

가정용 태양광 에어컨 전원시스템의 역률 개선

°박영조, 문상필, 박정우, 서기영, 김영문*
 경남대학교 · 마산대학*

Power-factor improvement of residential solar air-conditioner power system

Y.J.Park, S.P.Mun, J.W.Park, K.Y.Suh, Y.M.Kim*
 Kyungnam University, Masan College*

Abstract - Generally in solar air conditioning system, the diode rectifier is used to build up DC link voltage from AC source. The diode rectifier is simple and cheap but it brings out the problems of low power factor and plentiful harmonics at the AC source. Also It can degrade the utilization rate of solar energy because the reverse of power flow cannot be made. Hence, in this paper to overcome the peak power problems in summer and to endure good AC input characteristics, solar air conditioning system using the PWM converter is proposed. A high input power factor of 97[%] and an efficiency of 98[%] are also obtained. The harmonic guide lines of proposed rectifier is no interfered with inverter switching, resulting in a simple, reliable and low cost ac to dc converters in comparison with the boost type current improving circuits.

500[W]이상과 태양전지 어레이의 직렬별 연결시스템 설계조건 등을 고려하여 설정하였고 PV 모듈은 SSM-60 모델을 10S×2P로 연결하였다.

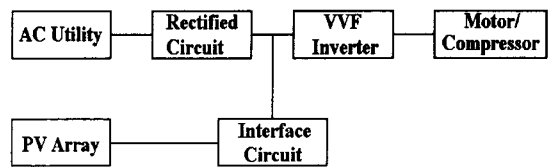


그림 1. 직류측 병렬 연계시스템
 Fig. 1. Grid connected system with a rectifier

1. 서 론

최근 제어특성 및 에너지 효율면에서 ON-OFF방식을 이용한 에어컨에 비하여 우수한 성능을 가진 인버터 에어컨 시스템의 성능 및 시스템 안정성, 에너지 효율성, 전기요금의 저감 등을 문제점들이 많이 대두되고 있다. 그리고 대체 에너지의 목적으로 기존의 다이오드 정류기기의 직류측에 태양전지를 연계하여 운전하는 시스템이 이용되어지고 있으나 태양전지의 이용 효율이 떨어지고, 전원측 전류의 고조파가 문제시되어지고 있다. 이를 해결하고자 태양전지의 출력과 부하와의 관계를 고려한 AC-DC 변환기의 직류단에 태양전지를 병렬로 연결한 새로운 가정용 에어컨 전원장치를 제안하고자 한다. 제안한 전원장치의 회로는 기존의 배전압 시스템에 사용되어지는 대용량 콘덴서를 소용량으로 낮추고, 리액터를 사용함으로써 출력전압의 상승을 억제하고 전류의 파형을 개선하며 고효율 및 고효율, 전기료의 저감 효과 등을 얻고자 한다. 이러한 모든 사항은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 증명하고자 한다.

일반적으로 콘덴서 입력형의 정류회로는 간단하면서도 안정한 회로이지만, 최근에는 전원측에 흐르는 고주파 전류가 문제시되어 지고 있으며 입력 전류 파형을 개선하기 위해서는 복잡하면서 고가인 제어회로가 필요하기 때문에, 신속성이 부족하다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 다이오드와 콘덴서로 구성되어지는 비선형 캐패시턴스 회로를 제안하고자 한다.

2. 본 론

그림 1은 직류측 병렬 연계시스템을 나타내는 블록선도이다. 이 블록선도는 정류회로와 인터페이스회로가 추가로 구성되어 있으며 배터리가 필요 없는 시스템이다. 이 시스템에서는 직류측에서 연계하였기 때문에 연계가 간단히 이루어질 수 있으며 실용화하기에 가장 유리한 시스템으로 정류회로 부분을 양방향성 전력변환기를 사용함으로써 계통전원에 잉여전력을 공급한다. 그리고 태양전지 에어컨의 시스템은 태양전지 어레이, 승압형 DC-DC 컨버터, 정류회로 및 Compressor 구동용 V/f 일정제어 인버터 에어컨으로 구성되어 있다. 태양전지의 정격출력은 에어컨 부하가 설정온도와 실내온도의 차에 의해 500[W]~1.6[KW]사이에서 운전하며, 흐린 날씨에는 태양전지 어레이의 출력이 정격치의 50[%]이하로 내려가기 때문에 열 평형 상태를 유지하기 위한 부하

