DC-DC Buck Converter의 응답특성 해석 및 연구

이경환*, 김진덕
한국파워트레인*, 경북대학교 전자공학부

Response Characteristics Of DC-DC Buck Converter Analysis and Research

Kyung Hoan Lee*, Jin Deok Kim
KAPEC*, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

ABSTRACT

DC DC Buck Converter는 입력 전압보다 출력전압이 낮은 컨버터이며 강압형 컨버터라고도 한다. 입력과 출력이 같은 접지를 공유하는 회로에 쓰이며, 스위칭 소자를 이용하여 듀티비에 따라 출력전압을 제어할 수 있고, 출력단의 LC 필터를 통해 평활(평균)하여 직류전압을 얻을 수 있다.[1][2]

DC DC Buck Converter는 제어가 간단하고 설계가 쉬워 주로 회로의 파워부에 많이 쓰이고 있으며, 본 논문에서는 DC DC Buck Converter의 기본형과 2Stage DC DC Buck Converter 그리고 기본형의 GND단에 L을 추가한 DC DC Buck Converter의 응답특성을 비교 및 분석을 함으로써 이론적 해석과 시뮬레이션을 통한 특성을 비교 하고자 한다.

1. 서론

스위칭 기반의 강압회로인 DC DC Converter는 높은 효율로 출력전압을 입력보다 쉽게 낮춰 생성할 수 있는 장점으로 관심과 발전을 거듭해왔다. 이미 제안된 Converter 형태로 2 Stage 형태의 Converter, L이 추가된 Converter, 그리고 기본형 Converter 등이 있다. 그러나 Converter를 설계하기에 있어서 응답성, 효율, 전압과 전류의 리플을 고려하여 최적의 설계를 해야 하므로 결코 쉽다고만은 할 수가 없다.[3]

본 논문은 각 타입의 DC DC 벅 컨버터의 비교를 통해 각각의 성능과 응답특성을 비교 및 비교 하자고 한다. PSIM을 통한 시뮬레이션, MATLAB을 통해 전달함수를 사용하여 근궤적을 도출해 각 회로의 특성을 확인하였다.

2. 본론

2.1 DC-DC Buck Converter의 동작원리

DC DC Buck Converter는 출력이 입력보다 낮은 강압변환기로서, 스위칭에 의해 나온 교류 성분은 LC필터를 직류로 바뀌게 되며 출력전압은 스위칭 소자의 Duty를 조절하여 얻을 수 있다. DC DC Buck Converter는 스위치가 크게 두 가지 동작으로 나눌 수 있다.

스위치가 on상태일 때 L에 전류를 충전 시켜 off시에 다이오드를 통해 C로 충전시켜 R(부하)을 통해 출력전압을 소비하게 된다.[1][2]

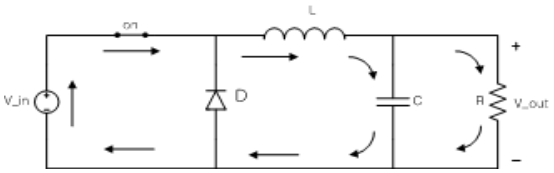

그림 1(a) 스위칭 on일 때의 전류흐름
Fig. 1(a) When the switch is on, the current flow

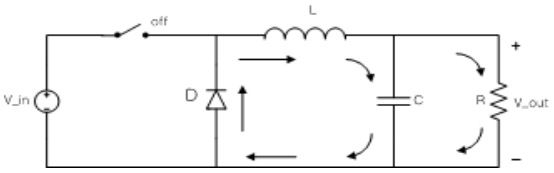

그림 1(b) 스위칭 off일 때의 전류흐름
Fig. 1(b) When the switch is off, the current flow

2.2 DC-DC Buck Converter 시뮬레이션

전력전자공학에서 많이 쓰이는 Psim을 사용하여 Buck Converter와 여기에 L이 추가된 회로, 그리고 2stage Buck Converter를 시뮬레이션 했다.

아래의 그림은 Psim에서 구현한 각각의 Buck Converter회로들이다.

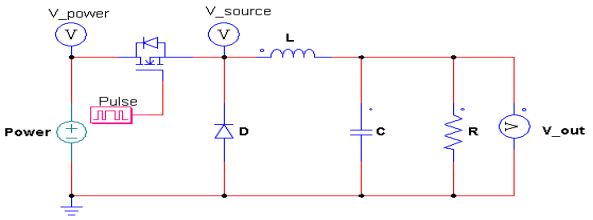

그림 2 Buck Converter
Fig. 2 Buck Converter

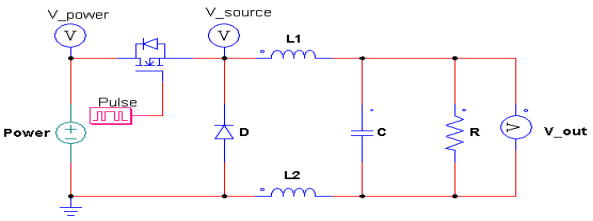

그림 3 L이 추가 된 Buck Converter
Fig. 3 Buck Converter added L

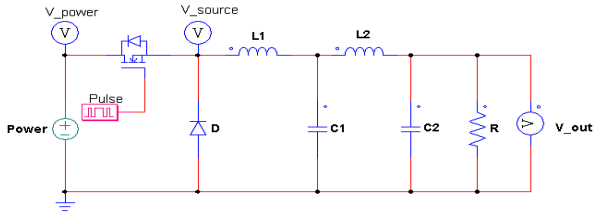

그림 4 2 Stage Buck Converter
Fig. 4 2 Stage Buck Converter

20V를 입력으로 하여 10V를 출력으로 하였다.

