

## 고승압 플라이백 컨버터에서의 스너버 회로에 대한 설계와 효과

이정섭\*, 조용호\*\*, 김기석\*\*, 홍선기\*\*  
호서대학교\*, 호서대학교\*\*

### The design and the effect of the snubber circuit of the high step-up flyback converter

Jung-Sup Lee\*, Yong-Ho Jo\*\*, Ki-suk Kim\*\*, Sun-Ki Hong\*\*  
Hoseo University\*, Hoseo University\*\*

**Abstract** - 고 승압 플라이백 컨버터를 설계하여 제작, 사용할 때 고 주파수의 스위칭시 스위칭 소자의 보호를 위해 스너버 회로를 사용하게 된다. 본 논문에서는 고 승압 플라이백 컨버터의 스위칭 소자에서 R-C 스너버 회로가 미치는 영향에 대해 직접 실험하여 스너버 회로가 스위칭 소자와 스위칭 신호에 미치는 영향을 확인하고 실험을 통해 얻은 스너버 회로 파라미터값과 계산결과를 비교한다.

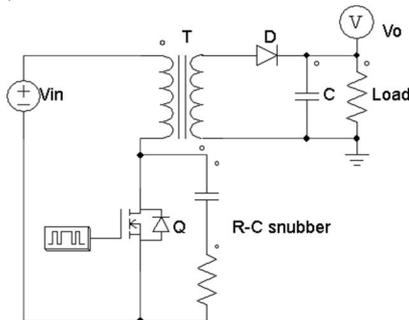
#### 1. 서 론

일반적으로 고 승압 플라이백 컨버터를 사용할 때 수십 kHz의 고 주파수의 스위칭을 통해 컨버터를 동작시키게 된다. 이 때 인덕터에 의한 서지전압으로 인해 스위칭 소자가 높은 스트레스에 노출되는데 이를 방지하기 위해 스너버 회로가 사용된다. 본 논문에서는 R-C 스너버 회로를 고 승압 플라이백 컨버터에 적용하여 R-C 파라미터값에 따라 스위칭 신호와 전압 스트레스에 어떠한 변화가 있는지 실험하여 적절한 R-C 파라미터값을 선정한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 스너버 회로

본 논문의 스너버 회로의 실험에서 사용된 컨버터는 28V 입력전압의 승압용 플라이백 컨버터를 사용하였다. 컨버터의 스위칭 성능을 높이기 위해서 스위치의 개방 상태일 때 플라이백 컨버터의 트랜스 1차측 인덕턴스에 의해 발생하는 서지전압을 억제할 수 있도록 스너버 회로가 필요하다. 스너버 회로를 포함한 플라이백 컨버터의 등가회로는 아래 그림 1에 표시되었으며 1차측 스위치 Q와 병렬로 연결된 저항과 캐패시터가 스너버 회로이다.

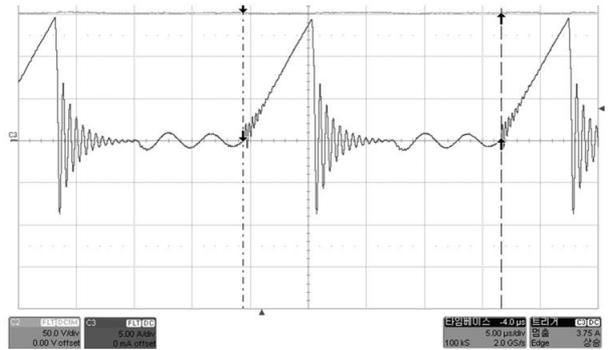


〈그림 1〉 스너버 회로가 추가된 플라이백 컨버터 등가회로

본 논문에서는 스위칭 소자 보호를 위하여 캐패시터만으로 구성된 스너버 회로와 저항과 캐패시터가 직렬로 구성된 스너버 회로에 따라서 각 스위칭 파형과 출력전압에도 어떠한 영향을 미치는지 확인해본다.

