

저전력 IoT 센서 구동을 위한 태양광 에너지 하베스팅을 위한

IV Curve 전력 계산회로

임윤찬[○], 오대균^{**}, 김용신^{*}

고려대학교, 전기전자공학과[○]

고려대학교, 전기전자공학과^{*}

한국에너지기술연구원^{**}

e-mail: jkp0333@korea.ac.kr[○], shonkim@korea.ac.kr^{*}

IV Curve Power Calculating Circuit for PV Energy Harvesting for Low Power IoT Sensor Operation

Yun Chan Im[○], Dae-Gyun Oh^{**}, Yong Sin Kim^{*}

The School of Electrical Engineering, Korea University[○]

The School of Electrical Engineering, Korea University^{*}

KIER (Korea Institute of Energy Research)^{**}

● 요약 ●

일반적인 FOCV MPPT는 VOC와 VMPP와의 관계인 α 를 외부에서 지정해준다. 하지만 외부환경 (조도나 온도)에 따라서 태양전지의 α 값이 변화할 가능성이 있다. 본 논문에서는 저전력 IoT 센서의 구동을 위한 태양열 에너지 하베스팅을 위해 IV Curve를 이용한 태양전지 전력 계산회로를 제안한다. IV Curve를 이용한 태양전지 전력을 직접 계산하여 FOCV MPPT를 개선함으로써 보다 높은 효율의 MPPT가 가능하고 외부환경의 변화에도 충분히 Maximum Power Point Tracking이 가능해지게 된다.

키워드: IoT, 태양전지(PV Cell), MPPT, 에너지 하베스팅 (Energy Harvesting)

I. Introduction

웨어러블 신체 센서, 건물에서의 온도와 습도 같은 상태의 상시측정 등 Internet-of-Things가 적용되는 범위가 늘어남에 따라 자동적으로 IoT에 이용되는 IoT 센서에 대한 주목도도 올라가고 있다. 이 때 상시 측정해야하는 IoT 센서에 경우 최대한 저전력으로 구동하는 것이 유리하다. 이럴 때 외부 전력없이 태양광, 진동같이 주위 환경의 자잘한 에너지를 모아 자가 전력을 생산하는 것을 Energy Harvesting (에너지 하베스팅) 이라고 한다. [1] 이 중 태양광 에너지 하베스팅은 가장 오래된 에너지 하베스팅 방법 중 하나이다. 이 때 사용되는 태양전지는 부하의 종류에 따라서 배출하는 전압과 전류가 달라지고 그에 따라 태양전지가 내는 전력도 달라지게 된다. 그래서 최대전력을 내는 전압을 찾는 것을 MPPT (Maximum Power Point Tracking)이라고 한다. 본 논문에선 IV Curve Tracing을 통해 MPPT의 Timing과 그 때의 전압 (V_{MPP})을 구하는 방법을 제안한다.

II. Preliminaries

1. FOCV MPPT

여러 다양한 MPPT의 방법 중, FOCV (Fractional Open Circuit Voltage) MPPT는 가장 전력을 적게 소모하며 설계 복잡도가 낮아 저전력 IoT Sensor에 널리 이용된다. FOCV 방법에선 Open Circuit

Voltage인 V_{OC} 와 V_{MPP} 간에는 Linear한 관계가 있다는 것을 이용한다. [2]

$$V_{OC} = \alpha \times V_{MPP} \quad \dots (1)$$

본 문에서는 V_{OC} 와 V_{MPP} 간의 관계인 Voltage Factor α 를 태양전지의 전압과 전류를 Sweep하는 방식으로 구한다.

III. The Proposed Scheme

제안된 시스템의 블록 다이어그램은 다음 그림 1과 같다.

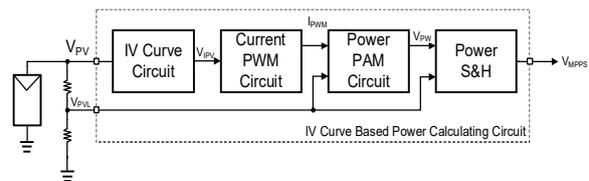


Fig. 1. Block diagram of proposed system

기존의 FOCV MPPT의 방식은 α 값을 외부에서 정한 뒤 V_{MPP} 를 Capacitor에 저장한 후, DC/DC Converter에 V_{REF} 로 전달하였

