

Fig. 2(a) Mode a

(2) 공진 1구간 [$T_1 \leq t \leq T_2$; 모드 b]

T_1 에서 인덕터 전류는 I_o 이고 D_f 는 비도통 상태이며 $i_a(t) - I_o$ 인 전류가 콘덴서를 v_{cr} 로 충전시킨다. 이 구간의 상태방정식은 다음 식으로 주어진다.

$$C_r (dv_{cr}/dt) = i_a(t) - I_o \dots\dots\dots(4)$$

$$L_r (di_a/dt) = V_{cd2} - v_{cr}(t) \dots\dots\dots(5)$$

초기조건 $i_a(T_1) = I_o$, $v_{cr}(T_1) = 0$ 이므로

$$i_a(t) = I_o + (V_{cd2}/Z_r) \sin \omega t \dots\dots\dots(6)$$

$$v_{cr}(t) = V_{cd2} (1 - \cos \omega t) \dots\dots\dots(7)$$

로 된다. 단, $Z_r = \sqrt{L_r/C_r}$, $\omega = 1/\sqrt{C_r L_r}$ 이다.

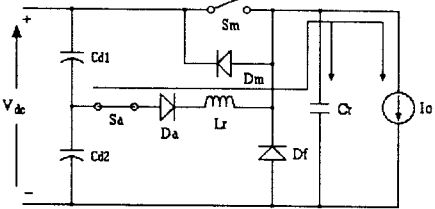


Fig. 2(b) Mode b

(3) 공진 2구간 [$T_2 \leq t \leq T_5$; 모드 c - 모드 e]

모드 c에서는 주 스위치 S_m 의 역도통 다이오드 D_m 이 도통하여 전원측으로 전류가 유입되어 에너지를 되돌린다. 이 때에 S_m 을 턴-온시켜 모드 d로 된다. 전류 i_{sm} 은

$$i_{sm} = i_a(t) - I_o \dots\dots\dots(8)$$

로 된다. 여기서 S_m 의 동작은 ZVS의 조건을 만족한다. 시각 T_4 에서 주 스위치에 흐르는 전류가 부하전류로 되어 에너지가 공급된다. 모드 e의 구간에서 보조 스위치 S_a 를 오프하여 ZCS의 조건을 만족시킨다.

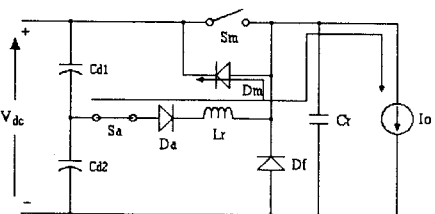


Fig. 2(c) Mode c

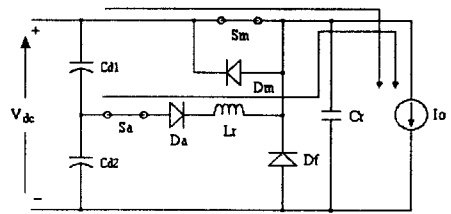


Fig. 2(d) Mode d

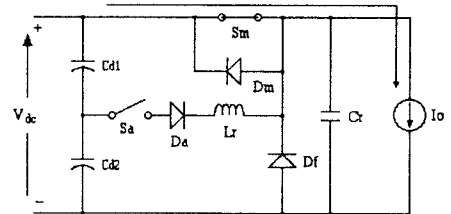


Fig. 2(e) Mode e

(4) 회복 구간 [$T_5 \leq t \leq T_6$; 모드 f]

시각 T_5 에서 주 스위치 S_m 을 오프시키면 콘덴서 C_r 의 충전 전하는 출력 루프를 통하여 방전되어 직선적으로 제로로 수렴된다. 이 때의 S_m 은 ZVS의 스위칭 동작이 된다. 이 구간에서의 상태방정식은 다음과 같다.

$$C_r (dv_{cr}/dt) = I_o \dots\dots\dots(9)$$

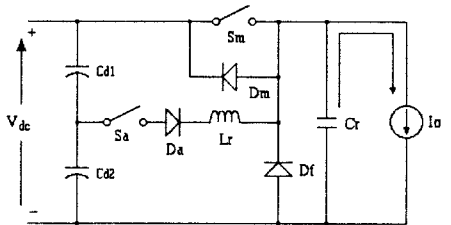


Fig. 2(f) Mode f

(5) 환류 구간 [$T_6 \leq t \leq T_7$; 모드 g]

이 구간은 출력전류가 환류 다이오드 D_f 를 통하여 흐르는 구간으로 다음 스위칭의 대기상태라 할 수 있다.

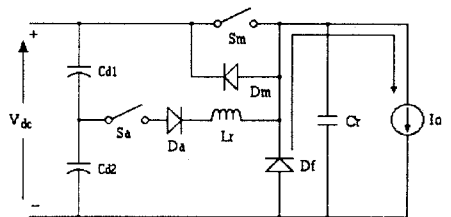


Fig. 2(g) Mode g

Fig. 2 Equivalent circuits of operating modes in one cycle switching

3. 제안회로의 시뮬레이션 결과

제안한 소프트 스위칭형 PWM 컨버터의 스위치 S_m , S_a 의 신호 시퀀스에 대한 각 부 동작 시뮬레이션 파형을 그림 3에 나타낸다. 제어스위치는 가변저항 스위치로 가정하고, 그의 소자는 이상적인 소자로 하여 PSpice에 의한 시뮬레이션을 실행한 결과이다.

