

영전압 Regulation기능을 가진 BUCK 컨버터

박점문 곽동걸* 김은수* 계문호* 강유리* 조기연* 이현우*

*경남대학교, **한국전기연구소

BUCK Converter with Zero Voltage Regulation Function

J.M Park D.G Kwak* E.S Kim* M.H Kye* Y.R Kang* K.Y Joe* H.W Lee*

*Kyungnam University **KERI

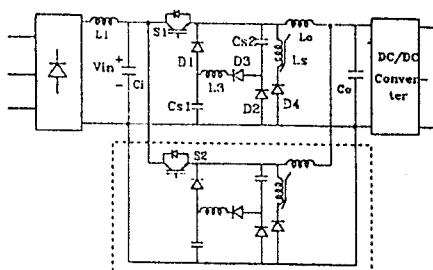
<Abstract> The main objective of this paper is to increase the efficiency, to eliminate the harmonics wave and to accomplish the zero voltage regulation of the output voltage. To accomplish this goal, DC-to-DC converter model with ERS(Energy Recovery Snubber) is developed. And, to realize the detail purpose, we are used ZVS soft switching snubber, ripple steering filter and, function control law etc.. So, we presented to show superior operation of this converter with the zero voltage regulation function.

1. 서론

교환기용 정류기는 상용 전원 220V/380VAC의 높은 입력전압에서 사용되므로 입력 전압에 관계없이, 어떠한 부하조건에서도 영전압 스위칭 조건을 만족하면서 스위칭 손실을 감소시키고 전원이나 부하로 에너지를 회생할 수 있는 무손실 스위칭을 적극 고려할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 충전된 스위칭 에너지를 부하쪽으로 회생할 수 있는 Energy Recovery Snubber 방식에 의한 보다 고효율/고신뢰성의 Free Voltage Regulator를 설계하고자 한다. 그리고 인터티 및 고주파 변압기의 포함을 일으킬 수 있는 AC/DC변환에 의한 저주파 리플을 보상할 수 있고, 입력전원과 부하 변동등에 빠르게 응답하게 하는 함수제어법에 의해 출력전압의 저리플화와 빠른 응답특성을 갖는 전압 Feed back Loop회로를 선형화하였다. 그리고 출력단의 Noise원이 되는 스위칭 리플을 제거할 수 있는 리플 어제피터를 적용함으로써 출력전압에 나타나는 스위칭 리플간소 뿐만 아니라 입력력 캐페시티의 용량을 보다 줄일 수 있으므로, 컨버터의 크기를 현저히 저감시킬 수 있다.

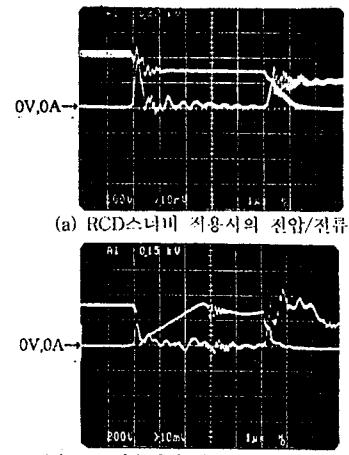
2. ERS를 적용한 Buck 컨버터

[Fig1]은 ERS를 적용한 빅-레귤레이터의 주회로를 나타내고, [Fig2]는 빅-컨버터의 기본회로에 RCD스니버 적용시와 ERS 적용 시의 스위치의 전압/전류 파형을 각각 나타낸다.



Li: 7.0mH Ci: 4400uF Cs1=Cs2: 0.05uF
Lo: 300uH Co: 500uF L3: 8.6uH

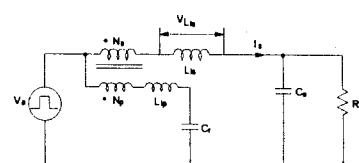
[Fig. 1] ERS 적용 Buck Regulator



[Fig. 2] 실험 결과 (200V, 20A/div)

3. Ripple Control filter의 적용

[Fig3]은 Ripple control filter 회로를 나타낸다.



