

바이패스 스위치와 저항을 이용한 고효율 전류측정 방법

이화석, 다니엘 티나 타아란, 박종후
숭실대학교

High efficiency current measurement using resistor and bypass switch

Hwa Seok Lee, I. Daniel Thena Thayalan, Jung Hu. Park
SoongSil University

ABSTRACT

기존의 저항 전류측정 방법의 경우 샘플링이 되지 않는 시간에도 전류가 센서 저항에 흐르게 되어 전력낭비가 있었다. 본 논문에서는 센서저항에 병렬로 바이패스 MOSFET를 달아 줌으로써 샘플링이 되는 시간에서는 MOSFET off동작을 통해 저항에 전류를 흐르게 하여 전류를 측정하고 샘플링이 되지 않는 시간에서는 MOSFET on동작을 통해 전류가 센서저항에 흐르지 않게 하여 전력낭비를 막고, 센서저항이 감당하는 정격전력도 낮추는 이점이 있는 저항 전류 측정방법을 제안하고자 한다.

1. 서 론

태양광 발전 시스템의 경우 주변 조건에 의해 발전되는 전력량이 다르며, 특히 최대전력점으로 운용되기 위해서는 전압값과 더불어 전류값을 센싱하는 작업이 필요하다. 전류를 측정하는 방법에는 Hall 센서 측정 방법, 센싱기능을 내장한 MOSFET사용 측정 방법, 무손실 측정 방법, 변압기 측정 방법, 저항 측정 방법이 있다. Hall 센서 측정 방법의 경우 가장 정확한 방법이지만 하나 가격이 비싸다는 점과 추가 전압원이 필요하게 되는 단점이 있다. 센싱기능을 내장한 MOSFET사용 측정 방법의 경우 온도에 의해 센싱값의 편차가 발생하는 단점이 있다. 무손실 측정방법의 경우 인덕터 기생저항에 의존하여 측정하는 방법으로 저항값 오차 및 온도에 의한 가변오차가 발생하는 단점이 있다. 변압기 측정 방법의 경우 변압기의 누설 인덕턴스에 의한 노이즈가 발생하며 가격이 비싸며 부피가 커진다는 단점이 있다. 저항측정 방법은 저항에 흐르는 전류에 의한 전압값 측정방법으로 저항손실이 발생하는 단점이 있다.^[1]

본 논문에서 제안하는 고효율 저항 센서 방법은 턴 온 저항이 작은 MOSFET을 전류 감지 저항에 병렬로 달아 샘플링이 되는 짧은 시간동안만 전류를 전류 감지 저항에 흐르게 하여 전류 데이터를 얻는 방법으로, 전류데이터를 얻고 난 후 바로 전류 감지 저항의 전류를 차단하여 전력손실 발생을 막을 수 있는 특징이 있다. 또한 전력전자 분야에서의 주요 관심사인 전압-전류 스트레스, 전력 손실, 열 발생 이 4가지 요소는 저항에 흐르는 전류의 양과 높은 전류가 흐르는 시간과 관련이 있다는 점에서 제안하는 전류저항센서는 전압-전류 스트레스, 전력 손실, 열 발생을 최소화 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 제안하는 전류 센싱 방법의 동작 원

리를 기존의 저항 전류 센싱 방법과 비교하며 설명하였다. 또한 DSP(TMS320F28335)를 이용하여 18kHz의 주파수 영역에서 P&O(Perturbation & Observation)방식을 적용하여 기존의 저항전류 측정 방법과 제안하는 전류 측정 방법으로 태양광 MPPT(Maximum Power Point Tracking)실험을 통해 전력 손실량을 비교 확인하였다.

2. 동작원리

그림 1은 기존의 전류측정 방법에서의 전류측정 전압파형이다. 일반적으로 DSP로 전류 정보를 받아오는 경우에 평균 전류값을 얻기 위하여 바이패스 스위치 턴 온 시간의 가운데 시점에서 원하는 전류값을 샘플링하게 된다. 그러나 기존의 전류 측정 방법을 사용하게 되면 저항 양단에 전류 샘플링과는 상관 없이 계속 전류 측정 전압이 형성되고, 이로 말미암아 손실이 발생하게 된다.

