

PV-SPE 시스템을 위한 새로운 MPPT 제어의 운전특성 분석에 관한 연구

최 종호¹⁾, 이 동한, 김 중현, 김 재호, 박 민원²⁾, 유 인근³⁾

Analysis on Operational Characteristics of PV-SPE System by a Novel MPPT Control

Jong-ho Choi, Donghan Lee, Jonghyun Kim, Jae-Ho Kim, Minwon Park, In-Keun Yu

Key words : Photovoltaic(태양광), SPE(고체 고분자 수전해), PV-SPE(수소제조용태양광발전시스템), MPPT(최대 전력점 추종), Hydrogen(수소), MIC(최대입력전류)

Abstract : In the newly developed control method, the current flowing into SPE cell is the only one considerable factor. So, the structure of control circuit becomes simple and the manufacturing cost of the control device decreases. In conventional power comparison MPPT control method, however, a voltage and current coming out from PV cell should be feedbacked to chase maximum power point at every moment. Then, the structure of control circuit becomes so complex and the risk of control failure is much higher than the novel MPPT control method.

Therefore, PV generation system by a novel MPPT control method is especially operated much more safely in case of a huge system, because the voltage coming out from PV-cell is not needed to be feedbacked.

In this paper, the PV-SPE system was actually manufactured based on the simulation model of PSCAD/EMTDC program and the results tested were shown. Authors are sure that it is the most useful method to maximize power from PV to SPE with only a feedback of SPE input current.

subscrip

MPPT : maximum power point tracking

PV : photovoltaic

SPE : solid polymer electrolyte

MIC : maximum input current

1. 서 론

본 연구의 기본적인 배경이 되는 태양광 발전 시스템과 SPE를 이용한 수소제조시스템(이하 PV-SPE시스템)은 태양광 발전시스템을 이용하여 저장과 수송이 용이하고 총발전 손실이 적으며, 깨끗한 무공해 에너지, 무한계성의 에너지원, 그리고 환경친화적인 에너지인 수소에너지를 생산하는 메커니즘이다. 이 시스템의 핵심 기술은 태양광 출력의 최대점을 추종함으로써 동시에 고체 고분자 수전해(SPE) 시스템으로 유입되는 전류를

최대화하여 수소제조의 효율성을 증대하는데 있다. 최근 차세대 에너지원으로 각광받고 있는 수소에너지는 연료전지를 이용한 전기자동차의 보급과 가정용 연료전지 등의 확충으로 인해 급격한 수요증가세를 보일 것으로 예상된다. 이에 필자는 PV-SPE 시스템을 위한 높은 안정성과 효율성 및 경제성을 바탕으로 한 새로운 MPPT 제어법을 제안하였고 이에 대한 실험결과를 기존의 MPPT 제어법과 비교분석하여 나타내었다. [1-4]

1) 창원대학교

E-mail : kimmin0719@changwon.ac.kr

Tel : (055)281-3150 Fax : (055)281-3150

2) 창원대학교

E-mail : paku@changwon.ac.kr

Tel : (055)281-3150 Fax : (055)279-7519

3) 창원대학교

E-mail : yuik@changwon.ac.kr

Tel : (055)281-3150 Fax : (055)279-7512

2. 최대입력전류제어법

태양광 발전시스템은 전압과 전류가 반비례하는 V-I 특성그래프를 가지며 항상 최적의 출력을 내기 위해 DC/DC 컨버터를 이용한 PWM 제어가 필수적이다. 이와 관련하여 다양한 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 제어법들이 개발되어 왔고 관련연구가 진행 중에 있다.

2.1 기존의 MPPT 제어법

기존의 MPPT 제어법 중 크게 전력비교법과 일정전압제어를 이용한 방식으로 나눌 수 있다. 첫째, 전력비교법은 태양광 셀의 출력전압과 전류를 모두 피드백 받아 전력의 최대점을 추종하여 항상 최대의 출력을 추종하는 방식이다. 그러나 이 제어법은 제어 알고리즘이 복잡하고 이로 인한 추종제어의 실패의 위험이 크다. 반면, 일정전압제어는 태양광 셀의 출력전압만을 피드백 받음으로써 제어 알고리즘을 단순화하여 추종제어실패의 위험성을 최소화하였고 제어의 안정성을 극대화 하였다. 그러나 태양광 셀의 출력전압이 고정되어 있어 항상 최적의 출력을 내지 못하는 결점이 있다. [5] 이처럼, 기존의 MPPT 제어법은 각각 제어법에 대한 특정한 결점을 가지고 있는 것이 사실이다. 이에 필자는 예측할 수 없는 기상조건하에서 항상 최대 출력을 유지하면서 단지 하나의 피드백요소만을 고려하여 추종제어의 안정성 또한 갖춘 새로운 MPPT 제어법을 제안하게 되었다.

