

## 부분 스위칭 PFC 모듈을 이용한 가정용 에어컨 전원장치

(The Power System for Home Appliance Air-Conditioner using Partial Switching Power Factor Correction Module)

서기영\* · 문상필

(Ki-Young Suh · Sang-Pil Mun)

### 요 약

본 논문은 냉난방 인버터 에어컨용 전원시스템에 역률개선 회로인 부분 스위칭 PFC 모듈을 적용하여 입력의 역률 개선 및 전류의 고조파 성분을 최소화하여 IEC555-2 규정을 만족하는 입력 전원부를 설계하여 인덕터부하에 적용되는 회로 설계시의 문제점들을 해결 할 수 있는 방안들을 제시하였다. 그리고 출력전압의 상승을 억제하면서 전류파형을 개선하는 방법 및 부분 스위칭 PFC 회로를 제안하여 스위칭 횟수를 적게 함으로써 압축기의 모터에 인가할 수 있는 전압을 상승시켜 모터 적정 운전 전압을 확립하였으며, 효율이나 경제성 및 전자 노이즈 등의 문제점들을 해결하였다. 그리고 에어컨의 소비 전력을 줄일 수 있다. 이상의 결과에서 시스템 총합 운전에너지 효율이 상승되는 것을 확인하는 모든 사항은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 입증했다.

### Abstract

This paper proposes a methodology to solve problems upon the circuit design applied to inductor load by applying a circuit to improve power factor with is partial switching PFC module to the power supply system for cooling/heating inverter air conditioner and by designing an input power section in compliance with IEC555-2 on the basis of better input power factor and minimized harmonic components of current. On the other hand, this paper suggested how to control the increase of output voltage along with better current waves and partial switching PFC circuit as well, which can provide the output as twice as input voltage. This study applied a method to control the compressors of air conditioner by means of increased the voltage applicable to compressor motor by lowering switching number conclusively, it could solve questions about efficiency, economics, electronic noise and so forth. and so that the reasonable voltage for running motor could be set up along with lower power consumption of air conditioner than estimated. It was demonstrated that total sum of energy efficiency to operate system was increased to the extent of valid level. And all this merits and appropriateness was proved by computer simulation and experience.

Key Words : Partial switching PFC Module, air-conditioner, Harmonics correction

\* 주저자 : 경남대학교 전자전기공학부 교수

Tel : 055-249-2630, Fax : 055-249-2839

E-mail : skiyoung@kyungnam.ac.kr

접수일자 : 2004년 9월 2일

1차심사 : 2004년 9월 6일

심사완료 : 2004년 10월 18일

## 1. 서 론

에너지 절약에 대한 국제적인 관심이 고조되고 있으며 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 추세에 맞추어 에어컨, 세탁기, 냉장고 등의 가전 제품을 비롯하여 산업체에 이르기까지 인버터 기술을 적용하여 에너지 절약 및 고효율화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 특히 일본에서는 1982년에 처음으로 인버터 에어컨이 나온 이래로 현재는 90[%] 이상이 인버터 에어컨이다[1]~[3]. 우리나라에서는 90년대 중반부터 비로소 인버터 에어컨을 생산하고 있으며, 최근에 와서는 에어컨의 절전기능을 크게 강화시킨 인버터 에어컨의 보급이 날로 증대되고 있다.

