

전도손실 저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 특성

김영문· 김해재· 김철용· 류재엽**· 김수욱***
 마산대학· 한국폴리텍Ⅲ창원대학**· 한국폴리텍Ⅲ부산대학***

Character of PWM DC-DC Converter for Conduction Loss Reduction and Efficiency Rise

M. Y. Kim*·H. J. Kim*·C. Y. Kim*·J. Y. Lyu**·S. W. Kim***
 Masan College· Changwon College of Korea Polytechnic **· Busan College of Korea Polytechnic ***

Abstract - Presented increase and so on of switch stress and switching dissipation and EMI that is happened in general PWM converter and in this study to solve problem the resonance energy return to life rate and new active snubber PWM converter because do maximization. Active snubber PWM converter that try adds auxiliary switch and resonance capacitor, diode to existing converter under all switching conditions turn on/off Minimised switching dissipation that occur. Reduced harmonic components absorbing station recovery electric current that happen to snubber diode inserting diode and resistance. And decreased peak current that is happened in auxiliary switch arranging resonance capacitor and inductor properly. Certified effect that efficiency rises about 2.5 [%] more than existent PWM converter in rated load through an experiment.

1. 서 론

스위칭 전원에 사용되는 인덕터나 변압기 등의 자기소자 및 평활 콘덴서는 동작 주파수를 상승시킴으로써 소형으로 할 수 있기 때문에, 스위칭 주파수의 고주파화는 스위칭 전원의 소형화에 유용한 방법이다. 그러나 스위칭 주파수의 상승에 따라 스위칭 손실의 증가가 효율에 문제시 되었다. 그래서 최근에는 고주파수 스위칭이 가능한 소프트 스위칭 방식의 PWM 컨버터의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 공진회로와 임의의 보조 스위치를 적용해서 공진 시간, 공진 에너지, 전도 손실, 스위칭 손실을 줄일 수 있는 영전압 및 영전류 방식의 PWM 컨버터가 나왔다. 영전류 방식의 경우에는 전류 스트레스가 기존의 PWM 방식에 비해 약간 증가하고, 영전압 방식의 경우는 전압과 전류 스트레스가 거의 기존의 PWM 컨버터와 같다. 그러나 이 방식들은 주 스위치의 전류 스트레스의 증가와 보조 스위치의 턴-오프 손실과 EMI 노이즈의 증가를 가져오는 단점을 가진다.

전파형 ZVT PWM DC-DC 컨버터는 주 스위치와 보조 스위치 및 정류용 다이오드가 턴-온/턴-오프시 소프트 스위칭하여 스위칭 손실을 저감 시켰다. 그러나 공진 모드에서 공진 인덕터 L_r 에 충전된 에너지가 완전히 입력으로 회생하지 못하고 잔여 에너지성분이 남아 이후에 전도 손실로 감소하는 단점을 가진다. 그러므로 본 연구에서는 공진 에너지 회생을 최대화 하여 전체적인 효율을 증가시킨 새로운 컨버터를 제안하여 그 특성을 서술하고자 한다. 제안한 컨버터는 기존 컨버터에 보조 스위치 S_a 와 공진 인덕터 L_r , 공진 커패시터 C_r , 다이오드 D_1 과 D_2 를 추가하여 모든 스위칭 소자들이 소프트

스위칭 조건에서 턴-온/턴-오프하여 스위칭 손실을 최소화하고, 공진 에너지를 완전히 입력으로 회생시켜 전도손실을 저감시켜 효율을 증가시키고자 한다.

2. 제안한 PWM DC-DC 컨버터

일반적으로 고주파에서 동작되어지는 PWM 승압 컨버터는 다이오드의 역회복 전류에 의해서 발생하는 스위칭 손실을 감소하기 위해서 작은 포화 인덕터를 부착하지만 스위치의 턴-오프시에 전압 스트레스가 발생하는 원인이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 새로운 액티브 스너버를 이용하여 영전압과 영전류로 턴-온과 턴-오프를 실현하였다.