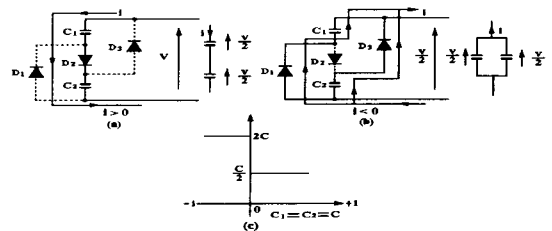


그림 2. 비선형 캐패시터의 회로
 Fig. 2. Circuit of nonlinear capacitance

그림 2는 제안한 비선형 캐패시턴스의 기본 회로의 동작 상태를 나타낸 것이다. 그림 2에서 전류 i 가 그림 2(a)와 같은 방향으로 흐르는 경우에는 다이오드 D_2 가 도통해서 C 가 직렬로 구성되므로 캐패시턴스는 $C/2$ 로 된다. 그리고 전류 i 가 그림 2(b)와 같은 방향으로 흐르는 경우에는 D_1, D_3 가 도통해서 캐패시턴스는 $2C$ 로 된다. 이때 회로의 양단 전압은 각각 $v, v/2$ 로 된다. 이 회로를 다이오드 정류회로에 적용하면 입력전류의 파형을 개선할 수 있다. 그림 3은 제안한 에어컨 전원시스템을 나타낸 것이다. 회로구성을 간단히 하기 위해서 리액터 L 은 0으로 하며, $C_{r1}-C_{r2}$ 의 값은 같은 것으로 한다. 그림 4는 제안한 회로의 입력전압 및 전류의 파형을 나타낸 것이다. 표 1은 본 논문에서 제안한 에어컨 시스템에 사용된 회로 정수를 나타낸 것이다.

표 1. 제안한 회로의 정수
Table 1. Parameters of proposed circuit

▷ 에어컨 시스템부		
입력교류전압 V_s	200[V], 60[Hz]	
리액터 L_{r1}	6.6[mH]	
평활 콘덴서 C_0	4400[μ F]	
콘덴서 $C_{r1}(=C_{r2})$	157[μ F]	
삼각파 캐리어 신호 f_c	2160[Hz]	
변조도 M	0.9	
출력측 필터리액터 L_f	3[mH]	
출력측 필터콘덴서 C_f	10[uF]	
Motor	인덕터 L_r	88.37[mH]
	저항 R_r	8.2[Ω]
▷ 태양전지 어레이		
최대출력전력[W]	1200[W]	
최대동작전류[A]	7[A]	
최대동작전압[V]	171.1[V]	
어레이 구성	10S \times 2P	
▷ 인터페이스		
입력전압[V]	171.1[V]	
출력전압[V]	250~300[V]	
▷ 태양광 시스템부		
직렬리액터 L_{r2}	2[mH]	
직렬콘덴서 C	440[uF]	

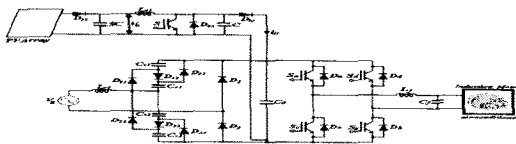


그림 3. 제안한 에어컨 전원 시스템
Fig. 3. Proposed air-conditioner power system

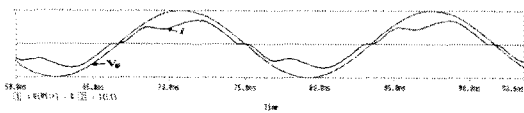


그림 4. 제안한 시스템의 입력전압과 전류 파형
Fig. 4. Input voltage and current waveform of proposed system

그림 5는 인버터의 스위칭 소자에 정현파 입력전압과 삼각파 캐리어 신호에 의해 만들어진 HPWM 파형을 인가할 경우의 인버터의 출력전압, 전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림 6은 태양광 시스템의 전압과 전류 파형을 나타낸 것이다.

