

에어컨용 부분공진 스위칭 컨버터의 역률개선

서기영\*, 이현우\*, 고태연\*\*\*, 김영문\*\*, 문상필\*, 장우신\*  
 경남대학교 전기공학과\*, 마산대학 전기과\*\*, 동의대학교 전기공학과\*\*\*

Improvement in Power Factor of Partial Switching Converter for air-conditioner

K. Y. Suh\*, H. W. Lee\*, T. E. Ko\*\*\*, Y. M. Kim\*\*, S. P. Mun\*, W. S. Jang\*  
 Kyung-nam Univ.\*, Masan College\*\*, Dong-eui Univ.\*\*\*

**Abstract** - To improve the current waveform of diode rectifiers, we propose a new operating principle for the voltage diode rectifiers. In the conventional voltage rectifier circuit, relatively large capacitors are used to boost the output voltage, while the proposed circuit uses smaller ones and a small reactor not to boost the output voltage but improve the input current waveform. A circuit design method is shown and confirmed simulation. It explained that compared conventional SPWM inverter with HPWM(Half Pulse-width modulated)inverter.

Proposed HPWM inverter eliminated dead-time by lowering switching loss and holding over-shooting. Output voltage and current of this paper were applied for real air-conditioner.

1. 서론

인버터가 가전제품이나 산업용기에 널리 보급됨에 따라서 직류전원으로 채용되고 있는 콘덴서 입력형 다이오드 정류회로는 고조파 성분에 의해서 유도 장애가 문제시 되고 있다. 이 대책으로써 가전제품에 유입되는 고조파 전류의 크기가 규제되고 있으며, 수백 W급을 소전력 정류회로에서는 자여소자를 이용한 파형 개선법이 개발되어지고 있다. 본 논문에서는 이들 기술을 대표할 수 있는 단상 중용량 정류회로인 인버터 에어컨용 직류전원에 새로운 방식을 제안하여 적용시켜 효율이나 경제성 및 전자 노이즈 등의 문제점들을 해결하고자 한다.

또한 본 논문에서는 부분공진 스위칭 컨버터에서 출력되는 DC 전원측에 변조된 신호를 이용한 단상용 인버터를 구성하여 기존의 SPWM 인버터의 출력 파형에서 발생하는 여러 가지 문제점들을 제거하여 고조파성분의 상쇄시키고 스위칭 손실의 최소화를 가져오며, 오버슈팅의 방지로 데드타임이 생기지 않는 전력변환장치를 제안하고자 한다. 이 모든 사항은 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 입증하고자 한다.

2. 회로 구성 및 동작 원리

2.1 부분공진형 전력변환장치

Fig. 1과 2는 기존의 단상 정류 회로와 이 회로의 파형을 나타낸 것이다. Fig. 3은 제안한 단상 정류 회로를 나타낸 것이다.

Fig. 3의 회로 구성은 기존의 정류 회로와 유사하지만, C1, C2를 소용량에 적용한 것으로 교류측에 리액터L과 보조 회로를 삽입한 회로이다. 이 때문에 Fig. 4에 보인바와 같이 콘덴서 C1, C2의 전압 VC1, VC2가 전원의 반 사이클 간에 0[V]와 부하전압 Vd 사이에서 충·방전이 되어 기존의 정류회로와 동작 특성이 다르다.