기존의 인버터용 에어컨은 리액터를 삽입하여 고조파의 억제와 역률의 개선을 도모하고 있으며, 인버터부에서는 이렇게 하여 만들어진 DC전압을 6개의 트랜지스터로 정현파 PWM(Pulse Width Modulated)에 따른 스위칭을 행하여 발생한 3상의 전압을 컴프레서 모터를 가변속제어하여 넓은 범위의 부하변동에 따른 적절한 속도제어를 함으로써 절전운전을 가능하게 하고 있다. 컨덴서 입력형의 컨버터의 구성에 의한 입력전류 파형의 왜곡은 시스템의 역률 저하와 전류성분에 많은 고조파 성분을 포함되게 되는데 이러한 펄스형태의 전류는 높은 피크 전류를 유발하여 사용되는 회로소자들에 손실 및 스트레스를 유발시키고, 노이즈와 전자파의 유도장해, 입력전압의 파형 왜곡 등의 문제를 발생시킨다. 최근 국제적으로 입력전류의 고조파 성분에 의해서 발생하는 문제점들을 최소화하기 위해서 유럽을 시작으로 IEC555-2 규정을 근거로 해서 전류의 고조파 성분의 크기를 규제하기 시작했으며, 우리나라도 이를 가전제품과 산업용분야에 적용하여 고조파 전류의 크기를 법적으로 규제하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하고자 고조파 규제값을 만족하는 다이오드와 수동소자만으로 구성된 전원장치가 개발되고 있다[4]~[7].

본 논문에서는 우선 정류기 차원에서 12평형 이하의 냉난방 인버터 에어컨에 평균전류 제어방식을 채용한 “부분 스위칭 PFC 모듈”을 이용하여 입력의

역률 개선 및 전류의 고조파 성분을 최소화하여 IEC555-2 규정을 만족하는 입력 전원부를 설계 및 실험을 통하여 타당성을 확인하여 인덕터부하에 적용되는 회로 설계시의 문제점들을 해결할 수 있는 방안들을 제시하고자 한다. 그리고 인버터 에어컨의 전부하 범위에서 역률을 높이고 총고조파 왜곡률(THD : Total Harmonic Distortion)을 낮추기 위해서 스위칭 소자를 일정주파수로 제어하면서 전류특성이 우수한 평균전류제어기법을 사용한 Boost방식의 DC-DC 컨버터를 적용하여 역률을 향상시키고, THD를 저감시키고자 하며, 역률개선 회로를 설계함에 있어서 가장 중요한 부품 선택에 기준이 되는 인덕터 및 스위칭 주파수를 최적의 조건에서 선정하여 인덕터스의 값에 따른 스위칭주파수, 입력전류의 리플성분, THD, 역률의 특성을 분석하고자 한다. 제안한 에어컨 전원시스템의 모든 사항은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 입증하고자 한다[8].

## 2. 부분 스위칭 PFC 모듈의 동작원리

### 2.1 회로구성 및 해석

그림 2.1은 일반적인 인버터 에어컨의 블록 선도를 나타낸 것이며, 실의 제어부의 인버터 PWM 제어 알고리즘에 의한 펄스파형이 인버터부의 스위칭 회로를 통하여 최종적으로 압축기를 구동하게 된다.

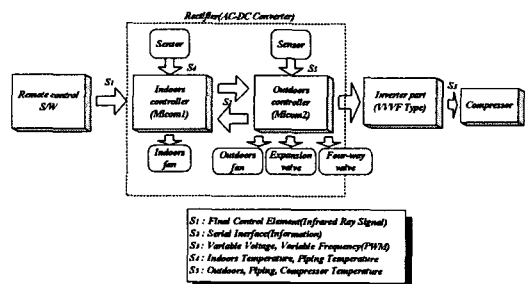


그림 1. 인버터 에어컨의 블록 다이어그램  
Fig. 1. Block diagram of inverter air-conditioning

그림 2와 3은 기존의 에어컨 전원시스템의 입력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이며, 그림 4는 제안한 부분 스위칭 모듈을 이용한 에어컨 전원 시스템을 나타낸 것이다[9].

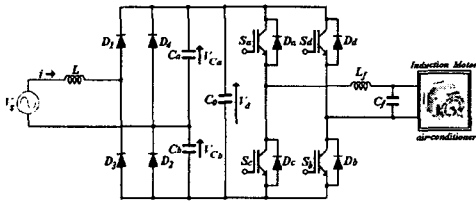


그림 2. 일반적인 에어컨용 전원시스템  
Fig. 2. Conventional air-conditioner power system

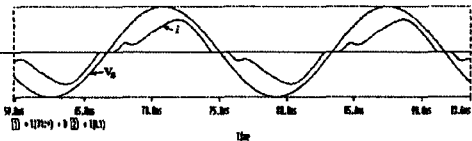


그림 3. 일반적인 에어컨 전원시스템의 입력전압, 전류 파형  
Fig. 3. Input voltage and current waveform of conventional air-conditioner power system