[Fig. 3] Ripple Control Filter 회로

본 논문에서 제안하는 ripple control filter는 인터티의 $dI/dt=0$ 를 통하여 출력전압의 zero ripple을 이루는 방법인데, 이는

$$V_{L_b} = L_b \cdot \frac{dI_b}{dt} = 0 \text{인 } V_{L_b} = 0$$

이면 된다. 위 [Fig3]으로부터

$$V_o \cdot \frac{L_m}{L_m + L_{ip}} \cdot \frac{N_s}{N_p} = V_o \cdots [1]$$

이고, zero-ripple은 인기 위하여 다음식을 만족하여야 한다.

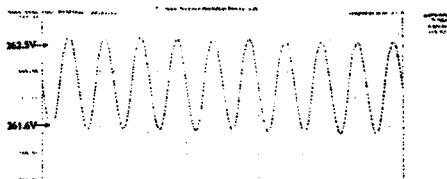
$$\frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{L_m}{L_m + L_{ip}} = 1 \cdots [2]$$

만약, $N_s = N_p$ 이고 $L_m > L_{ip}$ 면 zero-ripple이 일어지나, 이는 고주파 변압기의 제작시 신제작으로 누설 인터던스가 존재하게 되므로 불가능하고 또한 출력 캐페시티 내부에는 ESR이 존재하기 때문에 약간의 리플이 나타나게 된다.

[Fig 4/5]는 LC필터 적용시와 리플어제 필터 적용시의 출력전압을 각각 비교하였다. Ripple control filter의 LC공진을 없애기 위해 filter-용 캐패시터의 크기를 1[uF]으로 하고 고주파 변압기의 1,2차의 누설 인덕턴스를 간げ하는 것이 좋다. 이것은 인덕터 설계시 보통의 누설 인덕턴스를 적용하면 된다. 필터의 최적 파라메터를 설정한 후 출력캐패시터 용량은 LC필터 적용시에 비해 최대 1/3배까지만 줄일 수 있다. 이때 최적의 파라메터는 토플러지마다 차이가 있다.



[Fig 4] LC filter 적용시



[Fig 5] Ripple control filter 적용시

4. Function Control Law

4-1. 기본 원리

스위칭 컨버터가 요구하는 Duty Ratio는 식 [1]이고, 이 Duty Ratio 조건을 만족하기 위해 제이회로가 만들어 내는 출력 전압은 식[2]이다. 이때 스위칭 Regulator의 폐루프 특성은 식[3]과 같다.

따라서 출력전압은 $V_o = K(V_r - V_o)$ 이고, 정리하면 $V_o = \frac{K}{K+1} V_r$ 이된다.

$$a_p = h(V_s, X, V_o) \dots \dots \dots [3]$$

$$a_c = h(V_s, X, K(V_r - V_o)) \dots \dots \dots [4]$$

$$h(V_s, X, V_o) = h(V_s, X, K(V_r - V_o)) \dots \dots \dots [5]$$

4-2. 용·용

Kirchhoff의 진위법칙에 의해

$$V_o = a_p V_s - L \frac{di}{dt} \Rightarrow a_p = \frac{V_o + L \frac{di}{dt}}{V_s} \dots \dots \dots [6]$$

그리고, 제이회로의 위출녀 관계에 의해

$$a_c = \frac{K(V_r - V_o) + L \frac{di}{dt}}{V_s} \dots \dots \dots [7]$$

이다. 따라서 폐루프 진압은 $a_p = a_c$ 에 의해

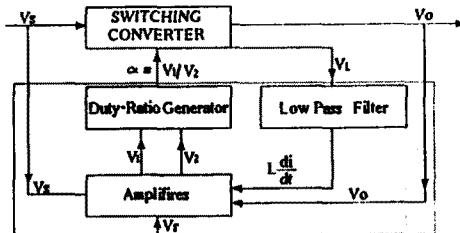
$$V_o = \frac{K}{K+1} V_r \dots \dots \dots [8]$$

