

플라이백 컨버터를 이용한 태양광 전력조절기의 연속도통모드 제어기 설계

신종현, 최병민, 서정원, 프래딧, 박종후
 숭실대학교

Controller Design for CCM Flyback Converter in a photovoltaic power conditioner

Jong Hyun Shin, Byung Min Choi, Jung Won Seo, Pradeep Ganesh Kumar, Joung Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 저가형 플라이백 컨버터를 이용한 태양광 전력조절기의 연속도통모드(CCM) 제어기 설계를 제안한다. PV 전압 제어기 설계를 위하여 소신호 분석을 통해 전달함수를 유도하고 보상기를 설계하여 전압루프를 안정하게 설계하였다. 설계 결과는 MATLAB과 PSIM 시뮬레이션 비교로 검증하였다. 최종적으로 최대전력 조절제어를 위한 최대전력추종제어기를 구현하여 하드웨어로 검증하였다.

계 파라미터를 표1에 나타내었다.

<표1>플라이백 컨버터 태양광 전력조절기의 주요 파라미터

PV 최대전력전압	28V	DC Link 전압 V_o	112V
PV 최대전력전류	1.85A	MOSFET	IRF530
PV 최대전력	52W	DIODE	UF4004
권선비 n	6	C	68uH
스위칭 주파수	20kHz	Lm	75uH

1. 서론

환경오염과 자원고갈의 문제로 최근 신재생에너지 기술이 각광을 받고 있다. 국내에서도 정부가 '신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성'을 국정과제로 선정하여 신재생에너지 사업을 차세대 신성장동력 산업으로 만들어가고 있는 실정이다. 이 중 태양전지는 환경오염문제와 자원고갈의 문제를 동시에 해결할 수 있는 방법으로서 위 기술의 핵심으로 조명받고 있다.

태양광 전력조절기의 태양전지는 출력특성이 자연조건에 영향을 받기 때문에 최대 전력점(Maximum Power Point) 제어 뿐만 아니라 부하에 안정된 전원을 공급하기 위한 제어도 필요하다. 따라서 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하여 디지털 제어를 하고, 이중 루프 제어를 적용하여 시스템을 더욱 안정화 할 수 있다.^[1]

본 논문에서는 저가형이면서 절연기능이 있는 플라이백 컨버터를 이용하여 전력단을 구성하고 DSP를 이용하여 디지털 제어를 한다. 입력단의 전류와 Solar Array 전압을 센싱하여 전력을 계산하고 내부적으로 PV전압을 제어하도록 구성하였다. 또한, 최대전력 조절제어를 위한 Perturbation & Observation(P&O) 알고리즘을 구현하였다. 이를 증명하기 위해 PSIM 소프트웨어를 통한 시뮬레이션을 이용해 제어기를 설계하고 이를 하드웨어로 검증하였다.

2. 태양광 전력조절기 연속도통모드 설계

2.1 Power Stage 설계

전력조절기의 토폴로지는 플라이백 컨버터를 사용한다. PV 전압은 30V, 출력전압을 120V로 한다. 스위칭 주파수는 20kHz, 변압기의 권선비는 1:6로 선정했다. 자화 인덕턴스 Lm값은 75uH로 설계하였다. DSP 제어기 구현을 위하여 Texas Instrument(TI)사의 TMS28335를 이용하였다. 기타 중요한 설

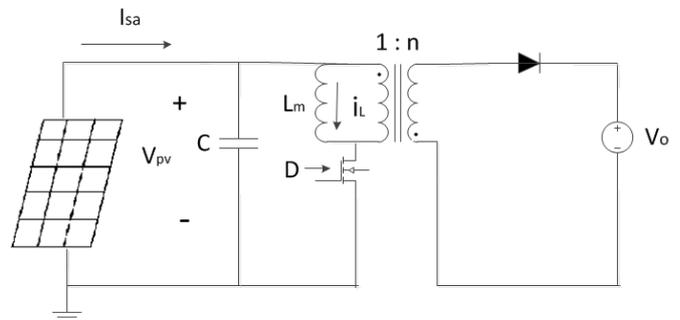


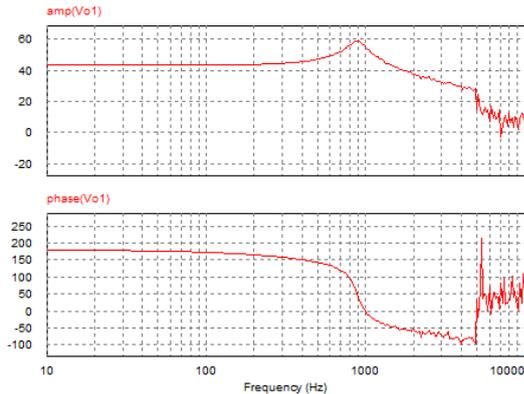
그림1. power stage 회로도

2.2 소신호 모델링

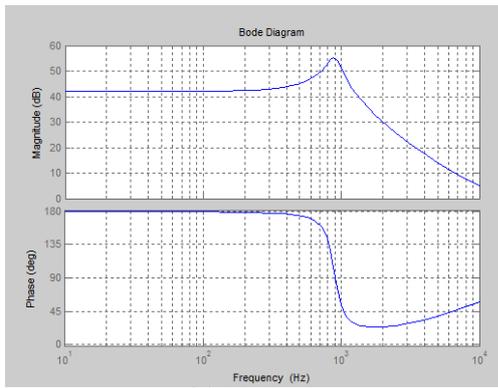
PV 전압 제어기를 설계하기 위하여 소신호 모델링을 통한 분석으로 전달함수를 구하였다. Control to Output의 전달함수는 다음과 같다.