2.2 제안된 최대입력전류제어법

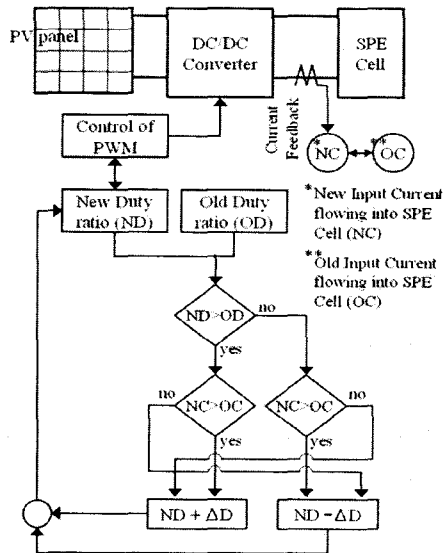


Fig. 1 The algorithm of MIC control method

Figure 1은 제안된 최대입력전류제어법 (Maximum Input Current Control Method)의 알고리즘을 나타낸 것이다. DC/DC 컨버터의 입력으로 유입되는 전력이 최대가 되면 출력되는 전력 역시 최대가 되는 기본적인 물리적 원리를 이용하

여 새로운 MPPT 제어법을 제안하였다. 그에 대한 자세한 원리 및 방법은 Table 1과 Fig. 2에 나타나 있다.

Table 1 A conceptual explanation of MIC control method

Track	Duty ratio	I	Δ Duty
1($V_0 \rightarrow V_1$)	-	+	-
2($V_1 \rightarrow V_2$)	-	-	+
3($V_2 \rightarrow V_3$)	+	+	+
4($V_3 \rightarrow V_1$)	+	-	-

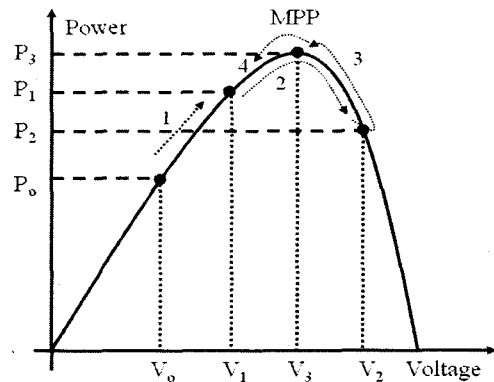


Fig. 2 The explanation of MIC control by using P-V characteristic curve

과정1에서 만약 Duty ratio가 감소하면 전류 I는 증가하고 Δ Duty의 부호는 음(-)이 된다. 이는 과정2에서의 Duty ratio가 감소하는 것을 의미한다. 과정2에서 Duty ratio가 감소하면 전류 I가 감소하게 되고 Δ Duty의 부호는 양(+)이 된다. 그러면, 과정3의 Duty ratio는 증가하게 되고 과정3에서 Duty ratio가 증가하면 전류도 증가하며 Δ Duty의 부호는 양(+)이 된다. 결국, 과정4의 Duty ratio는 증가하게 된다. 이와 같은 제어과정을 Table 1과 Fig. 2에 나타내었고 이 4가지의 과정을 반복하게 된다. 그러면 항상 최대전력점 위에서 동작하게 된다. 즉, 부하전류 하나만 피드백 받음으로써 태양광 셀의 출력을 제어할 수 있는 것이다.

3. 제작된 PV-SPE 시스템 운전특성 분석

SPE 셀은 높은 전류밀도에서 고효율의 전기분해가 가능하며 전류 의존성 부하로서 소비전력은 셀 내의 순시전류밀도와 비례하므로, DC/DC 컨버터부가 제한된 기상조건하에서 태양광 array로부터 얼마만큼 많은 양의 전력을 SPE 셀에 공급해 주느냐가 관건이다. 이에 본 논문에서는 제작된 PV-SPE 시스템에 제안된 제어법과 기존의 MPPT 제어법을 적용하여 얻은 동작 결과를 비교·분석하여 나타내었다.

