

태양광 발전 시스템용 DC-DC 컨버터의 모델링

“문상필, 박영조, 김영문, 강옥중, 이현우, 서기영  
 경남대학교, 마산대학, 경남직업전문학교”

Modeling of utility interactive photovoltaic system DC-DC converter

“S.P.Mun, Y.J.Park, Y.M.Kim, W.J.Kang, H.W.Lee, K.Y.Suh  
 Kyungnam University, Masan College, Kyungnam Junior College”

Abstract - In this paper, a new converter for utility interactive photovoltaic system is proposed. the conventional utility interactive photovoltaic system is composed of a PWM inverter and a DC converter. However, the increased switching loss and the high frequency switching noise become a problem. the control accuracy of the system is made to lower by the dead time of the switching devices, and it becomes a cause of the lower conversion efficiency. In order to resolve those problems, we applied a non-dissipative snubber circuit to a converter, which generates the single phase absolute value of sinusoidal current. the converter consists of two switching devices and one capacitor which constitute a non-dissipative snubber circuit. the proposed circuit is very useful to minimize and increase efficiency, when it is used to an utility interactive photovoltaic system. it is confirmed by simulation that the proposed converter for new photovoltaic system has stable operation and good output.

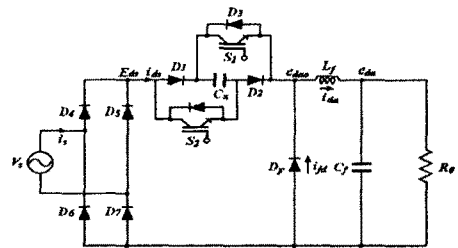


그림 1 제안한 컨버터의 주 회로  
 Fig. 1 Main circuit of the proposed converter

그림 2에서 제어회로는 PI컨트롤러의 출력인 기준 전류 전폭  $I_{dar}$ . 입력전압  $V_s$ 에 의해서 구성되어 있을 수 있다.

1. 서 론

일반적으로 계통 연계형 태양광 발전 시스템은 전압 조정과 PWM 인버터 그리고 DC 컨버터로 구성되어진다. 그 중 승압형 DC-DC컨버터 회로는 고주파 스위칭 시스템에 최대 출력 조정 기능이 적용되면서 출력 어레이로부터의 최대 출력 및 계통화, 소형화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근 변압기가 없는 계통 연계형 태양광 발전 시스템에서 정현파 정격 출력을 얻기 위해 다수의 컨버터와 고주파 PWM인버터를 조합한 시스템이 적용되어지고 있으나 시스템 전체의 스위칭 손실의 증가 및 잡음, 스위칭 디바이스의 데드타임에 의한 제어의 정확성과 변환효율의 저하 등에 대한 문제점들이 발생된다. 이러한 문제점들을 해결하고자 본 논문에서는 일반적으로 사용되어지는 컨버터 시스템을 대신해서 DC-DC 컨버터와 무 손실 스너버 회로를 첨가하여 기존의 회로보다 구성을 간단하게 하였으며, 2개의 스위칭 소자와 1개의 커패시터로 구성되어지는 무손실 스너버 회로를 이용한 정류회로를 제안하였다.

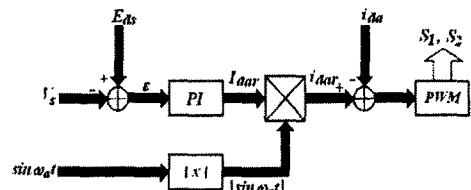


그림 2 제어회로의 블록 다이어그램  
 Fig. 2 Block diagram of the control system

그림 2에서 각 구간과 신호간의 관계를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\epsilon = E_{ds} - V_s \tag{1}$$