다. 하지만 태양전지는 외부 환경 (조도, 온도 등)에 따라서 성질이 변화하여 α 가 변화하여 V_{MPP} 도 달라지는데 기존 방식은 이러한 변화를 수용하기 힘들다는 문제점이 있었다. 제안된 시스템은 PV Cell의 IV Curve를 이용하여 Power를 계산하는 IV Curve Based Power Calculating Circuit를 구현하였다. 먼저 IV Curve Circuit에서 PV Cell의 IV Curve를 구한 후 Current 값을 전압으로 변환한 값을 V_{IPV} 로 출력한다. 그 후 Current PWM Circuit에서 V_{IPV} 의 Amplitude를 Digital Pulse Width로 변환한다. 그렇게 되면 Current 값이 클수록 Pulse Width가 증가하게 된다. 그 후 Power PAM Circuit에서 V_{IPV} 와 PV Cell의 Voltage인 V_{PV} 를 $\frac{1}{5}$ 한 V_{PVL} 을 받아서 Power를 계산한다. Power를 나타내는 V_{PW} 를 Power Sample & Hold Circuit에서 받아서 Peak점을 Detecting하여 저장하는 방식으로 Maximum Power를 찾는다. 이 때 V_{PVL} 또한 Sample & Hold를 하는데 이 Timing을 V_{PW} 의 Peak를 저장하는 Timing과 동기화 시켜서 MPP Voltage를 찾아낸다. MPP Voltage의 출력값인 V_{MPPS} 는 V_{PVL} 을 Sample & Hold한 것이므로 실제 V_{MPPPT} 의 $\frac{1}{5}$ 값이다. 이 시스템을 주기적으로 구동시킴에 따라서 외부 환경에 따른 태양전지 성질의 변화에도 높은 효율의 MPPT가 가능하다.

IV. Simulation Results

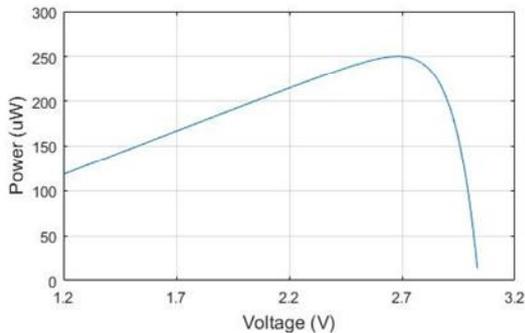


Fig. 2. Power Calculator Circuit에서 구한 IV Curve

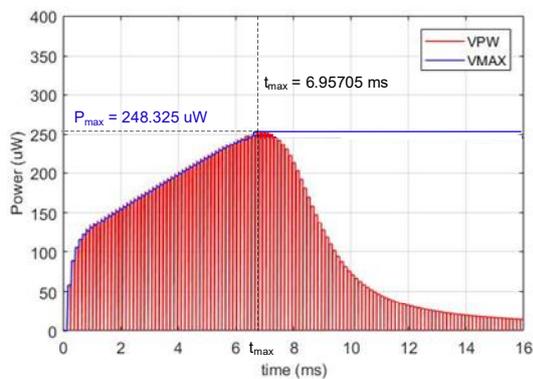


Fig. 3. Power Calculator Circuit 전체에서의 Maximum Power Tracking Simulation 결과

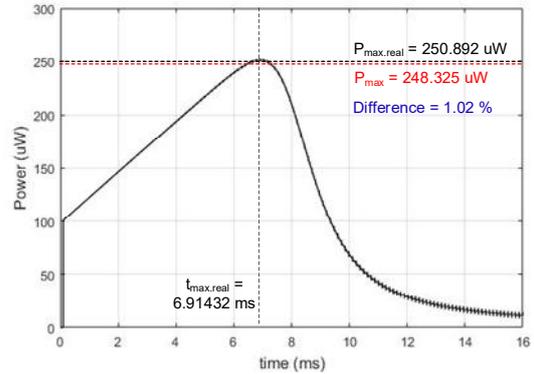


Fig. 4. 실제 Maximum Power와 전력계산회로에서 나온 Maximum Power 비교

$V_{OC} = 3.08 V$, $V_{MPP} = 2.68 V$, $\alpha = 87\%$ 인 태양전지를 모델링하여 시뮬레이션 해보았다. Fig. 2는 Power Calculating Circuit에서 구한 IV Curve를 뽑은 그림이다. Fig. 3은 이 IV Curve를 이용한 Maximum Power Tracking Simulation 결과이다. Maximum Power를 가지는 t_{max} 는 6.95705 ms이고 이 때의 Maximum Power인 P_{max} 는 248.325 uW이다. Fig. 4는 실제 PV Cell의 Power를 구하여 실제 Maximum Power ($P_{max.real}$)과 전력 계산 회로에서 구한 Maximum Power인 P_{max} 간 Timing 차이와 Power의 차이이다. 실제 파워인 $P_{max.real}$ 는 250.892 uW이고 P_{max} 는 248.325 uW로 약 1.02%의 오차를 보여 상당한 정확성을 가짐을 알 수 있다.

V. Conclusion

본 논문에서는 기존의 FOCV MPPT를 개선하는 시스템을 제안하였다. IV Curve를 구하여 직접 Power를 계산함으로써 좀 더 높은 효율의 MPPT를 내어 외부환경 변화에 따른 태양전지 성질의 변화를 따라갈 수 있다.

REFERENCES

- [1] K. Rawy, F. Kalathiparambil, D. Maurath and T.H. Kim, "A Self-Adaptive Time-Based MPPT With 96.2% Tracking Efficiency and a Wide Tracking Range of 10uA to 1mA for IoT Applications" IEEE Trans. Circuits and Systems-I: Regular Papers, Vol. 64, no. 9, pp. 2334-2345, September 2017
- [2] Mohamed A. Enany, Mohamed A. Farahat and Ahmed Nasr, "Modeling and Evaluation of Main Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews 58, p. 1578-1586, February 2016.