3.1 PV-SPE 시스템

Table 2 Specification of the established photovoltaic array

Power	V_{oc} at 25°C	I_{sc} at 1.0kW/m ²	V_{op}	Connection
300W	87.8[V]	5.23[A]	70[V]	2*1

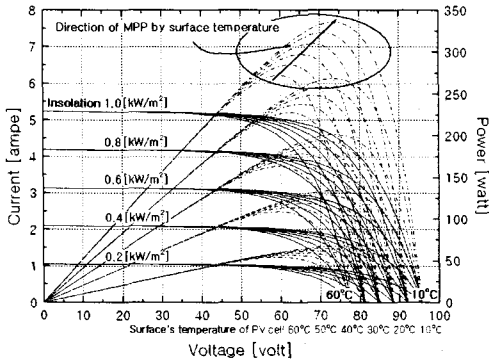


Fig. 3 Ideal P-V and V-I characteristic curves of PV array used in experiments

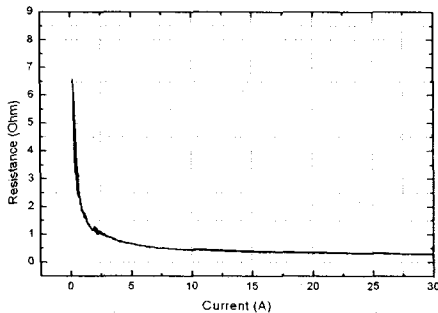


Fig. 4 R-I characteristics of SPE cell

Table 2는 실험에 사용된 PV array의 기본적인 사양을 나타낸다. 실험에 사용된 PV array는 150[W]급의 모듈 두개가 직렬 연결되어 6층 높이의 건물 옥상에 설치되어 있다. 태양광 셀의 특성은 V-I 특성방정식에 의해 표현되어질 수 있고 이 특성 방정식을 이용하여 설치된 PV array의 이상적인 P-V 및 V-I 특성 곡선을 Fig. 3에 나타내었다. 그리고 Figure 4는 전류의존성이 SPE cell의 특성실험에 의해 얻은 결과를 수식화하여 SPE 셀의 R-I 특성 그래프를 나타내었다. [6,7]

3.2 실험결과 및 비교분석

본 논문에서는 최대입력전류 제어법을 제작된 실제 PV-SPE 시스템에 적용하여 제안된 제어법에 의한 동작특성의 우수성을 실제 실험결과를 통해 증명하고자 한다. Figure 5는 제작된 PV-SPE 시스템을 보여준다.

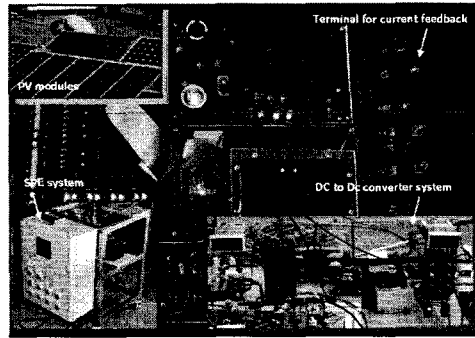


Fig. 5 A manufactured PV-SPE system

3.2.1 최대입력전류제어법의 운전특성

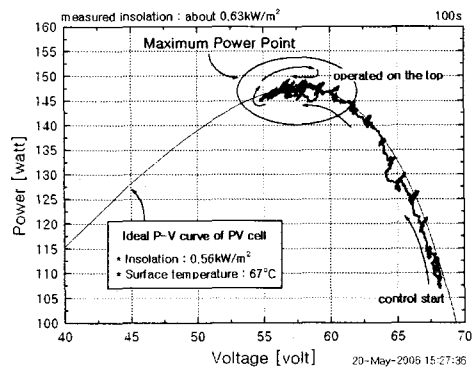


Fig. 6 P-V characteristics curve by MIC control method

Figure 6은 이상적인 PV 곡선위에서 제어가 시작된 이후 전압대비 전력특성 그래프가 시간이 지남에 따라 최대전력점을 추종하고 있는 것을 보여주고 있다.

3.2.2 최대입력전류제어법의 단시간 운전특성

Figure 7은 3초 동안 부하에 유입되는 평균 입력전류의 증감에 따른 제어특성을 나타냈다.