그림 4의 회로 구성은 기존의 평활 콘덴서  $C_0$ 와 역바이어스용 다이오드  $D_3, D_4$ 를 삭제하고 새로운 부분 스위칭 회로를 삽입하였다. 또한 기존의 콘덴서  $C_1, C_2$ 를 중용량  $C_{n1}, C_{n2}$ 로 바꾸어 선정하였다. 그리고 제안한 회로는 전압정류컨버터와 리액터정수 및 공진스위칭 컨버터의 역할을 개선 폭을 조정함으로써 평활콘덴서를 삭제하더라도 기존의 회로보다 개선된 역률과 고조파 전류특성을 얻을 수 있었으며, 제로 크로스에서 스위치 개방시점  $T_s$ 까지 펄스 스위칭을 행하여 강제적으로 단락하고 리액터에 전류가 흘러 입력전류의 통전각을 넓혔다. 그림 5는 입력 전압과 전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 앞에서 서술한 방식보다 역률이 개선되는 것을 알 수 있다.

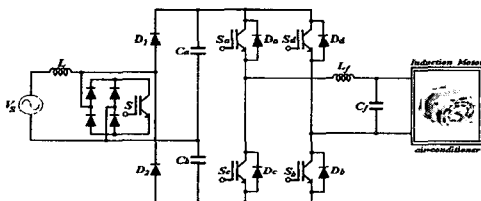


그림 4. 제안한 부분 스위칭 PFC 모듈을 이용한 에어컨용 전원시스템  
Fig. 4. Proposed Air-conditioner power system using partial switching PFC Module

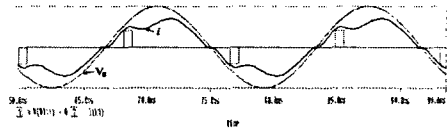


그림 5. 제안한 전원시스템의 입력전압, 전류의 파형  
Fig. 5. Voltage and current waveform of proposed power system

## 2.2 부분 스위칭 회로의 일반화

부분 스위칭에 관한 역률을 평가함수로 한 범용의 회로해석 수법을 비교하기 위해서 해석의 조건으로서 입력전류  $i$ 는 전원전압  $V_s$ 의 정(正)의 반사이클의 기간에 있어서  $0[A]$ 에서 상승하며,  $0[A]$ 이하의 회로정수 제어를 설정할 수 있는 것으로 한다. 그림 4에 있어서 입력전류는 정(正)의 반사이클의 구간에서 아래와 같은 3개의 구간으로 나타낼 수 있다.

$$(I) 0 \leq k T_s$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{di(t)}{dt} &= \frac{V_s}{L} \\ i(t=0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$(II) T_s \leq k T_x$$

$$\left. \begin{aligned} i(t=T_s) &= \int_0^{T_s} \frac{V_s}{L} dt \\ \frac{di(t)}{dt} &= \frac{(v^-) \cdot (v^+)}{L} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$(III) T_x \leq k T/2$$

$$i = 0 \quad (3)$$

$T/2 \leq k T$ 에 있어서 역방향의 전압, 전류로서 앞에 소개된 모드(I)~(III)를 되풀이한다.  $C_n$ 의 전압 리플을 0으로 반정하면  $v^+$ 는 일정하게 되며,  $t$ 에 관한 변수는  $V_s$ 와  $i$ 만으로 된다.  $di/dt$ 는 인덕턴스의 값  $L$ 에 반비례하므로 모드(I)의 상태에서는  $i$ 와  $L$ 에 반비례한다. 그러므로 리액터에 흐르는 전류는 반사이클의 전구간에서  $L$ 에 대응해서 진폭만 변화하고 역률의 변동요인이 되는 위상각 고조파는 변화하지 않는다. 그림 6은  $L$ 에 대한 전류 파형의 변화를 나타낸 것이다.

