

에어컨 전원장치의 고조파 저감

문상필, 서기영, 이현우, 김영문*
 경남대학교, *마산대학

Air-Conditioner Power Source device to meet the Harmonic guide lines

Sang-Pil Mun, Ki-Young Suh, Hyun-Woo Lee, and Young-Mun Kim*
 Kyungnam University, *Masan College**

ABSTRACT

This paper proposes a nonlinear impedance circuit composed by diodes and inductors or capacitors. This circuit needs no control circuits and switches, and the impedance value is changed by the polarity of current or voltage. and this paper presents one of these applications to improve the input current of capacitor input diode rectifiers. The rectifier using the nonlinear impedance circuit is constructed with four diodes and four capacitors in addition to the conventional rectifiers, that is, it has eight diodes and five capacitors, including a DC link capacitor. It makes harmonic components of the input current reduce and the power factor improve. A circuit design method is shown by experimentation and confirmed simulation. It explained that compared conventional pulse width modulated (PWM) inverter with half pulse-width modulated (HPWM) inverter. Proposed HPWM inverter eliminated dead-time by lowering switching loss and holding over-shooting.

1. 서론

최근 산업체에서나 가전용 기기에 이용되어지는 인버터 에어컨용 직류전원장치는 효율, 경제성, 신속성 및 전자노이즈등에서 해결 방법의 문제점들이 발생한다. 이러한 문제점들을 개선하고자 본 논문에서는 기존의 배전압 정류회로에 있어서 배전압용으로 사용되고 있는 대용량 콘덴서를 소용량에 적용하고, 리액터로서 병용해서 파형 개선 기능을 가지며 출력전압의 상승을 억제하면서 전류파형의 개선하는 방법을 제안하고자 한다. 그리고 출력에 입력전압의 2배를 얻는 배전압 정류회로의 여러 가지 형태를 제시한다. 또한 특성 파라메타를 토대로 설계된 정류회로의 특성과 고조파 규제값을 만족하는 것을 실험으로 확인하고 이 결과가 시뮬레이션 결과와 일치하는 것을 나타내하고자 한다.

2. 제안한 에어컨 전원장치의 해석

그림 1과 2는 일반적인 에어컨의 전원부 회로와 입력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이다. 일반적으로 콘덴서 입력형의 정류회로는 간단하면서 안정한 회로이지만, 최근에는 전원측에 흐르는 고주파전류가 문제시되고 있다. 정류회로의 입력전류 파형을 개선하는 방법으로는 스위칭 소자를 이용한 PWM 컨버터등이 다수 소개되고 있지만, 제어회로를 필요로 하기 때문에 복잡하면서 고가이므로 신속성이 부족하다. 이러한 문제를 해결하고자 다이오드와 콘덴서로서 구성되어지는 비선형 캐패시턴스 회로를 제안하고자 한다.

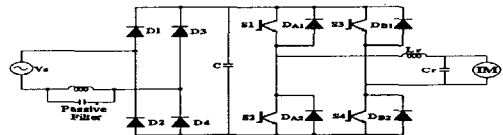


그림 1 일반적인 에어컨의 전원부 회로
 Fig. 1 Source part circuit of generally air-conditioner

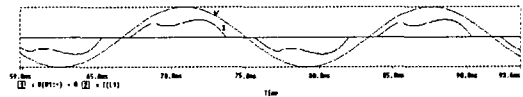


그림 2 기존의 단상 정류회로의 입력전압·전류파형
 Fig. 2 Conventional of input voltage and current waveform of single phase rectifier circuit

그림 3은 제안한 비선형 캐패시턴스 회로를 나타낸 것이다. 그림 3에서 전류 i 가 그림 3(a)과 같은

방향으로 흐르는 경우에는 다이오드 D_2 가 도통해서 C 가 직렬로 구성되므로 캐패시턴스는 $C/2$ 로 된다. 그리고 전류 i 가 그림 3(b)과 같은 방향으로 흐르는 경우에는 D_1, D_3 가 도통해서 캐패시턴스는 $2C$ 로 된다. 이때 회로의 양단 전압은 각각 $v, v/\sqrt{2}$ 로 된다. 이 회로를 다이오드 정류회로에 적용하면 입력전류의 파형을 개선할 수 있다.

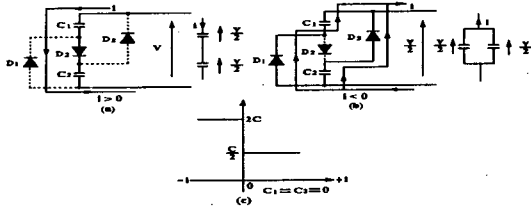


그림 3 비선형 캐패시터의 회로
Fig. 3 Circuit of nonlinear capacitance

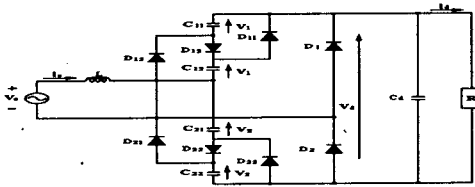
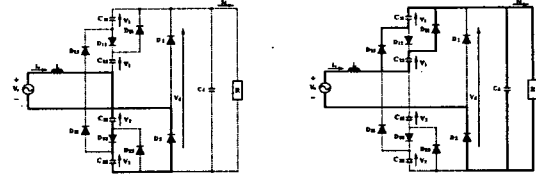