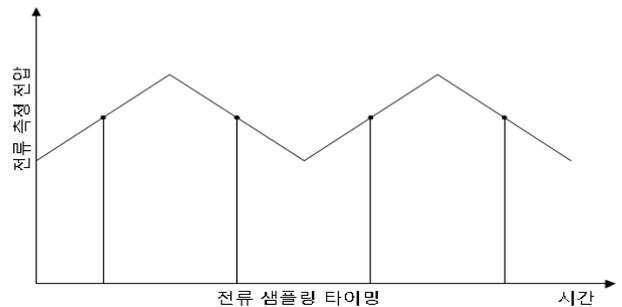


그림 1 기존의 저항 전류 측정 방법
Fig. 1 Current Sensing using resistor

그래서 이를 해결하기 위해서 새로운 전류 측정 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 전류 샘플링을 하지 않는 시간에서는 바이패스 스위치를 닫아 전류를 바이패스시킴으로써 전류 감지 저항 양단에 전압이 걸리지 않게 하여 전력낭비를 막고 전류 샘플링을 하는 시간에서만 바이패스 스위치를 열어 전류 감지 저항 양단에 전압이 걸리게 하여 전류를 측정하는 방법이다.

이 새로운 전류 측정 방법의 전류측정 전압파형은 그림 2와 같으며 전류 샘플링 근처에만 전류 측정 전압이 걸리고, 그 외 시간에는 전류 측정 전압이 걸리지 않게 되어 기존의 저항 전류 측정 방법에 비해 전력낭비가 감소된다.

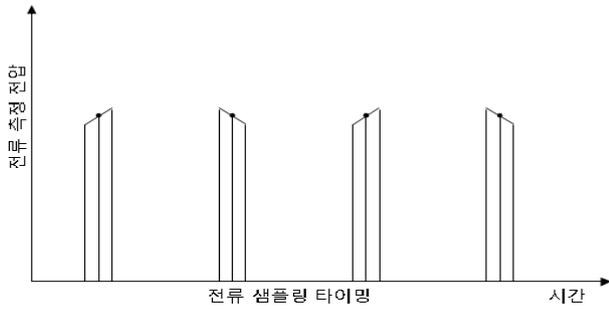


그림 2 바이패스 스위치를 이용한 새로운 전류 측정 방법
Fig. 2 new current sensing method using bypass switch

3. 실험결과

본 연구에서는 기존의 저항 전류 센싱과 고효율 저항 전류 센싱 방법으로 태양광 MPPT 실험을 통해 전력손실이 얼마나 감소하는지 확인하였다. 실험에 사용한 소자값은 표 1과 같으며 MPPT 태양광시스템은 그림 3과 같다.

표 1 시스템 소자값
table. 1 system parameter

| | | |
|-----------------|----|--------------|
| Microcontroller | | TMS320F28335 |
| PV 시스템 | Vs | 60 V |
| | Rs | 27 Ω |
| DC-Link 전압 | | 60 V |
| 바이패스 스위치 | | IRF 540 |
| 커패시터, C | | 2200 μF |
| 인덕터, L | | 650 μH |
| 최대 PV 출력 전력 | | 50 W |
| 스위치 주파수 | | 18kHz |
| 커패시터&인덕터의 ESR | | 0.1 Ω |