그러므로 전류 파형에 관한 특성은  $T_s$ 와  $V_s$ 의 함수로서 일반화 가능하며, 그림 7은 제안한 부분 스위칭회로의 해석모델을 나타낸 것이다. 이 해석모델은

부분 스위칭 PFC 모듈을 이용한 가정용 에어컨 전원장치

전원  $V_s$ 의 정(正)의 반사이클만 한정된 회로이며, 이때의 전원전압과 주파수, 인덕턴스는 일정한 값을 가지는 조건이다.

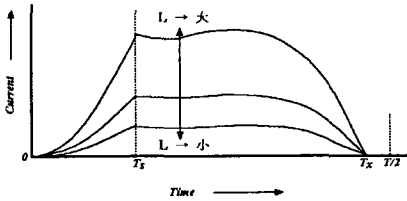


그림 6. 제안한 시스템의 인덕터와 전류 파형의 관계  
Fig. 6. Relation of proposed system inductance and current waveform

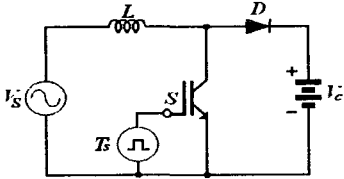


그림 7. 제안한 부분 스위칭 회로의 해석모델  
Fig. 7. Analysis model of proposed partial switching circuit

제안한 부분 스위칭 방식에서는 일반적으로 사용되어지는 규소 강판의 리액터를 사용 가능할 경우 가격면에서 커다란 장점을 가진다. 그러나 실제적으로 스위칭을 OFF했을 때(단락회로에 흐르는 전류가 끊어졌을 때)에 리액터 진동을 일으키고 매우 큰 소음이 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 리액터에 대한 역률개선 펄스를 종료한 직후에 짧은 통전(소음저감펄스)을 행하여 리액터의 진동을 근본적으로 억제시켰다. 그림 8은 리액터의 진동저감원리를 나타낸 것이다. 그림에서 리액터 전류의 변화에 의해 리액터의 진동이 발생한 것으로 리액터의 진동이 계속하고 있는 사이에 통전하며, 역률 펄스발생후의 휴지기간(x)과 소음저감 펄스 폭(y)을  $x=y=\pi/3\omega(\omega=2\pi f_c)$ 로 하였을 때 리액터의 진동이 억제된다.

표 1은 일반적인 역률개선 회로를 이용한 전원시스템과 제안한 부분스위칭 방식을 이용한 전원시스템에 주파수를 변환했을 때 각 특성값을 나타낸 것이다.

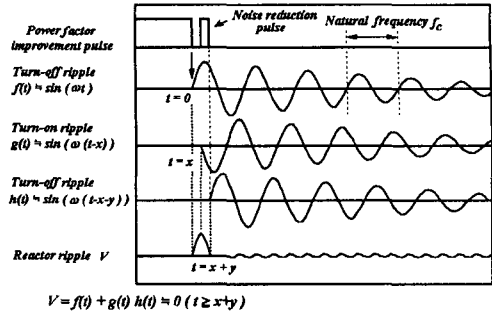


그림 8. 제안한 시스템의 리액터의 진동저감원리  
Fig. 8. Noise reduction principle of proposed system reactor

여기서  $i_c^*$ [A/nF]는  $C_a, C_b$ 의 리플전류를 용량값으로 할당한 값을 나타낸 것이며, 부분 스위칭 방식에서는 이 값이 적게 함으로써 일반적인 배전압회로에서 필요로 하는 높은 리플 대응의 컨덴서가 필요 없게 되어 일반적으로 사용화 되어 있는 제품을 사용할 수 있으므로 전원시스템의 가격을 낮출 수 있으며, 부품의 국산화가 가능하다.