Buck Converter의 출력은 Duty 비에 의존 하고, 출력전압 맥동과 전류 리플은 각각 1.6A, 0.4%로 하였다. 그리고 주파수가 너무 높아지면 스위칭에서의 에너지 소모가 많으므로 일반적인 20kHz로 선정한다.[1]

$$D(Duty) = \frac{V_o}{V_i} \quad (1)$$

식(1)과 같이 Duty를 구하고, L의 최소값을 구하면 식(2)와 같은데 인덕터 전류가 확실하게 연속이 되도록 값을 최소값보다 25% 크게 잡는다.[1][2]

$$L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f}, \quad L = 1.25L_{\min} \quad (2)$$

그리고 출력전압 맥동과 관련이 깊은 C는 식(3)과 같이 주어진다.[1][3]

$$C = \frac{1-D}{8L(\frac{\Delta V_o}{V_o})f^2} \quad (3)$$

각 회로에 사용된 파라미터 값은 표1과 같이 주어진다.

표 1 DC-DC Buck Converter 설계 파라메터
Table 1 DC-DC Buck Converters of the designed parameters

종류	L1	L2	C1	C2	R
단위	mH		μF		Ω
Buck Converter	0.156		1000		10
Buck Converter added L	0.156	200	1000		10
2 Stage Buck Converter	0.156	200	1000	10	10

각 파라미터를 적용 후 시뮬레이션 결과는 그림4와 같이 나타난다. 정상상태 도달시간은 Buck Converter, 오차는 L이 추가된 회로가 가장 적었으며, 전압의 맥동 또한 적게 나왔다. 이는 추가된 L에 의해 출력전압의 맥동이 낮아지지만 정상상태 도달시간은 느림을 알 수 있다. 2stage Buck Converter 또한 전압의 맥동을 오버슈트가 개선되었다.

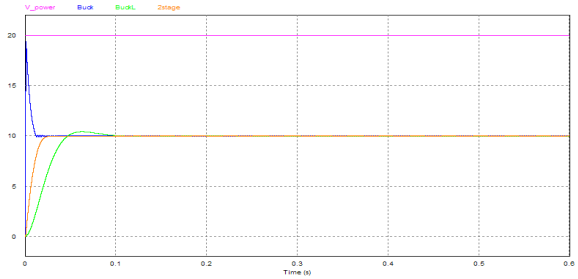

그림 4 시뮬레이션 결과
Fig. 4 The simulation results

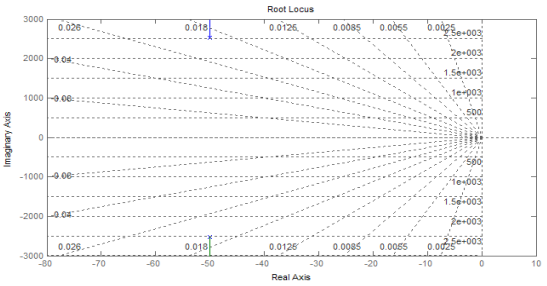

그림 5(a) Buck Converter의 근궤적
Fig. 5(a) Root locus of Buck Converter

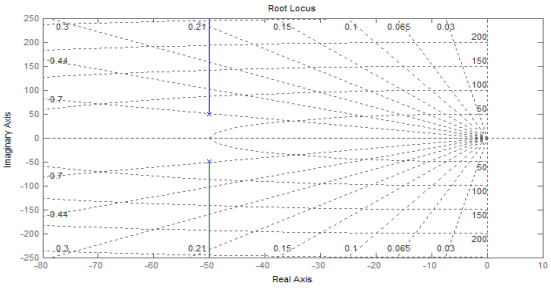

그림 5(b) L이 추가된 Buck Converter의 근궤적
Fig. 5(b) Root locus of Buck Converter added L

그림 5의 근궤적을 보면 L이 추가된 Buck Converter의 극점이 실수축과 더욱 가까워 응답시간 및 오버슈트에 더욱 개선된 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문은 3가지 형태의 Buck Converter의 시뮬레이션을 통해 응답특성에 대해 알아보았다. 기본적인 Buck Converter보다 L을 추가하거나 2Stage Buck Converter의 경우 응답성과 오버슈트에 개선된 것을 확인 했으며 이는 추가된 L과 C의 의한 영향임을 알 수가 있다.

많이 부족하지만 Converter에 입문하는 사람들의 조금이나마 도움이 되길 바란다.

참 고 문 헌

[1] Daniel W Hart 저, "Pspice를 활용한 전력전자공학", 인터비젼
[2] 신춘식 외 2명 공저, "MATLAB과 함께한 제어시스템 해석 및 설계", 동일 출판사
[3] 전법준외 4, "시뮬레이션 툴을 이용한 Buck Converter의 특성 비교" 2012년도 대한 전기학회 춘계학술대회 논문집, pp.298 300
[4] 임승하 외 1명 저, "공진회로를 이용한 고효율 Buck 컨버터의 구현" 대한전자공학회, 전자공학회논문지 B 33(11), 1996.11, 1809 1816 (8 pages)