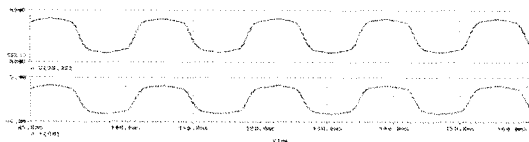


그림 5. 제안한 HPWM 인버터의 출력전압, 전류 파형
Fig. 5. Output voltage and circuit waveform of proposed HPWM inverter

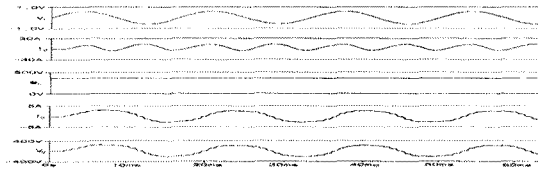


그림 6. 태양광 시스템의 전압·전류파형
Fig. 6. Voltage and current waveforms of solar system

3. 실험 결과 및 고찰

실험에 사용된 실험에 사용된 모터는 220[V], 0.75[KW], 6[Hz], 1710[rpm]의 상용화 모터를 사용하였으며 그림 7은 상 전원 시스템 사용시 입력전압과 입력전류의 파형을 나타낸 것이다. 그리고 그림 8은 계통과 연계시 계통의 정전에 의한 인버터 출력 파형을 나타내고 있다.

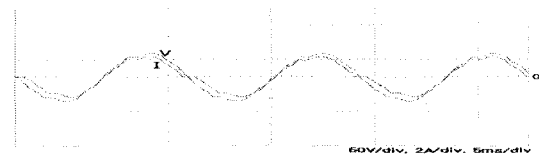


그림 7. 입력전압과 입력전류의 파형
Fig. 7. Waveform of input voltage and current

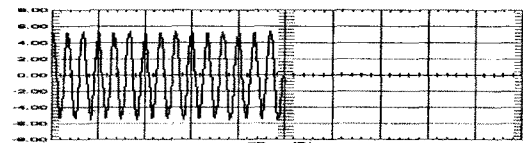
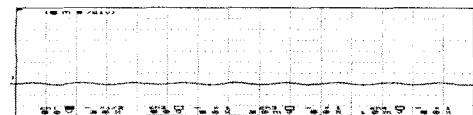
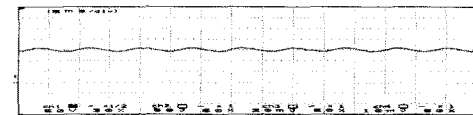


그림 8. 계통선 정전시
Fig. 8. shut down of interactive line



(a) 무부하시 직류전압



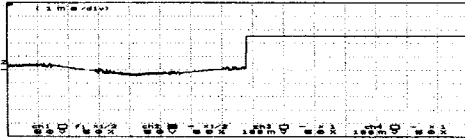
(b) 부하시 직류전압

그림 9. 직류전압 특성
(a) 무부하시 직류전압
(b) 부하시 직류전압

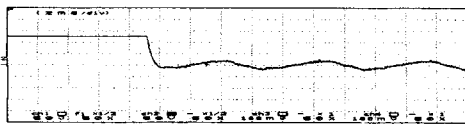
Fig. 9. Characteristics of DC voltage
(a) DC voltage at a no-load
(b) DC voltage at a load

그림 9는 태양광 시스템 사용시 직류전압의 특성을 나타낸 것이다. 그림 9(a)는 인버터를 동작시키지 않은 무부하시 직류전압으로 전원전압주파수의 2배 주파수로 맥동하고 있으며, 맥동분은 약 3[%]정도 나타난다. 그림 9(b)는

인버터를 동작시켜 계통과 연계시 나타나는 직류전압으로 이때의 맥동분은 약 5[%]로 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 9에서 2배 주파수 영향은 계통선과 기계적으로는 분리되어 있으나, 전기적 신호는 계속 흐르고 있음을 알 수 있다. 그림 10(a)은 계통연계를 위하여 인버터를 투입했을 때 특성을 나타내고 있다. 인버터 투입시 시간 지연 없이 인버터 입력전압을 확립하였으며, 그림 10(b)은 계통과 연계를 차단했을 경우의 파형을 나타내고 있다.