표 1. 주파수 변환에 따른 기본적인 특성 비교  
Table 1. Fundamental characteristic comparison as frequency conversion

주파수	50[Hz]		60[Hz]	
	역률 개선회로	제안한 회로	역률 개선회로	제안한 회로
입력전류	19.2[A]	18.2[A]	19.4[A]	18.2[A]
역률	93.5[%]	98.6[%]	92.8[%]	98.9[%]
출력전압	239[V]	270[V]	227[V]	270[V]
최대전류	33.8[A]	25.8[A]	32.8[A]	25.5[A]
최대전압	208[V]	152[V]	191[V]	149[V]
$i_c^*$	23.0[A/nF]	4.10[A/nF]	23.2[A/nF]	4.10[A/nF]

### 3. 제안한 전원 시스템의 실험결과 및 고찰

그림 9는 실제 에어컨 전원 시스템에 적용된 부분 스위칭 PFC 모듈화를 위한 등가 회로를 나타낸 것이다. 그림 10은 제안한 부분 스위칭 PFC모듈을 이

용한 가정용 에어컨 전원 장치의 실험 장치를 나타낸 것이다.

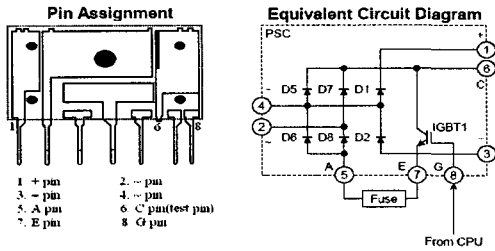


그림 9. 부분 스위칭 PFC 회로와 모듈  
Fig. 9. Partial switching PFC circuit and module

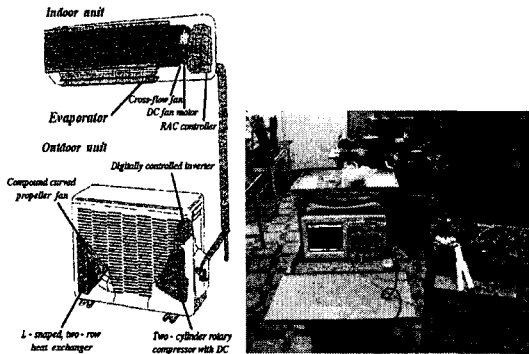


그림 10. 부분 스위칭 PFC 회로와 모듈  
Fig. 10. Partial switching PFC circuit and module

표 2. 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로정수  
Table 2. Circuit parameter using experiment and simulation

교류입력전압	$V_s$	220[V]/60[Hz]
인덕터	$L$	6.2[mH]
스위칭 주파수	$f_s$	20[kHz]
전해 커패시터	$C_a, C_b$	470[ $\mu$ F]
다이오드	Diode(ERD60-100)	
전력용 스위치	IGBT(1MBH40-60)	
삼각파 캐리어 신호	$f_c$	2,160[Hz]
변조도	$M$	0.9
	$L_f$	3[mH]
출력측 필터	$C_f$	68[ $\mu$ F]
	$R_L$	100[ $\Omega$ ]

실험과 시뮬레이션에 사용된 회로정수는 표 2에 나타낸다. 또한 인버터의 제어회로는 16비트 원칩 80196KC의 마이크로프로세서를 사용하여 설계되었고, 제어신호들은 어셈블리로 프로그램 하였다.

실험회로에 사용된 전원장치의 전압은 출력전압을 고려하여 설정하여하므로 본 논문에서는 50[V]의 입력전압에 DC 110[V]의 출력전압으로 하였다. 또한 전력용 스위치는 IGBT 시리즈1MBH40-60( $V_{CE} = 600[V]$ ,  $I_C = 40[A]$ ,  $T_{off} = 640[ns]$ , 20[kHz]기준)을 사용하고, 사용된 다이오드들은 정류형 다이오드를 사용하였다. 인덕터  $L$ ,  $L_r$ 는 Mn-Zn 페라이트 코어로 0.5[mm]공극으로 2.5[mH], 3[mH], 5[mH]으로 변화를 주어 구성하고, 콘덴서  $C(C_{r1}, C_{r2})$ 는 전해콘덴서를 이용하여 88[ $\mu$ F], 73[ $\mu$ F], 78[ $\mu$ F]으로 변화를 주었다. 본 실험에서는 가장 적절한 인덕터와 콘덴서로 각각 3[mH]와 73[ $\mu$ F]를 선정하였다. 그림 11은 입력전압과 입력전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션의 결과와 같이 거의 단위 역률을 이루고 있다.

