작은 일반적인 강압 초퍼의 ON시와 같은 동작을 하지만 OFF시에 있어서는 승압 초퍼의 환류 모드 경로를 변경하여 새로운 개념을 추가하였다.

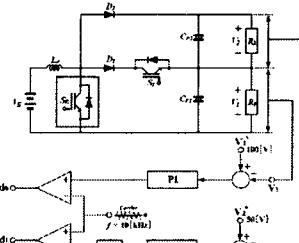


그림 2 제안한 승·강압 초퍼 회로

그림 2는 제안하는 회로 구성을 나타낸 것이며, 그림 1에서 S_b 을 추가하여 넓은 범위에서 출력전압을 제어할 수 있게 하였다. 그림 3은 스위칭 소자의 게이트 신호파형을 나타낸 것이다. 그림 4는 스위치 S_d 의 듀티비를 변화시킬 경우의 출력전압 특성을 나타낸 것이다. 그림 4에서 $d_0=0$ 인 경우 듀티비 d_d 를 0에서 1까지 변화시키면 2개의 출력전압은 광범위하게 변화되며, 승압 동작을 시킬 경우 전체적으로 2개의 합의 출력전압이 함께 승압되는 것을 알 수 있다.

제안한 회로는 기존의 초퍼 회로와 같이 기본적으로 부하를 간단히 분할하는 특성을 가지지만 출력전압을 정확히 컨트롤하기 위해 승압용 스위치를 부가하였으며, 기존의 초퍼에서 별렬을 이용해서 2출력을 얻을 경우와

비교하면 다이오드 및 스위치의 개수는 동일하나, 한 개의 인덕터를 사용하여 승강압을 제어할 수 있도록 한 것이 차이점이다.

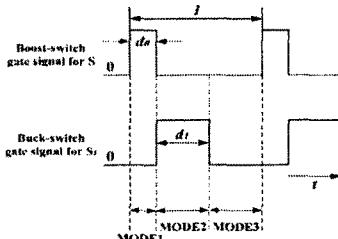


그림 3 스위치 S_1 과 S_0 의 게이트 신호

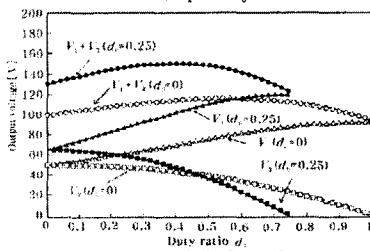


그림 4 출력전압의 특성

제안한 회로에 있어서 스위치 S_0 을 전체 기간에서 ON하지 않을 경우에 출력전압 V_1 과 V_2 의 방정식은 승압 스위치 S_1 의 듀티비 d_1 를 이용해서 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_1 = \frac{V_i}{1 + (1 - d_1)^2} \quad (1)$$

$$V_2 = \frac{(1 - d_1) V_i}{1 + (1 - d_1)^2}$$

또한, 승압 스위치 S_0 가 동작할 경우에는 식(1)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_1 = \frac{(1 - d_0) V_i}{(1 - d_1)^2 + (1 - d_0 - d_1)^2} \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{(1 - d_0 - d_1) V_i}{(1 - d_1)^2 + (1 - d_0 - d_1)^2}$$

여기서, d_0 과 d_1 은 스위치 S_0 과 S_1 의 듀티비이며, V_i 는 입력전압이다.

출력전압의 제어범위는 $1 \geq d_0 + d_1$ 이다. 그리고 식의 간략화하기 위해서 회로내의 입력 전류는 일정하게 흐르며, 출력 부하저항 R_1 과 R_2 는 같은 값을 가진다고 가정하면 입력전력($V_i I$)과 출력전력($V_1 I$ 과 $V_2 I$ 는 $V_1 d_1 I$ 과 $(V_1 + V_2)(1 - d_0 - d_1)I$)의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_i I = V_1 d_1 I + (V_1 + V_2)(1 - d_0 - d_1) I \quad (3)$$

또한, V_1 과 V_2 로서 소비하는 전력은 각각 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{V_1^2}{R} = V_1 d_1 I + V_1 (1 - d_0 - d_1) I \quad (4)$$

$$\frac{V_2^2}{R} = V_2 (1 - d_0 - d_1) I \quad (5)$$

3. 시뮬레이션 및 실험결과 고찰

표 1은 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로 정수를 나타낸다.