(a)



(b)

그림 10. 계통연계시 특성
(a) 인버터 투입
(b) 인버터 정지

Fig. 10. characteristics of the utility intera
(a) inverter start
(b) inverter stop

그림 11은 HPWM 제어신호로서 변조도 0.9, 주파 60(Hz)의 정현파 변조신호, 주파수 2.160(Hz)의 삼캐리어 신호를 사용한 제어 신호의 실험 파형을 나타낸 것이다. 그림 12는 입력전압의 변화에 따른 일반적인 회로도와 제안한 회로도의 역률을 비교한 것이다. 그림 13은 태양광 시스템 사용시 인버터 출력전압, 전류 파형으로 제안한 회로의 출력파형이 거의 단위 역률로 동작되어지는 것을 알 수 있다. 그림 14는 출력전류의 변화에 따른 일반적인 회로도와 제안한 회로도의 역률을 비교한 것이다.

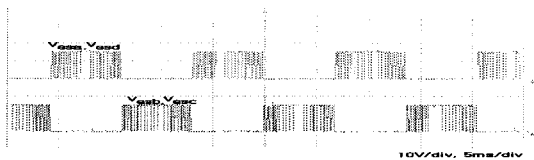


그림 11. 인버터 스위치 Sa, Sd와 Sb, Sc의 제어신호
Fig. 11. Control signal of inverter switch Sa, Sd and Sb, Sc

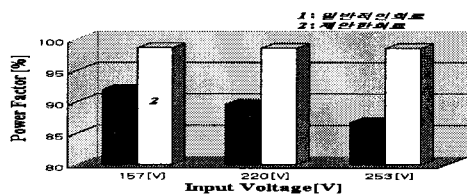


그림 12. 입력전압과 역률의 특성
Fig. 12. Characteristics of input voltage a power factor

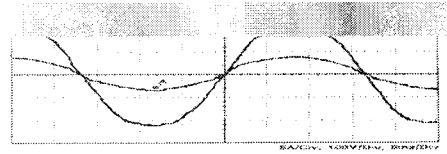


그림 13. 인버터 출력전압, 전류
Fig. 13. Output voltage and current of inverter

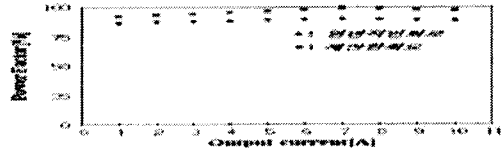


그림 14. 출력전류와 역률의 특성
Fig. 14. Characteristics of output current and power factor

4. 결 론

제안한 전원장치에 의해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수동소자만으로 구성되기 때문에 신뢰성과 경제성에 적합하며, 스위칭 동작을 이용하지 않기 때문에 전자 노이즈 등의 문제가 발생하지 않는 특징이 있다.
- 2) 실험결과에 의해서 전원에 접속되어 있는 다이오드 정류회로의 고조파 전류를 저감하였으며, 전기료가 기존의 방식 보다 10[%]저감되었다.
- 3) 전력변환장치의 효율과 역률이 98[%], 97[%]로 되었다.
- 4) 입력신호와 같은 동위상으로 계통에 전력을 공급함으로써 계통에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

이 모든 사항은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 증명했으며, 연구된 내용의 컨버터와 인버터를 사용하여 실제 에어컨에 적용한 결과 위와 같은 많은 잇점을 얻었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 문상필, 서기영, 이현우, 김영문, 김영철, "심플한 단상 에어컨의 역률 개선회로에 관한 연구," 조명설비학회지, Vol.15, No.2, pp.73~79, March 2001
- [2] Philip C. Todd, "UC3854 Controlled Power Factor Correction Circuit Design," Unirode Application Note pp. 10-303~10-322
- [3] 김영철의 3인, "태양광 발전을 위한 대용량 소프트 스위치 승강압 DC-DC컨버터" 전력전자학회 춘계학술대회논문집, pp.17~120, 1996
- [4] 김영철의 3인, "계통연계형 태양광발전 시스템에 관한 연구" 대한전기학회 경남지부 춘계학술대회논문집, pp.66~70, 19
- [5] 문상필, 서기영, 이현우, 이수홍, 고태언, 김영문, "이중 직류 연계 방식을 이용한 에어컨 전원 시스템" 대한전기학회 경남지부 춘계학술대회논문집, pp.169~173, 2002