그림 1은 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 주 회로도를 나타낸 것이다. 그림 1에서 점선으로 표시된 시도한 회로는 보조 스위치 S_a 와 공진 인덕터 L_r , 공진 커패시터 C_r , 다이오드 D_1 과 D_2 로 구성된다. 그림 2는 시도한 DC-DC 컨버터의 한 주기동안의 동작 모드를 나타낸 것이다. 편리한 해석하기 위해서 입력 인덕터와 출력 커패시터는 충분히 크며, 인덕터의 전류는 일정 전류 I_o 로 출력 전압은 정전압 V_o 로 가정하였다.

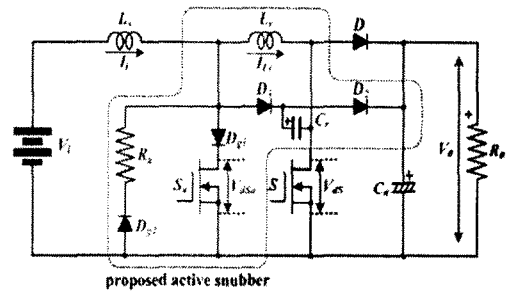
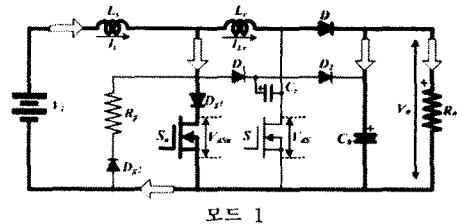


그림 1 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터



모드 1

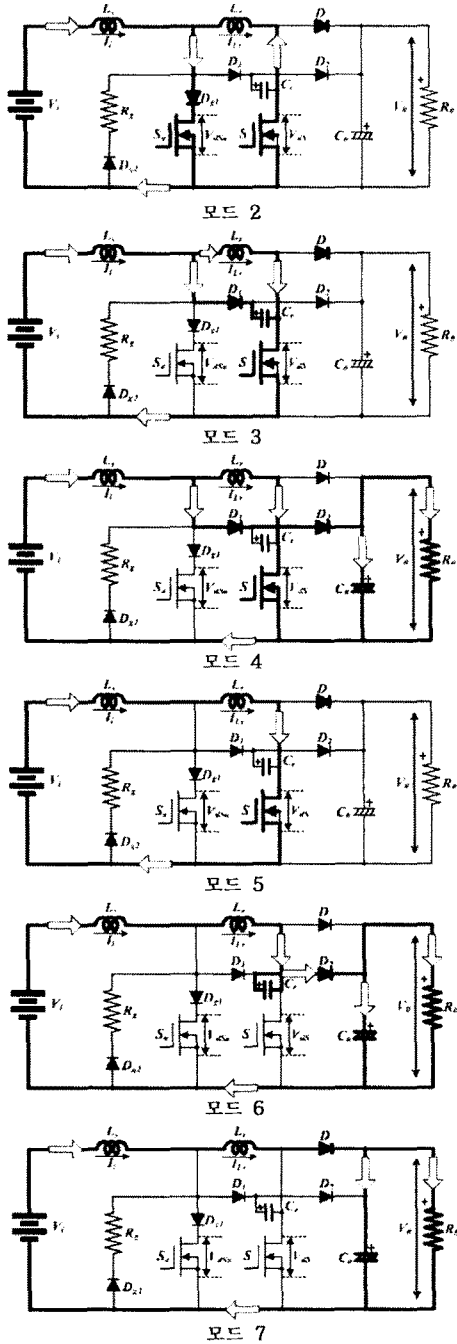


그림 2 동작 모드

그림 3은 모드별 동작파형을 나타낸 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 스위치에 증가된 전압과 전류는 손실 없이 영전류 또는 영전압으로 동작되어지며, 스너버 커패시터Cr과 인덕터 Lr의 위치는 Cr의 충전이 Lr에 방전하지 않게 위치하여야 보조 스위치에 발생되어지는 침두 전류를 감소시킬 수 있다. 그리고 높은 스위칭 주파수를 고려하여 공진 인덕터를 선택하여야 주 스위치의 턴-오프시의 손실과 주 다이오드D의 역회복 전류는 감소시킬 수 있다.