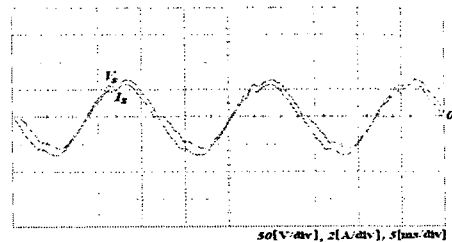


그림 11. 입력전압과 전류의 실험파형  
Fig. 11. Experimental waveform of input voltage and current

그림 12는 제안한 전원시스템의 각 부의 실험파형을 나타낸 것이다. 그림 12(a)는 부분 스위칭 PFC 모듈에 있는 IGBT소자의 제어신호 파형을 나타낸 것이며, 그림 12(b)는 인버터 스위치에 인가되는 각각의 제어신호를 나타낸 것이다.

그림 13은 입력 220[V], 출력1.0[kW]급 인버터의 실험회로에 대한 파형을 나타낸 것이다. 그림 13에서는 필터를 설치하지 않은 상태에서 출력전압과 전류를 나타낸 것이며, 그림 14는 필터를 설치했을 때의 출력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이다.

부분 스위칭 PFC 모듈을 이용한 가정용 에어컨 전원장치

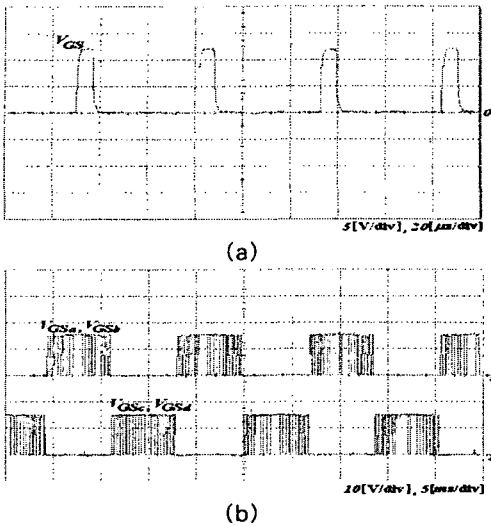


그림 12. 각 부의 실험파형  
 (a) 스위치 S의 제어신호  
 (b) 인버터 스위치 Sa, Sb와 Sc, Sd의 제어 신호  
 Fig. 12. Experimental waveform of each parts  
 (a) Control signal of switch S  
 (b) Control signal of inverter switch Sa, Sb and Sc, Sd

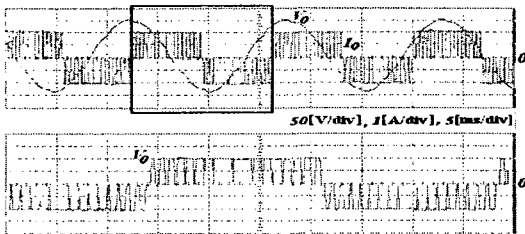


그림 13. 출력전압과 전류의 실험파형  
 Fig. 13. Experimental waveform of output voltage and current

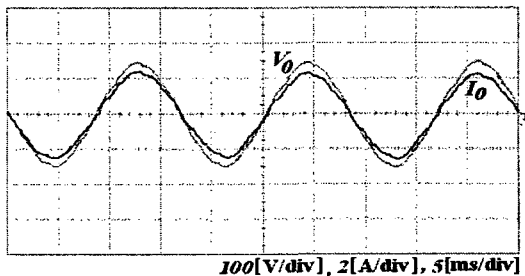


그림 14. 출력전압과 전류의 실험파형(필터포함)  
 Fig. 14. Experimental waveform of output voltage and current(Low pass filter)

그림 14에서와 같이 저역통과필터를 설치할 경우 출력전압전류는 정현파 성분을 띄고 있는 것을 알 수 있으며, 거의 단위 역률로 존재하는 것을 알 수 있다. 이상의 실험 파형들은 시뮬레이션 결과와 잘 일치된다.