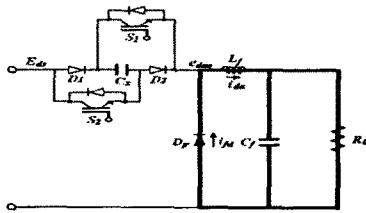
$$I_{dar} = K_p + K_i \int \epsilon dt \tag{2}$$

$$i_{dar} = I_{dar} \cdot |\sin \omega_a t| \tag{3}$$

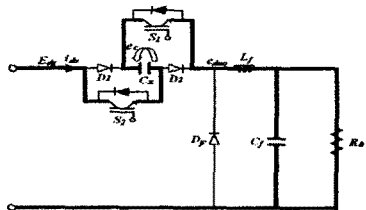
2. 제안한 회로의 동작원리 및 구성

그림 1은 태양광 발전 시스템을 위한 단상 DC컨버터의 주 회로를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 회로는 2개의 스위치( $S_1, S_2$ ), 2개의 전력용 다이오드( $D_1, D_2$ ), 2개의 커패시터( $C_x, C_r$ ), 1개의 플라웰링 다이오드( $D_p$ ), 인덕터( $L_r$ )로 구성되어진다. 그림 2는 제어회로의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

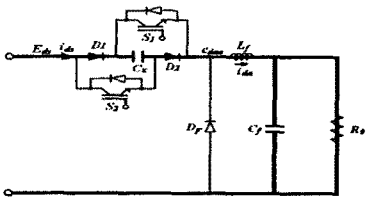
일반적으로 태양 방사선의 어떠한 자속하에서도 솔라 어레이 동작전압이 적절히 결정되면 DC 컨버터의 평균 입력 전력을 결정할 수 있다. 그림 3은 제안한 회로의 각 모드를 나타낸 것이다. 제안한 회로는 3가지 모드로 구성되며, 각 모드에 대한 설명은 다음과 같다.



Mode 1



Mode 2



Mode 3

그림 2 동작 모드 해석  
Fig. 2 The analysis of operational mod

Mode 1은 플라휠링 다이오드  $D_F$ 가 구동한다고 가정했을 때, 전류  $i_{da}$ 가 부하회로로 순환되는 모드이다. 이때 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 가 동시에 턴-온 될 때까지 지속된다.

Mode 2는 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 가 동시에 턴-온되는 모드이며, 전하는 방전된 정류(整流)용 커패시터  $C_x$ 에 저장된다. 그리고 환류 다이오드  $D_F$ 는 턴-오프된다. 이때 정류용 커패시터  $C_x$ 의 초기 전압은 입력 전압과 같은 값을 가진다.

Mode 3는 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 가 동시에 턴-오프될 때, 입력 전압  $E_{ds}$ 가 커패시터  $C_x$ 에 충전되는 모드이다. 그리고 커패시터의 전압이 부하전압에 도달할 때 환류 다이오드  $D_F$ 가 동작되며 Mode 3은 끝나고 다시 Mode 1로 돌아간다.

본 논문에서 제안한 무손실 스너버 회로는 스위치가 턴-오프 되었을 때 저장되어진 전류(轉流)에너지가 부하단으로 환류되어 전류(轉流)손실이 줄어들며, 변환기의 효율의 상승 및 고주파 잡음의 발생이 매우 작아지는 효과를 가진다. 모드 3에서 알 수 있듯이 입력전압만큼 커패시터  $C_x$ 가 충전되면 이때의 전압은 0과 같게 된다.

표 1은 각 모드에서의  $e_{dso}$ 와 충전되는  $C_x$ 사이의 관계를 나타낸 것이다.

표 1 출력전압과 충전 커패시터  $C_x$ 의 관계  
Table.1 The relation of output voltage and charging  $C_x$  in each mode

Mode	전압	$C_x$
Mode 1, 3	0	충전
Mode 2	$E_{ds} - e_x$	방전

### 3. 시뮬레이션 결과 및 해석

표 2는 본 논문에서 사용된 회로 정수를 나타낸 것이며, 그림 4는 각 부의 시뮬레이션 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 전원전압의 파형에 의해 DC컨버터의 출력전압이 제어되어 것을 알 수 있으며, DC 컨버터 유입전류는 맥동하는 파형을 가지게 된다. 또한 제안한 회로는 DC 컨버터의 인덕터  $L_f$  값과 커패시터  $C_f$  값이 적기 때문에 소형화가 가능하다.