것이다. 그림 5는 이 정수를 이용해서 스위치 S_0 과 S_1 , 다이오드 D_2 , 인덕터 L_r 의 시뮬레이션 파형을 나타낸 것이다.

표 1 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로정수

입력전압 V_i	100[V]
인덕터 L_r	5[mH]
커패시터 C_A, C_B	2200[fF]
듀티비 d	승압비(d_0) 0.25 강압비(d_1) 0.35~0.5
스위칭 주파수 f_s	10[kHz]
부하저항 R_1, R_2	50[Ω]

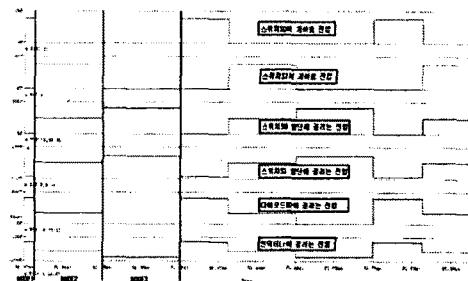


그림 5 시뮬레이션 파형

그림 6은 제안한 초퍼회로의 실험 파형을 나타낸 것이다. 그림 6의 실험 파형은 그림 5의 시뮬레이션 파형과 약간의 차이는 있는데 이것은 스위치 S_0 과 S_1 에서의 게이트 신호를 삼각파와 정·부 2개의 기준전압을 이용해서 그림에서 나타낸 것처럼 서로 대칭적인 신호 펄스를 사용했기 때문이다. 그리고 그림 4에서 나타낸 것처럼 과전압을 고려하였다.

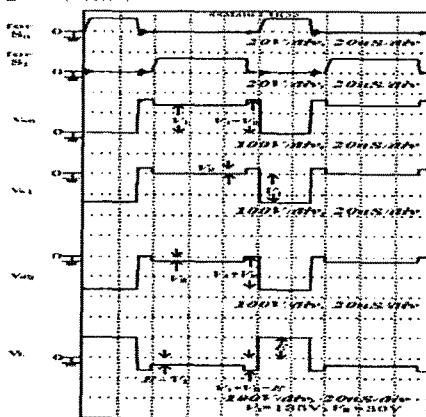
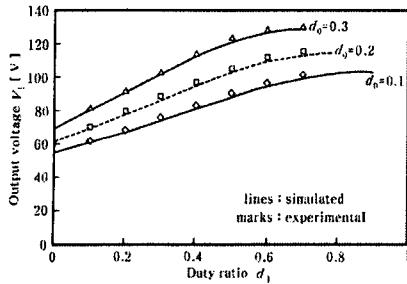
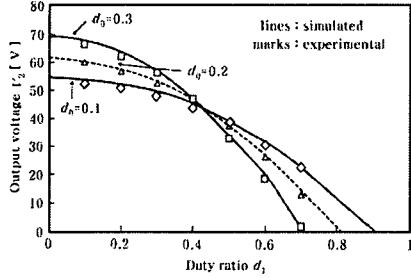


그림 6 각부의 실험 파형

그림 7은 $V_i = 100[V]$, 각 회로의 저항을 $0.5[\Omega]$, 부하저항 $R = 50[\Omega]$, 스위칭 주파수 $f_s = 10[kHz]$ 일 때 제안한 회로를 시뮬레이션에 의해 승압 스위치 S_0 의 듀티비 d_0 를 0.1~0.3으로 설정하고, 강압 스위치 S_1 의 듀티비 d_1 를 0~1까지 변화될 때의 출력전압특성을 나타낸 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 제안한 초퍼의 듀티비 d_1 를 상승하면 출력전압 V_1 도 상승하는 특성을 가진다.