표 3은 IGBT Turn-ON 신호를 출력시켜 에어컨의 입력역률을 측정하는 것이다. 표 3에서 알 수 있듯이 개선된 역률값은 주파수마다 약간씩 차이가 있으나, 역률이 측정 주파수 범위에서 평균적으로 91.36 [%]에서 97.73[%]로 개선되어 6.37[%] 정도 향상되었다. 그리고 35[Hz]에서 운전의 경우는 역률이 94.5 [%] 정도로 개선이 미미하지만 대부분의 영역에서는 98[%]이상으로 역률 개선의 효과가 크게 나타난 것을 알 수 있다.

표 3. IGBT 턴-온 신호에 따른 입력역률의 측정  
 Table 3. Input power factor measurement according to IGBT Turn-ON signal

운전 주파수 [Hz]	역률[%]		향상율[%]
	개선전	개선후	
35	90.5	94.5	4.00
40	91.1	97.3	6.20
45	91.6	97.6	6.00
50	92.3	98.6	6.30
55	92.2	98.6	6.40
60	92.2	98.9	6.70
65	91.6	98.4	6.80
70	91.2	98.2	7.00
75	90.6	97.7	7.10
80	90.3	97.5	7.20
평균	91.36	97.73	6.37

그림 15는 주파수 영역에 따른 개선 전 역률과 개선 후 역률을 나타낸 것이다. 그림에서 역률은 전반적으로 향상되었음을 알 수 있었으며, 35[Hz]에서 55[Hz]까지는 운전 주파수가 증가함에 따라 역률 개선의 정도가 크며, 55[Hz]이상의 운전 주파수에서는 역률의 변화 경향이 유사함을 알 수 있었다.

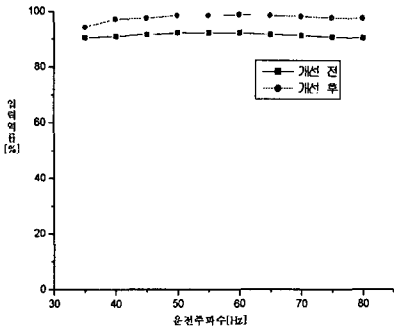


그림 15. 운전주파수에 따른 입력역률의 특성  
Fig. 15. Characteristics of input power factor according to operating frequency

그림 16은 출력전류의 변화에 따른 일반적인 에어컨 전원시스템과 제안한 에어컨 전원시스템의 역률을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 전압이 상승하여도 제안한 회로는 역률과 효율이 크게 변화하지 않고, 일정한 것을 알 수 있다.

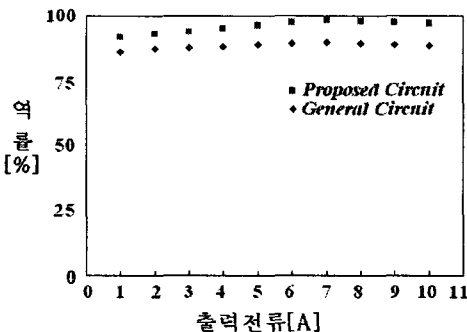


그림 16. 출력전류와 역률의 특성  
Fig. 16. Characteristics of output current and power factor

#### 4. 결 론

제안한 부분 스위칭 PFC 모듈을 이영한 가정용 에어컨 전원 장치는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 기존의 정류회로에 있어서 배전압용의 대용량 커패시터를 소용량에 적합함과 동시에 교류측에 리액터와 보조회로를 삽입해서 공진 회로를 구성하여 커패시터를 충·방전시키는 것에 의한 정류회로

의 파형 개선을 기할 수 있었다.

둘째, 회로정수의 변환에 따른 최적의 전압-전류 특성을 선정하여 최대 효율 조건을 얻을 수 있었다.

셋째, 인버터에어컨의 입력역률 및 성능을 향상시키기 위하여 기존의 수동 필터대신에 능동 역률개선 회로를 설계 및 제작하여 실험을 통하여 성능이 우수함을 확인하였다.