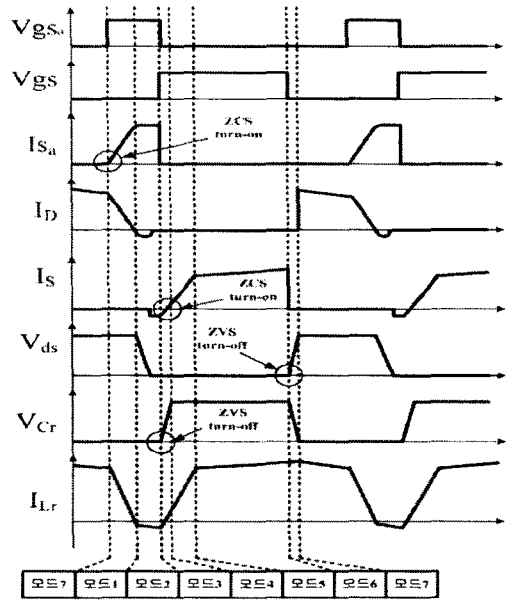


그림 3 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 동작 파형

3. 시뮬레이션 및 실험결과 고찰

표 1은 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로 정수를 나타낸 것이다. 시뮬레이션에 사용된 수동 소자는 이상적인 것으로 하였으며, 그 외의 능동 소자는 실제 소자와 가장 가까운 조건으로 모델링하여 사용하였다. 그림 4와 그림 5는 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC컨버터의 각부 시뮬레이션 파형과 실험 파형을 나타낸 것이다. 두 그림은 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

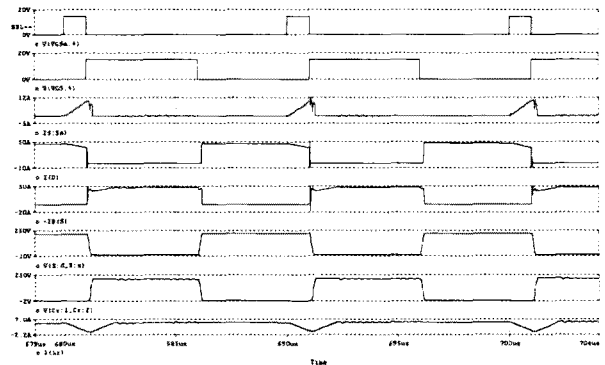
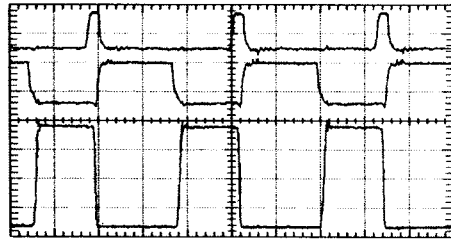


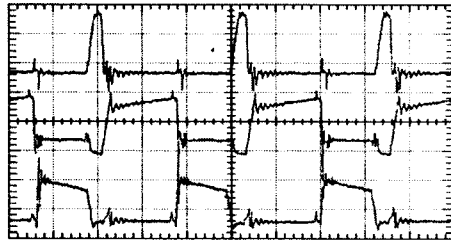
그림 4 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 시뮬레이션 파형

표 1 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로정수

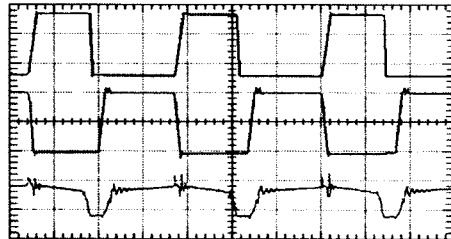
V_i	75~150[V]
L_r	13[μ H]
L_s	0.55[mH]
C_r	2[nf]
C_0	100[μ f]
f_s	150[khz]
P_0	350[W]



(a) CH1(V_{gs}) : 20[V/div], CH4(V_{gs}) : 20[V/div], CH2(V_{ds}) : 100[V/div]



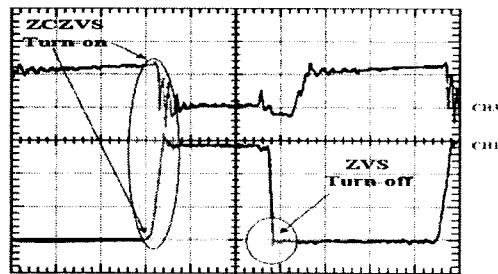
(b) CH3(I_s) : 5[A/div], CH5(I_s) : 5[A/div], CH6(I_d) : 5[A/div]