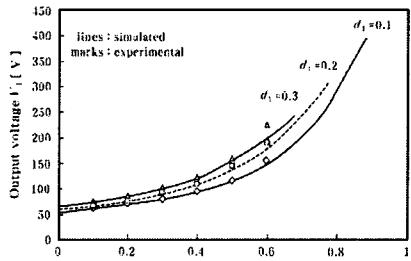
(a) 출력전압 V_1 의 특성



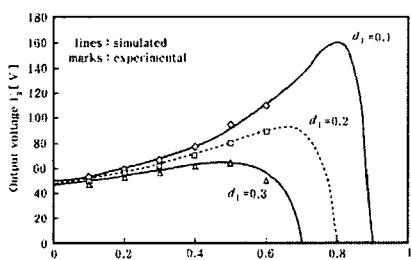
(b) 출력전압 V_2 의 특성

그림 7 출력전압의 강압 특성

그림 8은 강압 스위치 S_1 의 드uty비 d_1 을 고정해서 승압 스위치 S_0 의 드uty비 d_0 을 변화시킬 경우의 출력전압 승압 특성이 된다. 그림 8(a)에서 알 수 있듯이 V_1 는 통상적으로 승압 초퍼와 유사한 모양을 나타내는데 반해, V_2 는 드uty비 d_0 가 증가하면서 승압 특성으로 증가하다가 최대값의 경로($d_0+d_1=1$)에서 0으로 변하는 특성을 가진다.



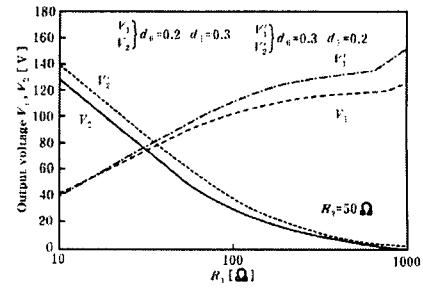
(a) 출력전압 V_1 의 특성



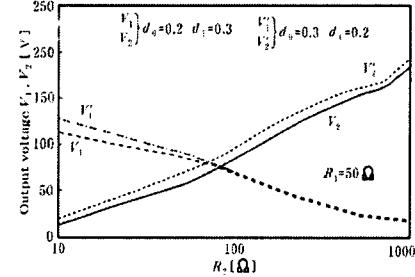
(b) 출력전압 V_2 의 특성

그림 8 출력전압의 승압 특성

그림 9는 불평형 부하에 대한 출력전압의 특성을 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 9 불평형 부하시의 출력전압 특성

그림 9(a)는 $R_2=50[\Omega]$ 으로 일정하게 한 후에 R_1 을 10~1000[Ω]로 변화시킬 때의 부하전압 V_1 , V_2 의 변화를 나타내고 있다. 그림 9(b)는 $R_1=50[\Omega]$ 을 일정하게 해서 R_2 를 10~1000[Ω]로 변화했을 때를 부하 전압의 변화를 나타낸 것이다.

4. 결 론

제안한 초퍼 회로는 기존의 회로에 승압용 스위치를 추가하여 구성하였으며, 이를 이용하여 부하를 분할화 시켜 서로 다른 복수의 출력 전압을 얻었다. 그리고 제안한 회로는 승압용 스위치와 강압용 스위치의 드uty비를 각각 별도로 조절하여 넓은 범위에서 서로 다른 2개의 출력전압을 정확히 제어하여 평형 부하에 대한 출력전압의 특성과 불평형 부하에 대한 출력전압의 특성을 비교한 결과 기존의 초퍼 회로보다 우수한 특성을 가진다. 하지만 제안한 방식은 전체 전류의 분담을 인덕터에 의해서 부담하기 때문에 전류의 용량이 증대하는 단점이 있다. 이러한 모든 사항은 시뮬레이션과 실험의 결과를 통하여 그 타당성을 증명하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] T.Tachibana, S.Abu, "Realized Automobile 42[V] Power Supply and Issues to Future Power Supply", Proc. of the 2002 Japan Industry Appl. Society Conference, Vol.1, pp.57~60, 2002
- [2] N.Mohan, W.P.Robbins, "Power Electronics Converters, Applications and Design, Second Ed.", Wiley & Sons, Inc., p.160~164, 1995
- [3] 仲谷行雄, 谷口賛則, "降圧形コンバータの特性解析", 半導體電力変換研究会連丘資料, SPE-95-87, 1995.
- [4] 長尾道彦, 今永定利, 原田耕介, "不連續モード動作高効率昇降圧形AC-DCレギュレータ特性解析", 電子情報通信学会新技術報, pp.12~22, 1993.
- [5] 遠藤久仁, et al, "降圧形ヨッパ形高効率電源のインダクタ電流連続モードにおける解析", 信學技報, PE92-2, pp.913, 1992.