

태양광발전 시스템의 다중출력제어를 위한 DC-DC 컨버터 설계

이우희, 이미영, 이준하, 이홍주

상명대학교 컴퓨터시스템공학과, 정보디스플레이연구소

The Design of DC-DC Converter for multi-output of PV system

Woo-Hee Lee, Mi-Young Lee, Jun-Ha Lee, Hoong-Joo Lee

Dept. of Computer System Engineering, Information Display Research Center, SangMyung University

Abstract - 독립형 태양광 발전시스템은 태양전지, 배터리, 충·방전 제어기, 컨버터, 부하로 나눌 수 있다. 태양광 발전은 비선형 전압전류 특성을 가지고 있기 때문에 발전효율을 최대한 높이기 위해 최대전력추종제어(MPPPT)를 하게된다. 또한 부하가 여러 개일 경우에는 다양한 출력이 요구되는데, 이를 위해 강압 및 승압이 가능한 컨버터가 필요하게 된다. 그러나 다중부하에는 다수의 컨버터와 각각의 컨버터를 제어하기 위한 제어기가 필요하게 되므로 cost가 증가요인이 된다. 따라서 본 논문에서는 승·강압에 의한 다중출력을 갖는 병렬구조의 DC-DC컨버터를 제안하고자 한다. 제안된 컨버터는 입력전압을 승·강압하여 두 개의 출력전압을 갖는다. 강압동작은 일반적인 buck형 컨버터에 커패시터를 추가하여 구성하였고, 승압을 위해서는 리플율이 적은 Coupling inductor를 이용하고 커패시터를 추가하여 두 개의 컨버터를 병렬로 구성하였다. 컨버터의 병렬제어를 위해 제어기를 설계하고 이를 시뮬레이션 하였다.

1. 서 론

DC-DC 컨버터는 그동안 지속적인 연구개발을 통하여 고효율, 안정성 개선 및 소형화를 위한 많은 성과를 거두어 왔지만 지금까지의 연구개발은 주로 DC-DC 컨버터의 소자개선, 회로 구조변경, 또는 제어특성 개선 등의 아날로그 제어방식을 이용한 연구개발이 대부분을 차지하고 있다. 그러나 아날로그 제어방식의 경우 비선형 시스템에 대한 수학적인 모델링이 어렵기 때문에 고성능의 제어기 및 제어 알고리즘을 설계하는데 많은 어려움이 따르게 된다.

최근에 산업분야의 전반에 걸쳐 나타나고 있는 디지털화의 추세에 따라 DC-DC 컨버터의 디지털 제어에 관한 연구가 이루어지고 있지만, 제어회로의 복잡한 구조로 인하여 디지털 제어방식의 상용화가 활발히 진행되지 못하고 있기 때문에 제어성능이 우수하면서도 구조가 간단한 디지털 제어회로의 필요성이 크게 대두되고 있는 실정이다.

지금까지 제안된 DC-DC 컨버터와 디지털 제어기는 컨버터 한 개당 하나의 마이크로프로세서가 적용됨으로써 여러 종류의 출력이 필요한 다 출력 전원장치의 경우 제어기 시스템이 복잡하며, 컨버터들끼리 서로 유기적인 제어가 불가능하다는 문제점을 안고 있다.[1]

또한 독립형 태양광발전 시스템의 경우 부하에 다중출력이 요구되는 경우가 많은데, 이를 해결하기 위한 대안으로 본 논문에서는 하나의 입력에 대해 두 개의 출력을 동시에 독립적으로 제어하는 컨버터회로를 제안하였다.