$$\frac{\hat{v}_{pv}(s)}{\hat{d}(s)} = \frac{(-sL_m I_L - V_{pv} - \frac{V_o D}{n})}{s^2 L_m C + s \frac{L_m}{R_s} + D^2} \quad (1)$$

각 파라미터는 그림1에 나와있고, Rs는 태양전지의 내부등가저항을 의미한다. 위 전달함수를 MATLAB에 입력하고 PSIM에서의 AC Sweep을 통해 그 파형을 비교한 결과 동일한 것을 알 수 있다. 즉, 유도된 식(1)이 일치함을 알 수 있다.



(a) PSIM



(b) MATLAB

그림 2. 전달함수의 주파수 특성 곡선 비교

2.3 보상기 설계

보상기는 가장 일반적으로 사용되는 PI제어기를 사용하였으며 먼저 s domain에서 설계한뒤 z domain으로 변환하였다.

$$H(s) = -5.864 \times \left(\frac{1 + 0.00015s}{s} \right) \quad (2)$$

이를 디지털 신호 영역으로 변환하면 아래와 같다.

$$H(z) = \frac{-0.0008796z + 0.0007623}{z - 1} \quad (3)$$

그림 3에 위 제어기 전달식을 적용한 전체 루프 이득을 나타내었다.

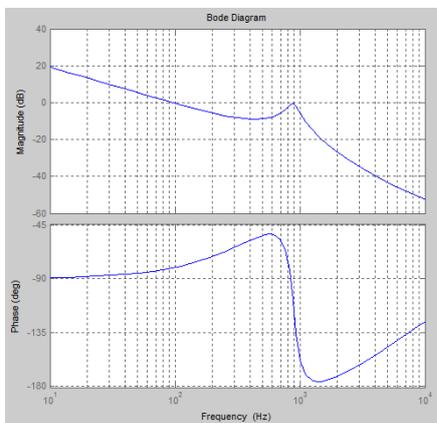


그림3 Total Loop Gain

3. 실험결과

아래의 그림은 실제 제작한 하드웨어 회로를 나타낸다.

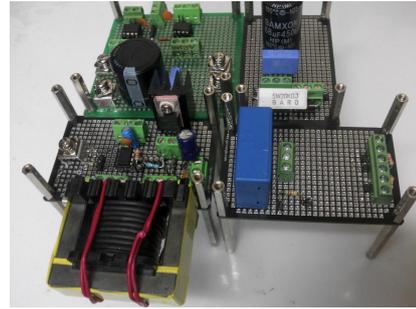


그림 4. 하드웨어 회로

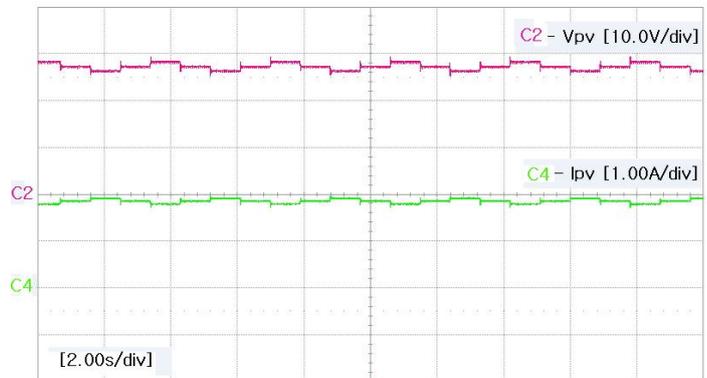


그림 5. 실험결과 파형

위 그림은 실제 하드웨어에서 PV전압이 MPP(Maximum Power Point)지점을 추종하는 파형이다. Vpv의 최대전력전압을 28V로 설정하고, P&O알고리즘의 Step을 1V로 설정한 결과 28V 부근에서 동작함으로써 최대전력지점으로 안정하게 추종함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 플라이백 컨버터를 이용한 태양광 전력조절기의 연속도통모드 제어기 설계를 제안하였다. PV전압, 전류를 센싱한 값을 DSP에 입력하고 이를 이용하여 발전전력 및 PV 전압제어를 구현하였다. 소신호 모델링 및 디지털 변환으로 전달식을 유도하였으며 이를 통해 디지털 보상기를 설계하였다. 설계된 플라이백 전력조절기를 하드웨어로 구현하였으며, 최대전력추종 동작이 성공적으로 추종됨을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 정안열, “모듈 통합형 태양광 전력조절기의 DC Link 리플 저감을 위한 PWM 제어 기법 및 성능 분석”, 숭실대학교 석사학위논문, pp.1 2, 2010.12
- [2] 정승환 외 5인, “태양광 발전시스템에서의 벡 컨버터 소신호 모델링과 제어기 설계”, 광운대학교, 전력전자학회 2012년도 전력전자학술대회 논문집, pp. 530 531, 2012. 7