이 된다. V_o 는 공급전압과 부하전류에 대해 독립적이고 단지 Reference 전압에만 의존한다. 이 제이회로는 위력전압과 부하의 왜란으로부터 독립적인 출력전압의 영진압 Regulation을 이루기

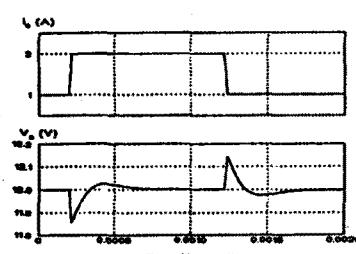
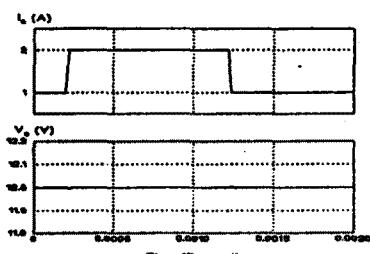
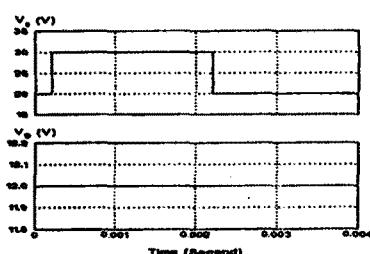
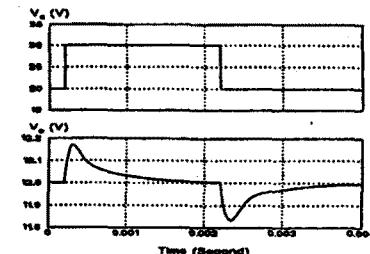
위해 컨버터 주회로의 요구에 거의 실시간으로 동작할 수 있다.

[Fig6]은 함수제이법을 적용한 버-래글레이터의 블럭도를 나타내고, [Fig7]은 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 함수제이법의 장점은 아래와 같다.

- (a) 입력과 부하변동으로 부터의 왜란이제.
- (b) 해석은 Small Signal과 Large Signal변동에 대해 유효.
- (c) 제이회로 설계의 간단성과 유동성.



[Fig 6] 함수제이법의 블럭도



[Fig 7] 시뮬레이션 결과

5. 결론

개발된 12kW 스위칭모드 정류기는 모든 부하조건하에서 고효율/고역률의 특성을 가진다. ERS동작에 의한 스위칭 에너지의 부하회생으로 효율을 상승시켰고, 그리고 AC/DC변환에 의해 발생하는 저주파 성분과 위축력 에관의 영향을 한수제어법 적용으로 감소특성을 얻을 수 있었으며, 리플 어세페터의 적용으로 고조파 변조(20kHz)로 발생하는 출력단 스위칭 리플의 감소특성을 얻을 수 있었다. 향후 고정밀도를 요구하는 AC/DC적용에 대해 최적의 파라메티 선정과 제이고 우수한 영진압 레귤레이터 설계가 가능할 것이라 사료된다.

참 고 문

- [1] Y.F Liu, P.C.Sen,"A Novel Method to Achieve Zero- Voltage Regulation in Buck Converter" IEEE TRANSACTION ON POWER ELECTRONICS, VOL.10, NO.3, 1995
- [2] Y.F Liu, P.C.Sen and S.P Huang,"Function control-A novel strategy to achieve improved performance of the DC-to-DC switching regulators." Record of IEEE Industrial Application Society Annual Meeting, 1991, pp.971-976
- [3] E.S Kim, K.Y Joe, G.H Rim,"A 12kW Switching Mode Power Supply with Free Input-Voltage", APEC Orlando, FL, 1994.2