제안한 회로는 태양광발전 시스템에서 일반적으로 배터리 충전전압이나 전광판 출력으로 사용되는 12V와 LED 조명과 같은 저전압 대전류 특징을 갖는 5V 출력을 하나의 병렬 컨버터가 내보내도록 설계하였다. 그림 1과 그

림 2는 일반적인 buck 컨버터와 boost컨버터의 회로이고, 그림3은 본 논문에서 제안된 병렬컨버터의 회로이다. 제안한 회로는 일반적으로 포워드 컨버터나 플라이백 컨버터에서 볼 수 있듯이 입력측과 출력측을 절연하였다.[7] 또한 입력측에 역전류를 방지하기위해 다이오드를 추가하고 전압리플을 최대한 줄이기 위해 커플링 인덕터를 고려하였다. 변압기 2차측 컨버터들은 buck 컨버터와 boost 컨버터의 입력단에 커판시터를 추가하여 구성하였다.[2-4]

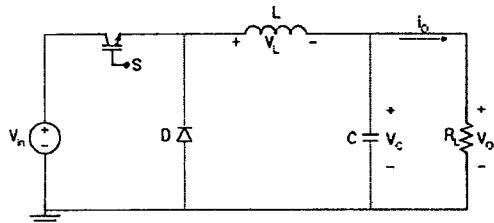


그림 1 강압형 컨버터(buck converter)

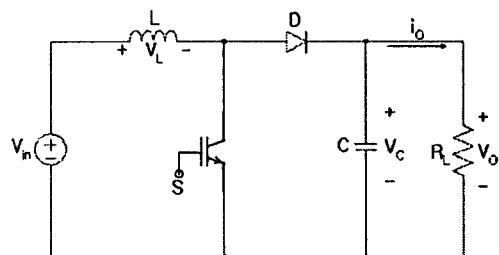


그림 2 승압형 컨버터(boost converter)

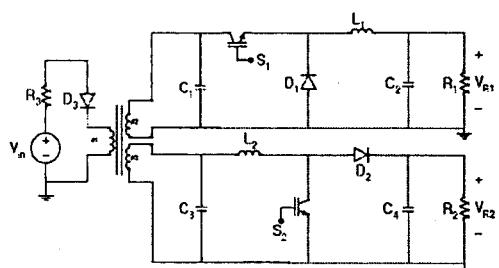


그림 3 제안한 승·강압형 병렬 컨버터

2. 본 론

2.1 궤환제어기 설계

그림 4는 부하에 일정한 전류가 흐르도록 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor) 스위치를 제어하는 시스템의 블록도를 나타낸다. 오차증폭기는 컨버터의 출력전압과 기준전압을 비교하여 스위치의 듀티비를 결정하는 오차신호를 만들어낸다. 이 증폭기에서의 보상이 제어루프의 성능을 결정하며 제어시스템을 안정하게 한다. 증폭기는 저주파에서 높은 이득을 가져야하고 고주파수에서는 낮은 이득을 가져야한다. 본 논문에서는 이러한 목적에 적합한 형식 2증폭기를 사용하였다 [4][5].