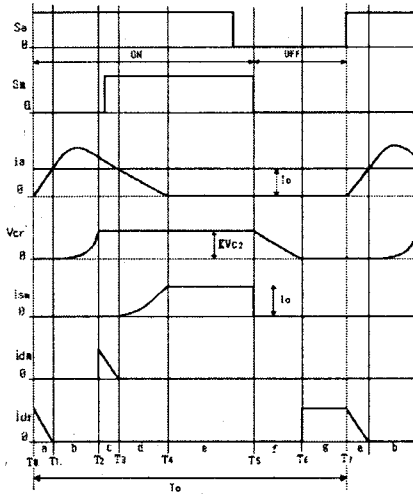
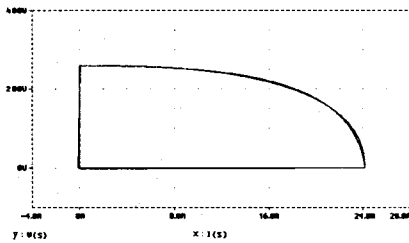
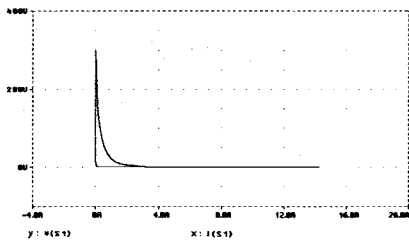


Fig. 3 Simulation waveforms with switching operation

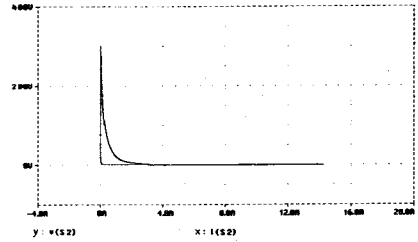
제안된 소프트 스위칭 컨버터와 유사 공진기법이 적용되지 않은 기존의 하드 스위칭 PWM DC-DC 컨버터의 스위칭 손실을 비교하기 위해서 제어소자의 V-I 특성곡선을 그림 4에 나타낸다. V-I 특성곡선에서 둘러 싸인 면적이 스위칭 손실과 비례되므로 제안된 방식의 스위칭 손실이 매우 적음을 알 수 있다.



(a) 하드 스위칭에서의 스위칭 궤적



(b) 소프트 스위칭에서의 스위칭 궤적(스위치 S_m)



(c) 소프트 스위칭에서의 스위칭 궤적(스위치 S_a)

Fig. 4 Switching locus of control device

4. 결론

간단한 회로구성과 참신한 제어기법에 의한 소프트 스위칭형 PWM 전력변환기를 제시하여 해석하였다.

제안된 회로는 고주파 동작시에 있어서도 스위치 손실과 전압전류의 동적 스트레스를 최소화 할 수 있으며 스위치 S_m , S_a 다같이 직류전원 전압에 액티브 되므로 소자의 내압 정격한계 부근에서의 설계가 가능하다. 그리고 유사 공진 소프트 스위칭 기법에 의해 사용된 스위치들은 소프트 스위칭에 의해 스위칭 손실이 저감되며, 공진 회로부는 유사 공진 및 공진용 콘덴서의 액티브 동작으로 인하여 공진손실 및 공진용 소자들의 스트레스가 감소되므로 변환기는 고효율로 동작되며 회로구조가 간단하다. 그리고 회로내에 사용된 제어소자들은 적정배치로 인해 용량분담이 줄고, 제어기법도 간단하다. 회로 시뮬레이션을 통해 이들을 입증하였으며, 또한 향후 본 전력변환기가 DC-AC 인버터에 응용될 경우 기존의 공진형 인버터에서 나타나는 불규칙적인 공진 피크전압의 악영향을 제거할 수 있으리라 고려된다.

[참고 문헌]

- [1] D.M.Divan, "The Resonant DC Link Converter - A New Concept in Power Conversion", IEEE IAS, Rec., pp. 648-656, 1986
- [2] G.Venkataramanan, D.M.Divan, "Pulse Width Modulation with Resonant DC Link Converters", IEEE IAS, pp. 984-990, 1990
- [3] L.D.Salazar, G.Joos, P.D.Ziogas, "A low loss soft switching PWM CSI", IEEE PESC Proceeding, pp. 1098-1140, 1992
- [4] D.K.Kwak, K.Y.Suh, S.K.Kwon, H.W.Lee, "Novel soft-switching DC-DC converter of high efficiency", International Conference on Power Electronics, '95 Proceeding, pp. 730-735, 1995
- [5] K.Taniuchi, K.Nishiyama and N.Kimura, "A soft switching converter with high power factor using loss less snubber", Trans.IEE in Japan, Vol.115-D, No.1, pp. 84-85, 1995