

SenseFET 적용을 통한 전류센서 없는 최대전력 추종 제어 구현

최병민, 프래딕 가니쉬 쿠마, 응웬 탄 탕, 아쉬라프 아메드 마흐모드, 박종후
송실대학교

Maximum Power Point Tracking control using senseFET for of PV flyback power conditioner

Byung Min Choi, Pradeep Ganesh Kumar, Nguyen Thanh That, Ashraf Ahmed Mahmoud,
Joung Hu Park
Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 플라이백 컨버터 전력조절기의 스위칭전류 센싱을 통한 최대전력 추종 제어 구현을 제안한다. 여분의 전류 센서를 사용하지 않고 연속도통모드(CCM)에서 PV전류를 추정하기 위하여 전류 센싱이 가능한 SenseFET 스위치를 사용한다. 최대전력추종제어를 하기 위해 태양광 패널의 전류 정보가 필요하며 이 값은 플라이백 전력조절기에서 스위칭 전류의 평균값과 같다. 따라서 본 논문에서는, SenseFET을 이용한 전류 측정방법을 이용하여 하드웨어를 구현하고 제안한 방식을 검증하였다.

1. 서 론

21세기 글로벌 에너지환경은 석유 자원의 고갈 및 고유가, 거대 개발도상국의 에너지 수요 폭발 등 근본적이고 막대한 영향을 미치고 있다. 전 세계적으로 에너지 산업은 온실가스 감축, 경제성장 견인, 일자리 창출의 핵심 산업으로 부상하였으며 국내에서도 신재생에너지 사업을 차세대 신 성장동력 산업으로 만들어 가고 있는 실정이다. 이 중 태양광 발전은 환경오염문제와 자원고갈의 문제를 동시에 해결할 수 있는 방법으로서 주목 받고 있다.

국내에서도 태양광 발전 시스템에서의 전력조절기가 많이 개발되고 있고 효율과 동특성, 제어기의 안정성 등의 전력조절기를 평가하는 기준은 결국 가격으로 결정되어지며, 제안하는 전류센싱 방법을 통하여 여분의 전류센서를 포함하지 않는 저가형 전력조절기를 구현하였다.

본 논문에서는 궁극적으로 여분의 전류센서를 사용하지 않기 위하여 주 스위치의 MOSFET에 전류센서가 내장된 SenseFET을 사용하여 전류를 측정하고 태양광 패널의 전압 제어를 통하여 최대전력추종제어를 디지털로 구현하도록 한다. 최대전력모드는 P&O(Perturb and Observe) 기법을 이용하여 전압의 변화에 따른 빠른 응답 특성을 이용하였고 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하여 제어하도록 구현하였다.

2. 모델링

2.1 태양광 발전 시스템 모델링

태양광 발전 시스템의 회로 구성은 그림 1과 같다. SenseFET을 사용하여 스위칭 전류를 측정하고 V_{PV} 를 레퍼런스로 하여 디지털로 구현된 PI 제어기를 통해 출력되는 듀티를 제어하여 최대 전력모드로 태양광 발전을 조절할 수 있다.

전력조절기의 토폴로지는 플라이백 컨버터를 사용한다. 연속도통모드로 동작하기 위해 자화인덕턴스는 $166.6\mu\text{H}$, 스위칭 주파수는 20kHz , solar array의 등가저항(R_{sa})은 25.7Ω 을 이다. 디지털 제어를 위해 Texas Instrument(TI)사의 TMS320F28335를 이용하였다. 실험을 위한 태양광 패널의 최대전력전압은 29V 로 설계하였고 이 때 전류는 1.25A 가 흐르게 된다. 기타 주요 파라미터를 표 1에 나타내었다.