넷째, 인버터에어컨의 전부하영역에서 1에 가까운 역률 97[%]와 최대효율 98[%]가 얻어지며, 9[%] 이하의 THD를 저감할 수 있으며, 부하변동에 관계없이 안정된 정격 출력전압을 보장하여 인버터부의 신뢰성 향상에 기여했으며, 회로구성의 간소화 및 전자파 장애가 저감되었다.

다섯째, 설계 제작된 실험 장치를 기존 인버터 에어컨에 적용시킨 결과 각 주파수에 따른 역률 개선 효과는 상용 주파수 영역마다 약간씩 차이가 있으나, 역률은 실용 영역별 주파수 측정에서 평균적으로 6.4[%] 정도 향상되는 결과를 얻었다. 이러한 역률을 97[%]이상 유지시킴으로서 전력 손실을 줄이고 전기요금 절감에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

여섯째, 제어 회로에 사용되는 IGBT의 정격을 낮추게 됨으로써 제어 회로를 단순화시켜 저가격을 요구하는 가전 제품의 설계에 적합하도록 하였으며, 입력전류의 고조파 규제인 IEC555-2 TEST에도 만족스러운 결과를 얻었다.

일곱째, 제안한 컨버터에서 출력되는 DC전원측에 변조된 신호를 이용한 인버터를 구성하여 기존의 PWM 인버터 직류측에서 발생하는 맥동주파수에 의한 교류출력전력의 왜형과 발생을 제거하고, 인버터의 입력전류를 불연속으로 동작되도록 함으로써 맥동율과 스위칭 손실을 현저히 감소시켰다.

끝으로 본 논문에서 사용되어지진 회로를 3상으로 사용할 경우 전압사용의 효율을 높이기 위해서 3차원 벡터법을 사용하여 에어컨의 압축기를 제어하는 방법에 의해 스위칭 횟수를 적게 함으로써 압축기의 모터에 인가할 수 있는 전압을 상승시키고, 에어컨의 소비 전력을 줄일 수 있으며, 에너지 소비효율 등급이 상승되는 것을 확인하였다. 이 모든 사항은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 증명했다.

본 연구는 2004학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌습니다.

## References

- [1] K.A.Kwon, B.W.Park, J.T.Kim, Y.C.Jung, "Inverter driven air-conditioner with power factor correction circuit", KJPE Trans, Vol.4-1, No.2, pp.105-109, 1999.
- [2] Y.Jde. Y.Shimma, "Air Conditioners Incorporating Variable Capacity Control Inverter", Toshiba Review, Vol.37, No.7, 1982.
- [3] T.Sano. S.Orita. Y.Tuchiya, "Muiti indoor Unit Room Air-Conditione incorporating Variable Capacity Control Inverter", Toshiba Review, Vol.37, No.7, 1982.
- [4] T.Kubo, S.Igawa, T.Tsujimura, "New Air Conditioner with Air Cleaning Function", Toshiba Review, Vol.53, No.4, 1998.
- [5] 加藤, "高調波の障害とその対策", 電気設備學會誌, 第13巻, 1号, pp.62~69, 1990.
- [6] 野村: 「單相ダイオード整流回路の高調波電流低減法」, 電気學會半導體電力變換研究會資料, SPC-96-3, 1996.
- [7] Philip C. Todd, "UC3854 Controlled Power Factor Correction Circuit Design", Unitrode Application Note U-134, Vol.10, pp.303~322, 1996.
- [8] S.P.Mun, K.Y.Suh, H.W.Lee, "A Study on simple single phase air-conditioner of power factor correction circuit", KIIE Trans, Vol.15, No.2, pp.73~79, 2001.

## ◇ 저자소개 ◇

### 서기영 (徐基永)

1942년 4월 18일생. 1965년 한양대 전기공학과 졸업.  
1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현 경남대 전기전자공학부 교수.

### 문상필 (文相弼)

1975년 2월 9일생. 1997년 부경대 전기공학과 졸업.  
1999년 경남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).