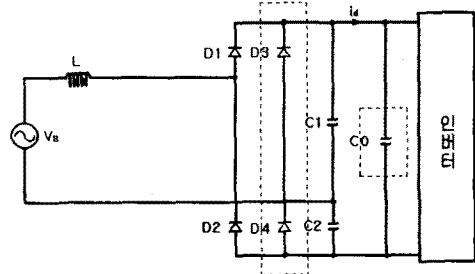


Fig.1 Diode rectifier current of conventional

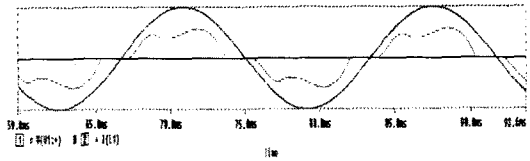


Fig.2 Waveform of diode rectifier current of conventional

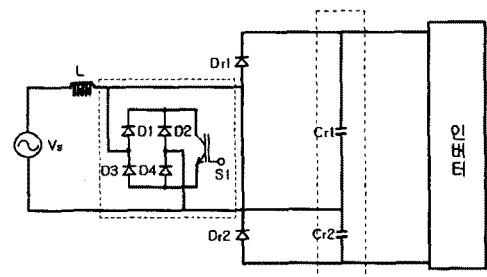


Fig.3 Proposed one phase rectifier current

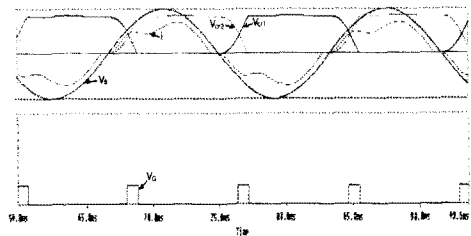


Fig. 4 Proposed one phase rectifier current of waveform

## 2.2 HPWM 인버터

Fig. 5은 제안한 단상 에어컨용 인버터의 주 회로도이다. 이 회로는 스위치  $S_1 \sim S_4$ 로 이루어진 단상 브리지 회로로 제어신호는 먼저 스위치  $S_1, S_4$ 는 입력신호  $v_i$ 의 정의 반주기 동안 HPWM 스위칭 동작을 하며 부의 반주기는 휴지하는 시간으로 되어있으며 또한 스위치  $S_2, S_3$ 는 입력신호  $v_i$ 의 반주기 뒤진 정의 반주기동안 HPWM 스위칭 동작을 하며, 부의 반주기는 휴지하는 시간을 가진다.

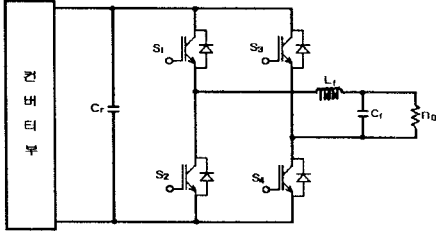


Fig.5 Proposed one phase inverter of main current

Fig. 6은 반주기에 대한 파형 해석을 나타내었다. 그림에서 HPWM 제어 신호는 정현파 입력신호  $v_i = V_{im} \sin \omega_i t$ 와 삼각파 캐리어 신호  $v_c = V_{cm}(\omega_c)$ 을 비교하여 얻는다. 삼각파 캐리어 신호 주기  $T_c$ , 스위칭 온기간  $T_1$ , 오프기간  $T_2$ 에 대한 상태는 다음 식으로 정리된다.

$$T_1 = t_1 - t_0 = T_c \sin \omega_i t_0 \quad (1)$$

$$T_2 = T_c - T_1 = T_c(1 - a \sin \omega_i t_0) \quad (2)$$

여기서  $\omega_i = 2\pi f_i$ ,  $a$ 는 변조율로  $a = V_{im}/V_{cm}$ 로 정의된다.

## 3. 시뮬레이션 결과 및 검토

제안된 단상 전력변환장치의 제어 스위치는 가변 저항 스위치로 가정하고 그 외 소자는 이상적인 소자로 하여 PSpice에 의한 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션에 사용된 회로 정수들은 표1에 나타내었다.

Table 1 Parameters of simulated circuit

입력교류전압 $V_s$	220 [V], 60 [Hz]		
리액터 $L$	2.5mH	3.0mH	5.0mH
콘덴서 $C (=C_{r1}, C_{r2})$	88 $\mu$ F	73 $\mu$ F	78 $\mu$ F
삼각파 캐리어신호 $f_c$	2160 [Hz]		
변조도 $M$	0.9		
출력측 필터리액터 $L_f$	3 [mH]		
출력측 필터콘덴서 $C_f$	10 [ $\mu$ F]		
저항부하 $R_0$	100 [ $\Omega$ ]		

그림 7은 입력측의 전압, 전류 및 공진 Cr의 전압파형을 나타낸 것이다.

그림 8은 인버터의 스위칭 소자에 정현파 입력전압과 삼각파 캐리어 신호에 의해 만들어진 HPWM 파형을 인가할 경우의 인버터의 출력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이다.

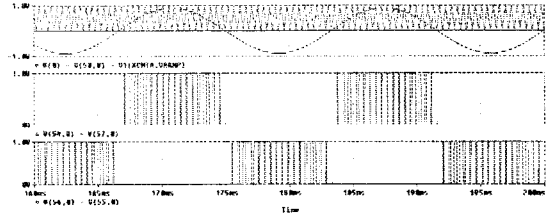


Fig.6 Gate signal of proposed HPWM inverter

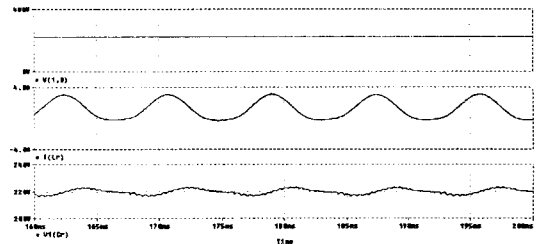


Fig.7 Input voltage, circuit and voltage waveform of Cr

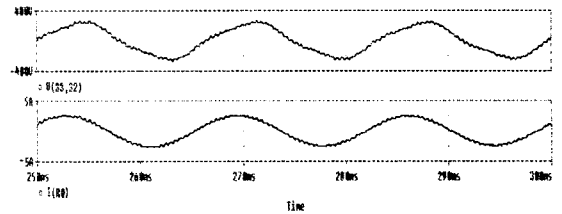
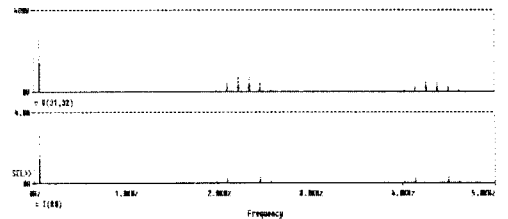
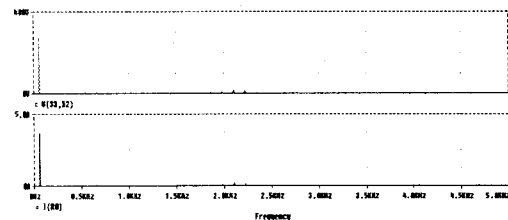