표 1 플라이백 컨버터 태양광 발전 시스템의 주요 파라미터

최대전력PV전압	0~29V	V_{DC}	116V
최대전력PV전류	0~1.25A	MOSFET	BUK7109 AIE
PV 최대전력	37.5W	DIODE	UF4004
권선비	1:6	커패시턴스	100 μF
등가저항 R_{sa}	25.7 Ω	자화인덕턴스	166 μH
스위칭 주파수	20kHz	MCU	TMS320F28335

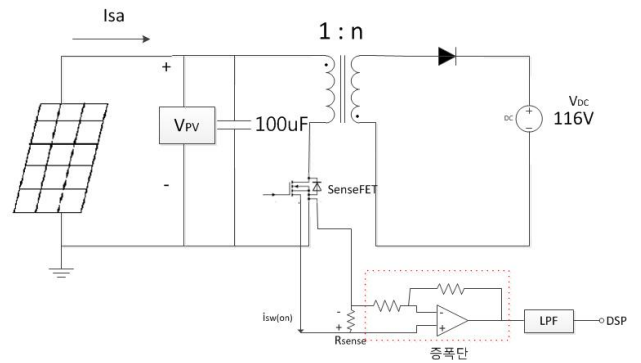


그림 1 SenseFET을 적용한 플라이백 컨버터 전력조절기

2.2 SenseFET을 이용한 최대전력 추종원리

전류를 측정하는 방법 으로 시스템에 직접 저항을 접촉하는 shunt 저항 측정법 및 비접촉식인 변압기 원리를 이용한 CT(Current Transformer) 측정법, Hall effect를 이용한 Hall IC 측정법, 자기저항효과를 이용한 MR(Magneto Resistive)센

서 측정법이 있다. Shunt 저항 측정법은 저항에 전류를 흐르게 함으로써 스위치 전류를 측정하며 이와 같은 원리로 SenseFET을 이용하여 전류측정이 가능하다. NXP사(NXP Semiconductors)의 BUK71(75)09 XXAIE계열의 MOSFET은 내부에 Rmf(mainFET on state resistance)와 Rsf(SenseFET on state resistance)의 두 개의 저항을 포함하고 있다. Mosfet에 포함된 Rmf 저항값에 비해 Rsf 저항값의 크기가 매우 큰 점을 이용하여 작은 값의 드레인 전류(I_D)를 센싱 저항에 흐르게 하여 센싱 저항에 전압을 형성한 후 op amp를 통해 증폭한다. 처음 측정된 드레인 전류는 많은 노이즈를 포함하고 있어 노이즈 제거를 위한 커패시터의 연결이 필요하며 그림 2와 같은 파형을 보여준다.

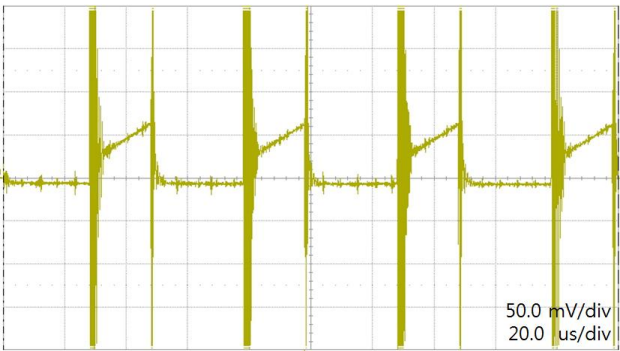


그림 2 센싱된 I_D 의 증폭하기 전 스위치 온타임 전류 파형

op amp를 통해 증폭된 전류는 이득 대역폭(gain bandwidth product)의 한계에 의해서 그림 3에 나타나 마치 스위치 오프타임에 MOSFET에 전류가 흐르는 것처럼 보인다. 아직 저역통과필터(LPF)가 충분하지 않으므로 그림 1에서처럼 여분의 LPF를 사용한다. TMS320F28335 모듈을 이용한 디지털 제어방법을 통해 스위치 온타임의 절반에서의 전류값을 센싱하며 이것은 스위치전류의 평균값과 같다. 이 증폭된 전압은 그림 3와 같이 스위치 온타임 전류($I_{SW(on)}$)와 같은 기울기를 형성하게 된다.