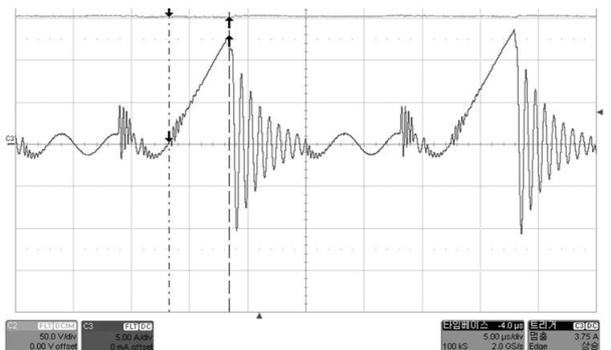
##### 2.2 캐패시터만을 사용한 스너버 회로

그림 2는 스위칭 소자 보호를 위해 내압만을 고려하여 스너버 회로에 사용된 캐패시터는 캐패시터의 용량에 따라 1차측에 흐르는 전류 파형을 볼 때 1차측 전류에 어떠한 변화가 있는지 확인하기 위해 캐패시터만을 사용하여 플라이백 컨버터의 스위칭 소자에 병렬로 연결하고, 저항 부하에서 출력전압과 1차측 전류 파형을 측정한 그림이다. 그림 2를 보았을 때 전류 상승구간(스위치가 켜지는 구간)을 제외한 구간에서 전류 파형을 볼 때 심한 리플이 발생하는 것을 그림 2를 통해 볼 수 있으며 캐패시터의 용량에 따라 단순히 전류파형이 어떻게 변화하는지 확인하기 위해 캐패시터의 용량을 줄이거나, 늘려 전류파형을 비교하였다.

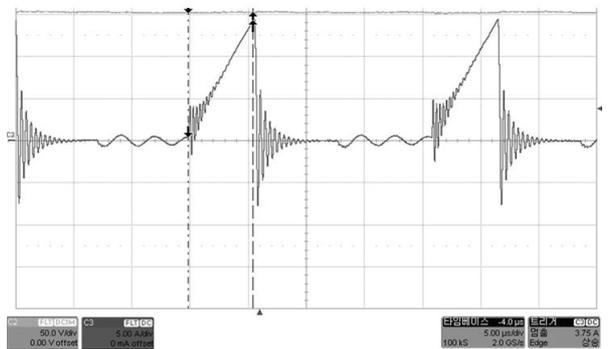


〈그림 2〉 20nF 스너버 캐패시터로 플라이백 컨버터를 동작시켰을 때 출력전압(C2), 1차측 전류(C3) 파형

캐패시터의 용량을 두배로 증가시켰을 때(그림 3)와 절반으로 감소시켰을 때(그림 4)를 각각 비교하면 스너버 캐패시터의 용량이 작을수록 리플이 발생하는 구간은 짧아지며 용량이 커질수록 리플이 오래 지속됨을 알 수 있다. 이러한 리플현상은 정상적인 플라이백 컨버터의 동작과 관련된 신호에 문제를 야기할 수 있으므로 최대한 리플을 제거하는 것이 좋다.



〈그림 3〉 47nF 캐패시터를 사용한 스너버 회로의 전압, 전류파형



〈그림 4〉 10nF 캐패시터를 사용한 스너버 회로의 전압, 전류파형

### 2.3 R-C 스너버 회로 설계

다음은 저항과 캐패시터로 구성된 스너버 회로의 파라미터를 선정하기 위해 플라이백 컨버터에서 사용한 스위칭 소자 FDP083N15A의 데이터 시트에 표기되어있는 스위치가 켜지는 시간, 꺼지는 시간인 그림 3을 참고하였다.