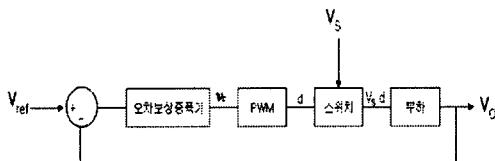


그림 4 궤환제어시스템 블록도

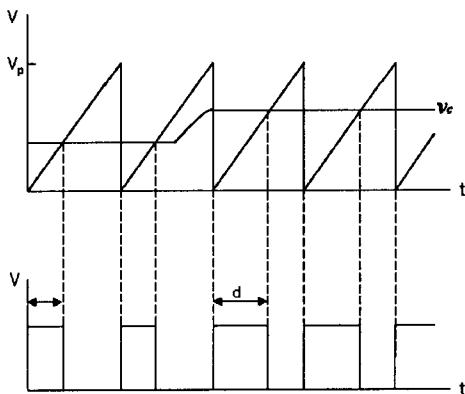


그림 5 PWM 동작과 PWM 회로의 출력

PWM회로는 오차보상증폭회로의 출력을 듀티비로 변환시킨다. 그림 5는 PWM 동작과 PWM 회로 출력을 나타낸다. PWM 회로의 출력은 오차증폭기의 출력전압 v_c 가 톱니파 V_p 보다 큰 경우 high값이고 V_p 보다 작은 경우에는 0이다. 만일 v_c 가 기준값보다 낮아지면 컨버터의 출력과 기준파 사이의 오차가 커져서 v_c 가 증가하며 이에 따라 듀티비 d 가 커진다. 반대로 출력전압이 높아지면 듀티비 d 가 작아진다. PWM회로의 전달함수는 다음과 같다.

$$d = \frac{v_c}{V_p} \quad (1)$$

$$\frac{d(s)}{V_p(s)} = \frac{1}{V_p} \quad (2)$$

2.2 시뮬레이션

2.2.1 입력단 시뮬레이션

입력단은 입력전압 28V에 대하여 변압기 권선비를 N1:N2:N3 = 2:1:1로 구성하였다. 입력측 기생저항성분을 고려하고, 역전류 방지를 위해 역전류 방지ダイオード를 추가하였다. 그림 6은 1차측과 2차측 코일에 걸리는 전압을 모의실험한 결과이다. 실험결과 1차측에서는 초기

과도상태에서 오버슈트가 발생하지만, 2차측에는 오버슈트가 현저히 줄어들어 입력측 리플이 줄어든 안정적인 전력을 공급해줌을 알 수 있다.

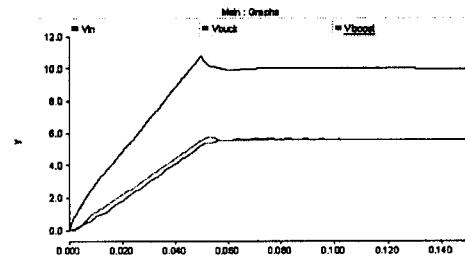


그림 6 입력단의 모의실험 결과

2.2.1 강압동작 시뮬레이션

입력단을 통해 들어온 전압을 강압시키기 위해서는 듀티비를 가변시켜 PWM신호를 발생시켰다. 그림 7은 강압동작에 의한 출력전압과 전류이고, 그림8은 리플성분과 PWM파형을 나타낸 것이다. 강압동작 초기에 과도상태이후에 정상상태에 도달하고, 리플성분은 0.02%이고, 평균 5.2V로 안정적인 전압이 출력됨을 알 수 있다.

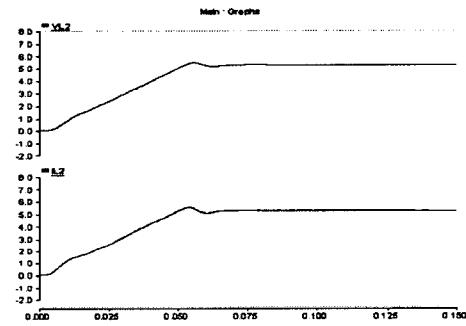


그림 7 강압동작의 출력전압 전류 파형

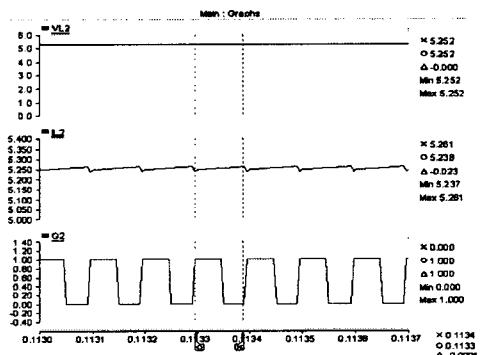


그림 8 강압동작에서의 리플성분과 PWM파형

2.2.2 승압동작 시뮬레이션

입력 6V에 대해 12V전압으로 승압하기 위해 12V의 Vref전압을 기준으로 앞서 설명한 궤환제어기를 통해 PWM신호를 발생시켰다. 그림 9,10에서는 보는 것과 같이 출력전압은 Vref를 기준으로 발생된 PWM신호에 의해 제어됨을 볼 수 있다. 출력전압은 평균 11.9V이고, 리플성분은 약 0.1%로 승압동작 역시 안정적인 출력을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 9는 승압동작에서 출력

전압과 전류이고, 그림10은 리플성분과 PWM파형을 나타낸 것이다.