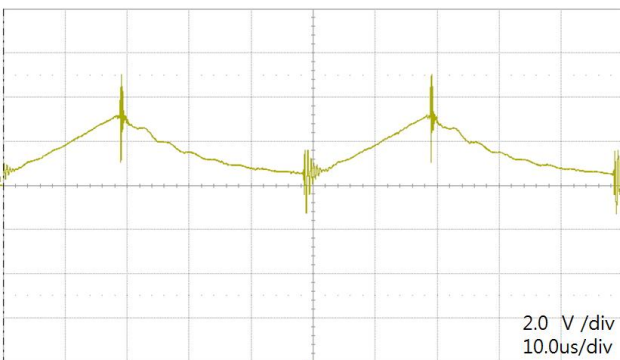


그림 3 센싱 된 I_D 의 증폭된 스위치 온타임 전류($I_{SW(on)}$) 파형

이후 PI 제어기의 디지털 제어를 통하여 전압을 제어하고 P&O기법을 통하여 MPPT를 수행하면 V_{ref} 를 추종하게 되고 각 V_{ref} 에 맞는 $I_{SW(on)}$ 가 발생하여 이를 센싱하게 된다. Op amp를 통해 증폭된 이후에도 스위치 온타임의 평균전류를 얻기 위해 저역통과필터를 추가로 구성하면 그림 4와 같은 파

형을 얻을 수 있다.

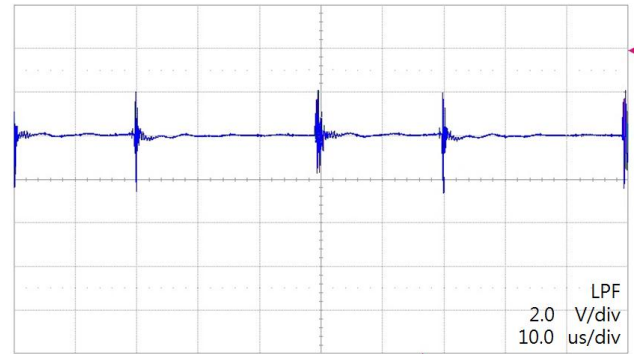


그림 4 저역통과필터를 통과한 스위치 온타임 전류($I_{SW(on)}$) 파형

4. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 shunt 저항 측정방법처럼 SenseFET 내부에 저항을 이용하여 전류를 센싱하여 후 DSP를 이용하여 디지털 제어를 통해 MPPT레퍼런스를 단계별로 29V, 25V 20V로 적용했을 때에서의 MPP 추종능력에 대해서 진행하였다. 그 결과 0.5V의 스텝변화를 통해 최대전력에 해당하는 MPPT를 P&O기법을 통하여 추종하는 것을 볼 수 있다.

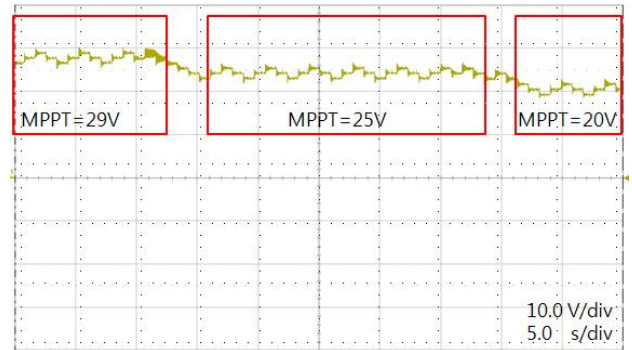


그림 6 최대전력추종 제어 파형

5. 결론

본 논문에서는 태양광 전력조절기 시스템에서 전력조절기의 스위치전류 센싱을 통한 최대전력추종 제어 구현을 제시하였다. SenseFET를 사용하여 스위치전류 센싱과 디지털 제어를 이용한 PV전압 제어를 통해 최대전력 추종 제어구현을 보여주었으며 전체 시스템을 간소하게 나타내었다. 그 결과 동일한 회로에서 홀센서를 사용한 전류 센싱 보다 간단하게 저가형 태양광 전력조절기 시스템을 구현하였다.

참고 문헌

[1] 이화석, 다니엘, 박종후, “바이패스 스위치와 저항센서를 이용한 저손실 전류 측정방법”, 전력전자학회, 전력전자학회 논문지, Vol. 17, No. 5, pp. 416-422.
 [2] 김석희, 이화석, 다니엘, 박종후, “바이패스 스위치와 저항 센서를 이용한 피크 전류 모드 컨버터 저손실 전류 측정방법”, 대한전기학회, 2012년도 춘계학술대회 논문집.