#### Switching Characteristics

$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	$V_{DD} = 75\text{ V}, I_D = 75\text{ A},$ $V_{GS} = 10\text{ V}, R_G = 4.7\ \Omega$	-	22	54	ns
$t_r$	Turn-On Rise Time		-	58	126	ns
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time		-	61	132	ns
$t_f$	Turn-Off Fall Time		-	26	62	ns

〈그림 3〉 플라이백 컨버터 FDP083N15A의 스위칭 특성

다음으로 데이터 시트의 스위칭 특성을 확인하고 스너버 캐패시터의 용량은 아래 식 (1)으로 R-C 스너버 회로의 캐패시터 용량을 계산할 수 있다.

$$C_n = \frac{I_{ip} \cdot (t_r + t_f)}{V_{DS}} \quad (1)$$

식 (1)에서  $V_{DS}$ 는 스위칭 할 때 스위칭 소자에 걸리는 양단전압이며 아래 식 (2)으로 계산할 수 있다. 식 (2)에서의  $N_p$ 와  $N_s$ 는 각각 플라이백 컨버터의 1차측, 2차측 트랜스 권선수이며  $V_o$ 는 출력전압,  $V_{in}$ 은 입력전압을 말한다. 식 (1)에서

$$V_{DS} = \frac{N_p}{N_s} V_o + V_{in} \quad (2)$$

$I_{ip}$ 는 1차측 전류의 피크치이며  $t_r$ 과  $t_f$ 은 각각 스위치가 켜지거나 꺼지는데 걸리는 시간이며 식 (3)으로 계산할 수 있으며  $Dt$ 는 듀티비,  $T_{full}$ 은 최대 스위칭의 주기,  $L_1$ 은 플라이백 컨버터의 1차측 인덕턴스를 말한다.

$$I_{ip} = \frac{Dt \cdot T_{full} \cdot V_{in}}{L_1} \quad (3)$$

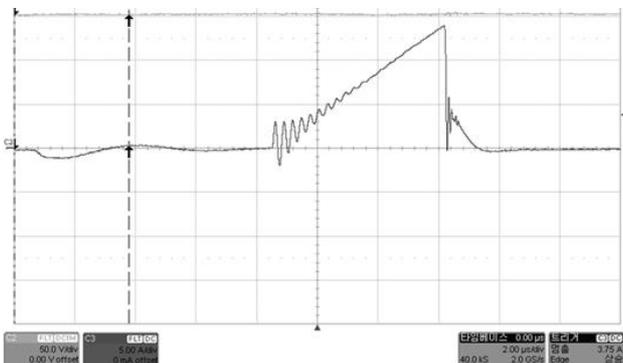
그리고 R-C 스너버 회로의 저항은 다음 식 (4)으로 계산할 수 있다.

$$R_n = \frac{V_{DS}}{I_{dis}} \quad (4)$$

여기서  $I_{dis}$ 는 스위치가 켜질 때 스너버 캐패시터로부터 스위치로 방전되는 전류를 나타내며 기준 값으로 스위치 전류 최대치의 25%로 선정하여 구하였다.

### 2.4 R-C 스너버 회로의 적용

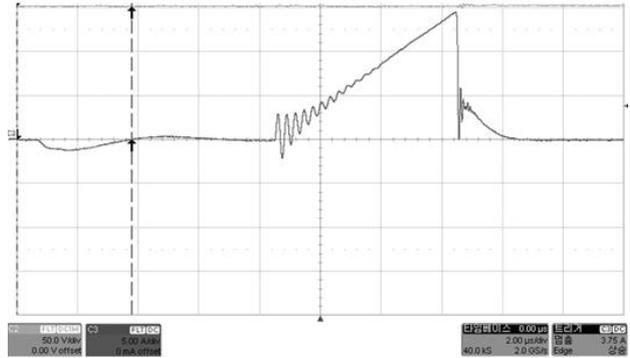
실제로 제작한 플라이백 컨버터에서 계산식을 통해 얻은 파라미터 값으로 스너버 회로를 계산했을 때 캐패시터의 용량은 41nF, 저항은 80ohm이지만 실제로 플라이백 컨버터의 최대 부하에서 구동했을 때 실제로 구동할 때 이론값과 오차가 발생하기 때문에 본 논문에서는 오로지 계산식을 통해 얻은 파라미터 값과 실험에서 측정된 값을 각각 실험하였다.