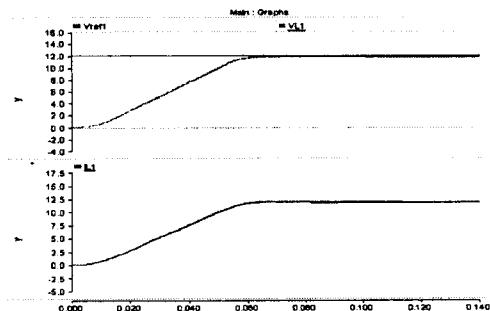


그림 9 승압동작의 출력전압과 전류파형

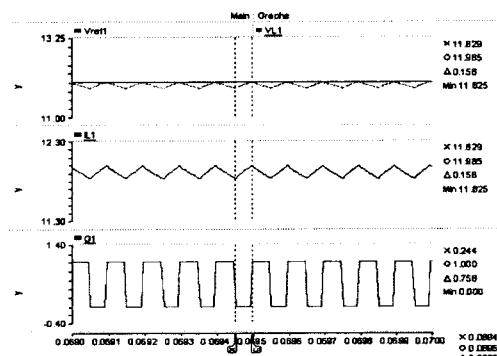


그림 10 승압동작에서의 리플성분과 PWM파형

3. 결 론

독립형 태양광발전 시스템의 다중부하요구에 따라 다중 출력이 가능한 컨버터를 제안하였다. 제안된 컨버터를 제어하기 위해 케환루프를 갖는 제어시스템을 설계하고, PSCAD tool을 사용하여 모의실험 하였다.

실험결과 28V입력에 대하여 인덕터를 통해 2차측에 출력으로 각각 5V, 12V의 안정적인 전압이 출력됨을 볼 수 있었다. 전류 리플은 강압동작에서는 0.02%, 승압동작에서는 0.1%로 안정적인 직류가 출력됨을 확인하였다.

향후 여러 가지 제어방법을 더 고려하고, 제안한 컨버터를 독립형 태양광발전시스템에 적용한 실증연구를 통하여 다중출력을 요하는 태양광 응용제품에 전원장치로서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

이 논문은 2005년 산업자원부 전력산업연구개발사업(R-2005-B-147-02)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

[참 고 문 헌]

- [1] 박효식, “디지털제어기법에 의한 강압형 승압형 PWM DC-DC 컨버터의 동시제어”, 박사학위논문, 2001
- [2] Dragan Maksimovic 외 3, “Modeling of Cross-Regulation in Converters Containing Coupled Inductors”, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL.15.NO4. P607-615, 2000
- [3] M.Veerachy, T.Senjuu and K.Uezeto, “Maximum power point tracking of coupled inductor interleaved boost converter supplied PV system”, IEE Proc. Power Appl., Vol.150. NO 1,2003
- [4] 홍순찬, 전희종, 백형래, 원충연, “PSpice를 활용한 전력전자공학”, 인터비전, pp. 334-351, 2002.
- [5] 이우희 외3, “LED 조명용 DC-DC 컨버터에 관한 연구”, 한국산학기술학회 추계학술논문집, p145~147, 2004
- [6] 정진범, “부스트 일력형 능동 클램프 DC-DC 컨버터의 제어 특성에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위청구논문, 2002.
- [7] 이경주 외4명, “가중치 전압 모드 제어를 적용한 PC전원용 다중출력 포워드 컨버터”, 전력전자학회 논문집, 제6권 제4호, p307~316, 2001