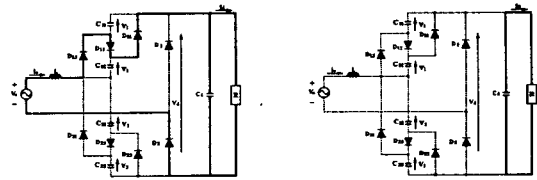
그림 4 제안한 에어컨 전력변환장치의 고조파 개선 회로
Fig. 4 proposed on Harmonic Correction of Air-Conditioner Power Conversion Equipment

그림 4는 제안한 에어컨 전력변환장치의 고조파 개선회로를 나타낸 것이다. 회로구성을 간단히 하기 위해서 리액터L은 0으로 하며, $C_{11}-C_{12}$ 과 $C_{21}-C_{22}$ 의 값은 같은 것으로 한다. 제안한 회로는 입력전압 v_s 가 정의 반주기동안에 4개의 모드로 구성되며 그림 5와 같다. 위에서 해석한 동작모드는 이상적인 해석이지만 실제적으로는 모드 1과 모드 4, 모드 1과 모드 2, 그리고 모드 1과 모드 3이 동시에 동작을 행하게 된다. 그림 6은 제안한 회로의 입력전압 및 전류의 파형을 나타낸 것이다. 표 1은 본 논문에서 제안한 에어컨 전력변환장치의 고조파 개선회로에 사용된 회로 정수를 나타낸 것이다. 그림 7은 입력전류에 대한 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 그림 7(a)은 그림 1의 회로도에 대한 입력전류에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이며 그림 7(b)은 그림 4의 회로도에 대한 입력전류에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 파형에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 회로도의 고조파성분이

적은 것을 알 수 있다.



(a) 모드 1 (b) 모드 2



(c) 모드 3 (d) 모드 4

그림 5 제안한 회로의 동작 모드
Fig. 5 operating modes of proposed circuit

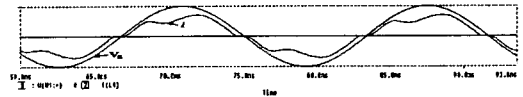
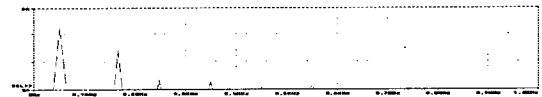


그림 6 제안한 정류회로의 입력전압, 전류 파형
Fig. 6 Input voltage and current waveform of proposed rectifier circuit



(a)



(b)

그림 7 입력전류에 대한 주파수 스펙트럼
(a) 그림 1의 회로
(b) 그림 4의 회로

Fig. 7 Frequency spectrum for input current
(a) Circuit of fig 1
(b) Circuit of fig 4

그림 8은 스위치 $S_1 \sim S_4$ 로 이루어진 일반적인 단상 브리지 회로로 양쪽의 스위치가 각각 서로 다른 시간에 동작을 한다. 즉 스위치 S_1, S_2 가 입력신호의 정의 반주기 동안 스위칭 동작을 하며 부의 반주기 스위치 S_3, S_4 는 휴지하는 기간을 가지게 된다.

표 1 그림 4에 사용된 회로의 정수
Table 1 Circuit parameters using fig 4

입력교류전압 V_s	200 [V], 60 [Hz]
리액터 L	6.6[mH]
평활 콘덴서 C_d	4400[μ F]
콘덴서 $C_{H1}(-C_{H2})$ $C_{21}(-C_{22})$	157[μ F]
삼각파 캐리어 신호 f_c	2160[Hz]
변조도 M	0.9
출력측 필터리액터 L _o	3[mH]
출력측 필터콘덴서 C _o	10[uF]

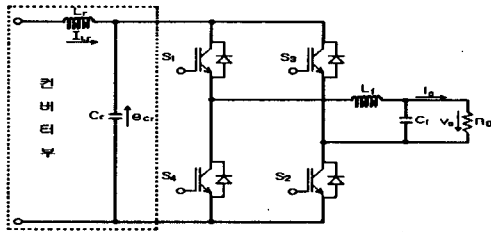


그림 8 제안한 단상 인버터의 주 회로도
Fig. 8 Main circuit of proposed single phase

인버터의 스위칭 소자에 정현파 입력전압과 삼각파 캐리어 신호에 의해 만들어진 인버터의 게이트 신호를 그림 9와 같이 나타낼 수 있다. 그림 10은 인버터의 스위칭 소자에 정현파 입력전압과 삼각파 캐리어 신호에 의해 만들어진 HPWM 파형을 인가할 경우의 인버터의 출력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이다.