표 2 시뮬레이션에 사용된 회로정수  
Table. 2 Circuit parameters using simulation

입력전압	$V_s$	200[V]
상용 주파수	$f_a$	60[Hz]
필터용	리액터	$L_f$ 3[mH]
	커패시터	$C_f$ 1[ $\mu$ F]
정류 커패시터	$C_x$	10[ $\mu$ F]
출력전력	$P_0$	2.5[kW]

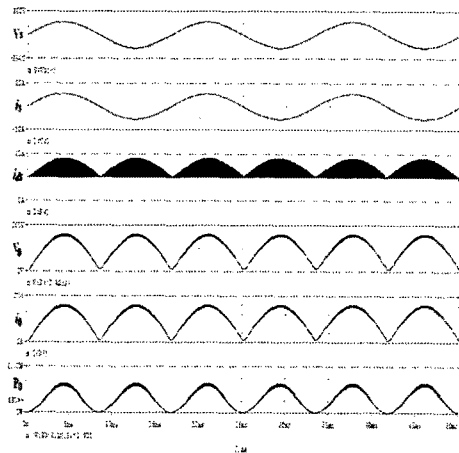


그림 4 각 모드의 시뮬레이션 파형  
Fig. 4 Simulated waveform of each mod

그림 5는 전류에 대한 효율의 특성을 나타낸 것이며, 그림 6은 전류에 대한 역률의 특성을 나타내었다. 그림 5와 그림 6에서 알 수 있듯이 출력이 100[W], 700[W]내에서 변환기의 효율은 90[%]이상이며, 역률은 거의 단위 역률을 특성을 가지게 된다.

(참 고 문 헌)

- (1) T.Ohnishi, "Multi-functional High Quality Single Phase PWM Controlled Power Supply", IEEE Trans. on IAS, Vol.115-D, No.1, pp70~76, 1995
- (2) P.K Hinga, T.Ohnishi, "A New PWM Inverter for Photo voltaic Solar Power Generation System", proceed. of IEEE/IECON'94, Taipei, 1994
- (3) K.Harada and H.Sakamoto, "Switched-snubber for high frequency switching", IEEE PESC'90 Record, July, 1990
- (4) J.C.Bendien, G.Fregien, "Recovery circuit for snubber energy in power electronic applications with high frequency swit-ching", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. PE-3, NO.1, Jan, 1988

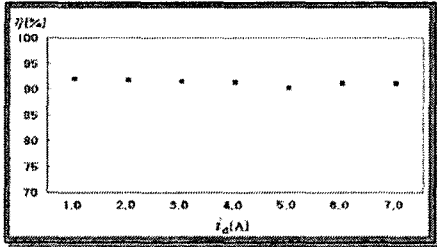


그림 5 전류에 대한 효율의 특성  
Fig. 5 Characteristics of efficiency for curre

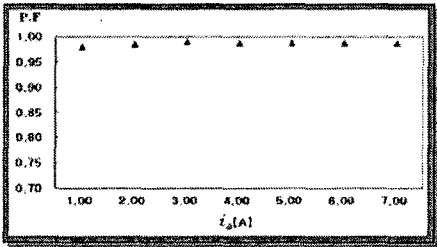


그림 6 전류에 대한 역률의 특성  
Fig. 6 Characteristics of power factor for cu

4. 결 론

본 논문에서는 계통연계형 태양광 발전 시스템에 대한 새로운 인버터 회로를 제안하였다. 제안된 회로의 시뮬레이션 결과를 기초하여 실제 회로를 제작하였으며, 실험결과로부터 제안한 인버터 시스템의 특성 및 장비의 최소화와 중량을 감소하였다. 그리고 회로 구조가 비교적 간단하기 때문에 필터나 변압기의 사용이 필요 없다. 또한 스위칭 손실이 매우 작으며, 고효율로 동작되며, DC컨버터에 무손실 스너버회로와 전원 주파수의 구형파 인버터를 사용함으로써 제어의 정확도를 높이며, 고주파 노이즈는 감소하였다. 앞으로 제안된 시스템을 계통 연계형 태양광 인버터 시스템에 실제적으로 적용하여 시뮬레이션 결과와 같은 효과를 유도하고자 한다.