Fig.8 Output voltage, circuit waveform of proposed HPWM inverter



(I)



(II)

Fig.9 Harmonics of output voltage, circuit of inverter

(I) SPWM inverter of conventional  
(II) HPWM inverter of proposed

그림 9는 기존의 SPWM방식(I)과 제한한 HPWM방식(II)의 출력측 전압, 전류에 대한 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 여기서 알 수 있듯이 HPWM 인버터는 기존의 방식보다 특정고조파 성분을 줄일 수 있으며 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.

그림 10은 표 1의 회로정수에 대한 출력 전압 및 역률 특성의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 효율은 L, C의 영향을 거의 받지 않으므로 본 논문에서는 L=3mH, C=73uF의 특성을 선정하여 시뮬레이션 한 결과 최대 효율을 얻을 수 있었다.

pp.897-900, 1997  
 [5] J.Holtz, "Pulsewidth Modulation-A Survey", IEEE-PESC Conf. Rec., pp.11~18, 1992  
 [6] 野村: 「單相ケイオード整流回路の高調波電流低減法」, 電氣學會半導體電力變換研究會資料, SPC-96-3, 1996  
 [7] P.N.Enjeti, P.D.Ziogas, and J.F.Lindsay, "Programmed PWM techniques to eliminate harmonics a critical evaluation" IEEE Trans. Ind. Applcat. vol. 26, Mar/Apr.1990

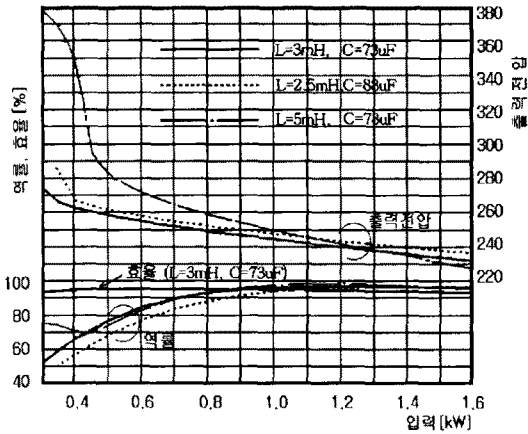


Fig.10 Input-output characteristics of L, C

#### 4. 결 론

본 논문에서는 기존의 단상 정류회로에 있어서 대용량 콘덴서를 소용량에 적용함과 동시에 교류측에 리액터와 보조회로를 삽입해서 공간적으로 콘덴서를 충방전시키는 것에 의해 다이오드 정류회로의 파형을 개선하였으며, 회로정수의 변환에 따른 최적의 전압 전류 특성을 선정하여 시뮬레이션을 통해 최대 효율을 얻을 수 있었다.

또한 일반적으로 직류측에서 발생하는 맥동주파수에 의한 교류출력전력의 왜형과 발생을 제거하기 위하여 인버터 스위칭 동작을 정현파 주파수에 대하여 정의 반주기 동안 HPWM 동작을 하도록 각각의 스위치에 신호를 입력하고 인버터 입력전류가 불연속이 되도록 함으로써 맥동을 현저히 감소할 수 있었다. 또한, 정현파 부의 반주기는 휴지시간으로 됨으로서 스위칭 손실을 기존의 한주기 스위칭 동작에 대하여 반으로 줄일 수 있다.

본 문서를 토대로 실제 에어컨 제작시에 회로구성의 간소화 및 EMI장해가 저감될 수 있는 잇점이 있을 것이라 생각되어진다.

#### [참 고 문 헌]

[1] Fujiwara and Nomura: "A Power Factor Correction for Single-phase Diode Rectifiers without Employing PWM Strategy", IPEC-Yokohama, pp.1501-1506, 1995  
 [2] T. Kawabata, T. Miyasita & Y. Yamamoto "Dead beat Control of Three Phase PWM Inverter" IEEE. Trans. Power Elect, 5 no. 1, 1990  
 [3] Bimal K. Bose, "Power Electronics and Variable Frequency Drives", IEEE Press, 1996  
 [4] K.Fujiwara and H.Nomura: "Improvement of Current Waveform for 200V Input Single-phase Rectifiers Using Modified Voltage-doubler Circuit", Proceedings of Power Conversion Conference-NAGOAOKA,