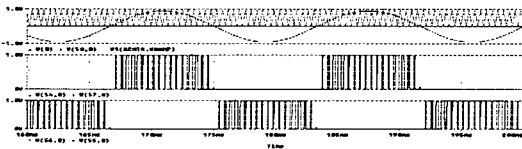


그림 9 제안한 HPWM 인버터의 게이트 신호
Fig. 9 Gate signal of proposed HPWM inverter

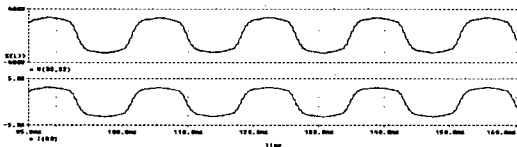


그림 10 제안한 HPWM 인버터의 출력전압, 전류 파형
Fig. 10 Output voltage and circuit waveform of proposed HPWM inverter

3. 실험결과 및 고찰

그림 11은 제안한 에어컨 전력변환장치의 고조파

개선의 실험 회로도를 나타낸 것이다. 그림 12는 입력전압과 입력전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림 12에서 알 수 있듯이 시뮬레이션의 결과와 같이 거의 단위 역률을 이루고 있다.

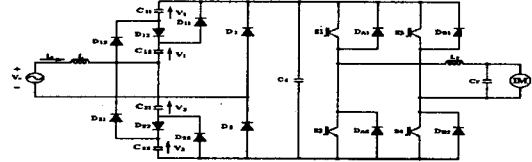


그림 11 제안한 실험 회로도
Fig. 11 proposed experimental circuit diagram

그림 12 입력전압과 입력전류의 파형
Fig. 12 Waveform of input voltage and current

그림 13은 HPWM 제어신호로서 변조도 0.9, 주파수 60[Hz]의 정현파 변조신호, 주파수 2.160[Hz]의 삼각파 캐리어 신호를 사용한 제어 실험 파형을 나타낸 것이다. 이상의 실험 파형들은 시뮬레이션 결과와 잘 일치된다. 그림 14는 출력전류의 변화에 따른 그림 1의 회로도와 그림 4의 회로도의 역률을 비교한 것이다. 그림 15는 전원부와 제어부를 PIC로 하여 실제 에어컨에 장착한 외형도를 나타낸 것이다.



그림 13 인버터 스위치 S1, S4와 S2, S3의 제어신호
Fig. 13 Control signal of inverter switch S1, S4 and S2, S3

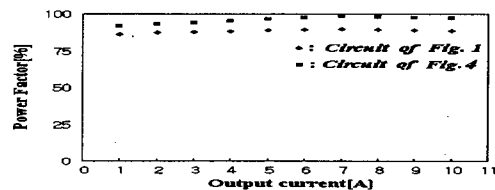


그림 14 출력전류와 역률의 특성
Fig. 14 Characteristics of output current and power factor

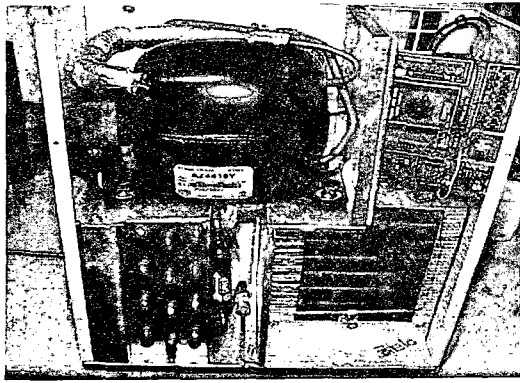


그림 15 실제 에어컨에 장착한 외형도
Fig. 15 The facts air-conditioner outward form

4. 결 론

본 논문에서는 회로정수를 결정하는데 두 개의 특성 파라메타를 이용하여 결정하였으며, 이 파라메타를 실험에 적용하여 전원에 접속되어 있는 다이오드 정류회로의 고조파성분이 고조파 규제값을 만족함과 동시에 최대효율이 98[%]가 얻어지는 것을 증명했다. 그리고 수동소자만으로 회로를 구성할 수 있으며, EMI 장애를 저감시켰다. 그리고 제안한 컨버터에서 출력되는 DC전원측에 변조된 신호를 이용한 단상용 인버터를 구성하여 기존의 PWM 인버터의 출력 파형에서 발생하는 문제점들을 제거하여 고조파 성분을 상쇄시키고, 스위칭 손실의 최소화하였다. 이 모든 사항은 시뮬레이션과 시험을 통하여 그 타당성을 증명했다. 결론적으로 본 논문에서 소개한 전력변환장치를 사용하여 실제 에어컨에 적용한 결과 소비 전력량이 약 5[%]정도 절약되어 진다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-302-014-3)지원으로 수행되었음.

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] 野村: 「單相ダ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
- [3] 문상필, 서기영, 이현우, 김영문. "220[V] 단상에어컨용 전력변환장치에 관한 연구", 대한전기학회 춘계학술대 회논문집, pp. 1-2~1-3, 1999.
- [4] 문상필, 서기영, 이현우, 김영문, 김영철. "심플한 단상 에어컨의 역률개선회로에 관한 연구" 조명설비학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 73~79. March 2001.
- [5] T. Ohnishi & H. Okitsu, "A Novel PWM Technique for Three Phase Inverter/ Converter", in Conf. Rec. IPEC-Tokyo'83, pp. 384, 1983.