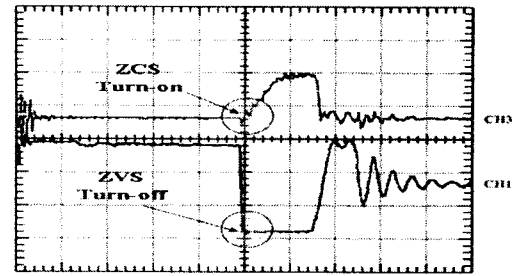
(c) CH2(V_{ds}) : 100[V/div], CH1(V_G) : 100[V/div], CH3(I_r) : 5[A/div]

그림 5 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 실험 파형

그림 6은 시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터의 주 스위치와 보조 스위치의 전압과 전류 파형을 나타낸 것이다. 그림 6에서 주 스위치는 ZVZCS로 턴-온, ZVS로 턴-오프 하며, 동시에 주 다이오드 D는 턴-오프 되어 회로의 스위치 손실이 저감 되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 7은 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터와 하드 스위칭 승압 컨버터의 효율 특성을 나타낸 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 제안한 컨버터의 효율은 정격 부하에서 97[%]를 가진다.



(a) CH1(V_{ds}) : 100[V/div], CH3(I_s) : 5[A/div]



(b) CH1(V_{sa}) : 100[V/div], CH3(I_{sa}) : 5[A/div]

그림 6 주 스위치와 보조 스위치의 전압과 전류 파형

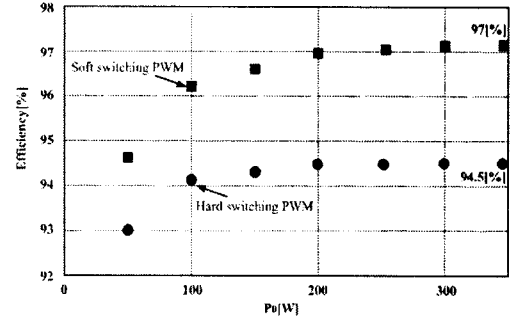


그림 7 소프트 스위칭 승압 컨버터와 하드 스위칭 승압 컨버터의 효율 특성

4. 결 론

시도한 전도손실저감 및 효율 상승을 위한 PWM DC-DC 컨버터는 다음과 같은 특징을 가진다.

- 첫째, 시도한 DC-DC 컨버터의 모든 스위치 소자들은 전 부하 범위에서 소프트 스위칭으로 동작되어진다.
- 둘째, 시도한 DC-DC 컨버터에 구성 되어져 있는 보조 회로의 전압과 전류 스트레스는 매우 작다.
- 셋째, 시스템 전체의 정류 손실과 크기를 낮출 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] F.C. Lee, "Novel Zero Voltage Transition PWM Converters", Proc. of IEEE PESC'92, pp.55-61, 1992.
- [2] Joel P. Gegner, C.Q. Lee, "Zero Voltage Transition converters using an inductor feedback technique", Proc. of IEEE APEC'94, pp.862-868, 1994.
- [3] D.C. Martins, J.A. Brilhante, and I. Barbi, "A family of DC-to-DC PWM converters using a new ZVS commutation cell", Proc. of IEEE PESC'93, pp.524-530, 1993.
- [4] Katsunori Taniguchi, Takayuki Yoshikawa, "Quasi resonant PWM converter with high quality input waveforms and high efficiency", Proc. of IEEE PESC'94, pp.1131-1136, 1994.
- [5] L.R. Barbosa, J.B. Vieira Jr, "A family of PWM soft single switched converters with low voltage and current stresses", Proc. of IEEE PESC'97, pp.469-474, 1997
- [6] K.M. Smith Jr and K.M. Smedley, "Property and synthesis of passive, lossless soft switching PWM converters", Proc. of 1st Intl. Congress in Israel on Energy Power & Motion Control, pp.112-119, 1997.