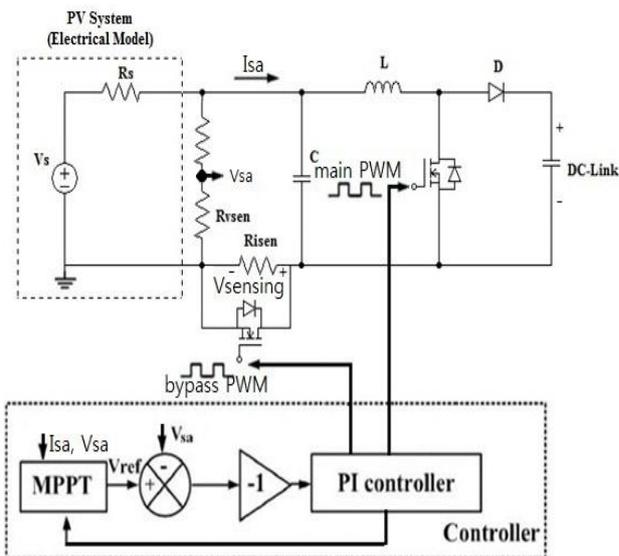


그림 3 바이패스 전류 센싱을 적용한 최대전력추종 태양광 시스템
Fig. 3 Photovoltaic System with the High efficiency bypass current sensing

그림 4는 바이패스 전류센싱을 적용한 주요 동작 파형으로 C1은 Vsensing 전압을 나타내며 C2는 바이패스 스위치 PWM 신호를 나타내며 C3은 주 스위치 PWM 신호를 나타낸다.

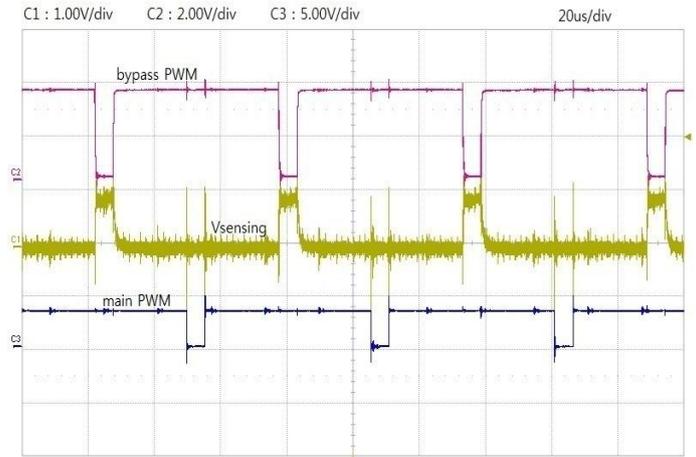


그림 4 제안한 전류 센싱 주요 동작 파형
Fig. 4 Key waveform of the proposed current sensing

표 2는 기존의 저항 전류 센싱 방법과 고효율 저항 전류 센싱 방법을 이용한 MPPT 실험으로 0.5[Ω]과 1[Ω]인 Risen에 대한 실험 결과이다.

표 2 MPPT 실험 결과
table. 2 Experimental Results of MPPT

| Scheme | | PV 출력전력 |
|-----------------|---------------|----------|
| 전류 센서를 이용한 MPPT | | ≤ 50 W |
| 기존의 저항 전류 센싱 | Risen = 0.5 Ω | ≤ 49.2 W |
| | Risen = 1 Ω | ≤ 48.3 W |
| 고효율 저항 전류 센싱 | Risen = 0.5 Ω | ≤ 49.6 W |
| | Risen = 1 Ω | ≤ 49.4 W |

표 2을 보면 제안한 고효율 전류 측정 방식의 전력 소비량이 기존의 저항 전류 측정 방식의 전력 소비량에 비해 약 50% 정도로 감소됨을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 저항 전류 센서 방식과는 다른 이산 시간 전류 샘플링을 이용한 고효율 전류 측정 방법을 제안하였고, 기존의 저항 전류 센서 방식과의 차이를 살펴보았다. 60[W]급 하드웨어를 구성하여 제안한 고효율 전류 측정 방법과 기존에 저항 전류 센서 방법으로 MPPT실험을 하여 각각의 출력 전력을 비교하여 전력소비량이 감소함을 확인하였다.

참고 문헌

[1] Bob Mammano, "Current Sensing Solutions for Power Supply Designers," 2001 Texas Instruments Incorporated document.