〈그림 4〉 설계한 스너버 회로를 사용 플라이백 컨버터 1차측 전류 파형

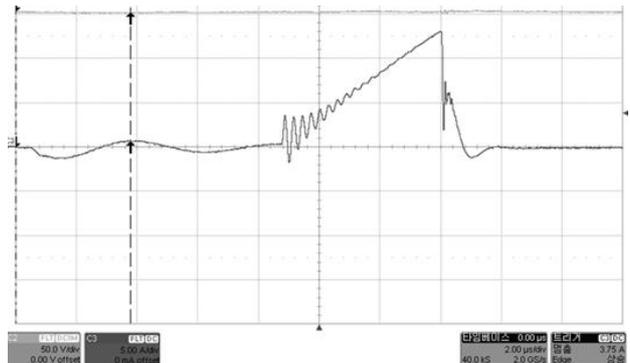
계산만으로 얻은 캐패시터 용량은 41nF, 저항은 80ohm으로 실제 회로에 사용된 캐패시터 용량은 47nF, 저항은 9.4ohm을 사용하여 각 부파형을 확인하였으며 전류 파형은 <그림 4>이다.

그림 4의 실험조건에서 저항 값이나 캐패시터값을 증가시켰을 때 전류 파형의 리플이 감소되는 것을 확인하였으며 다음으로 실제로 측정하여 얻은 1차측의 전류 피크치와 스위칭 양단전압으로 캐패시터와 저항으로 각각 64nF, 4.7ohm계산 결과로 68nF, 4.7ohm의 스너버회로를 구성하여 실험을 진행하였으나 실험 결과 저항값이 9.4ohm으로 증가시켰을 때 가장 리플전압이 작은 것을 그림 5를 통해 확인할 수 있었다.



〈그림 5〉 68nf, 9.4ohm 스너버 회로를 사용한 플라이백 컨버터의 전류 파형

그림 4와 그림 5의 전류 파형을 보았을 때 크게 차이는 없지만 변경된 점을 비교했을 때 캐패시터 용량이 증가했을 때 전류의 리플이 감소된 것을 알 수 있으며 이는 2.2절에서 캐패시터만을 사용했을 때와 차이가 있으며 아래 그림 6은 그림 4와 그림 5를 통해 얻은 스너버 회로의 R-C 파라미터값과 전류파형의 관계를 확인하기 위해 반대로 저항과 캐패시터 값을 줄여 전류 파형을 측정하였다.



〈그림 6〉 47nF, 4.7ohm 스너버 회로를 사용한 플라이백 컨버터의 전류 파형

## 3. 결 론

고속의 스위칭을 통해 동작하는 컨버터에서 R-C 스너버 회로는 컨버터의 특성상 인덕터와 스위칭으로 인해 발생하는 리플을 감소시킬 수 있으며 그로 인해 보다 안정적인 동작을 하는데 영향을 미친다. R-C 스너버 회로의 각 파라미터값을 선정할 때 저항값은 거의 일치함을 확인하였으나 캐패시터의 값에 오차가 있음을 확인할 수 있었는데 이와 같이 오차가 발생한 이유는 플라이백 컨버터 설계시 트랜스 포화로 인해 각 파라미터값을 조금씩 변경한 것을 포함하여 설계식과 실제 사용한 소자의 파라미터값에 오차가 존재하는데 이러한 오차들까지 고려된 파라미터값으로 계산하여 스너버 회로의 오차를 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", BM 성안당, 78p, 2011.05.25.
- [2] 김희준, "스위칭모드 파워서플라이", BM 성안당, 34p, 241p~249p, 2011.04.28.
- [3] 변남희, "용량성 부하 구동을 위한 고승압 컨버터, 아날로그 인버터 및 에너지 회수형 인버터에 관한 연구", 호서대학교, 2014.12.