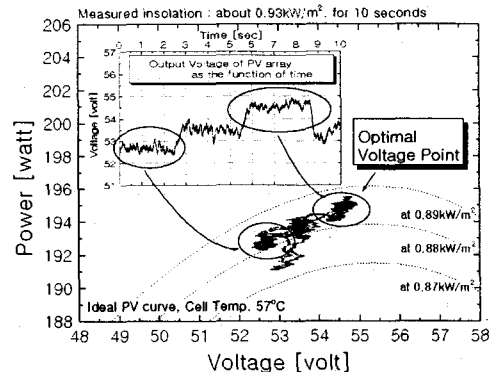


Fig. 7 Maximum Power Point Tracking curve of PV array by MIC control method for 10 seconds

Figure 8은 최대입력전류제어 및 일정전압제어에 의한 PV array의 출력 및 SPE cell의 입력 전력특성을 이상적인 PV 특성곡선 위에 나타내었다.

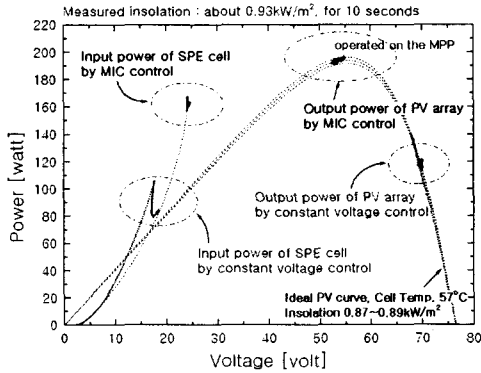


Fig. 8 PV output power and input power of SPE cell by different control methods for 10 seconds

3.2.3 최대입력전류제어법의 장시간 운전특성

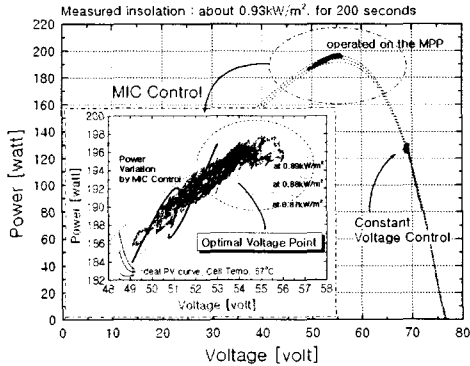


Fig. 9 Output power of PV array by MIC control and constant voltage control methods for 200 seconds

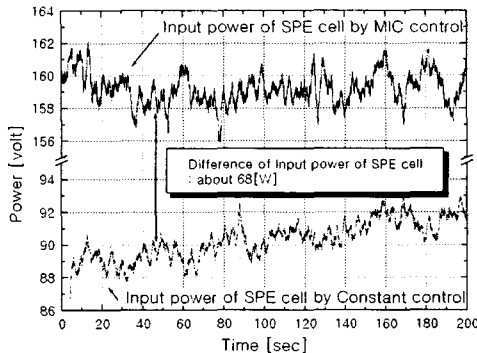


Fig. 10 Difference of input power of SPE system by two control methods for 200 seconds

Figure 9는 200초 동안의 최대입력전류제어법 및 일정전압제어에 의한 태양광 셀의 출력전력특성 그래프를 나타냈다. 그리고 그 때 SPE 셀로 유입되는 입력전력을 Fig. 10에 나타냈다. 실험결과를 통해 최대입력전류제어에 의한 PV array의 출력특성이 항상 최대전력점을 추종하여 최대의 전력을 발생시킴과 동시에 부하로 유입되는 전력이 최대가 됨을 알 수 있다.

4. 결론

현재까지 이론으로 증명된 최대입력전류제어법의 알고리즘을 실제 제작된 PV-SPE 시스템에 적용하여 그 운전특성의 우수함을 확인하였다. 본 논문에서는 실제 PV-SPE 시스템에서 제어 시 고려해야할 요소를 SPE 시스템으로 유입되는 전류 하나로 줄임으로써 태양광 셀의 출력을 항상 최대로 추종하고 동시에 SPE 시스템으로 유입되는 전력 역시 최대로 유지한다는 것을 증명하였다. 또한, 기존의 MPPT 제어법 중 일정전압제어법과 그 출력특성을 비교하여 그 결과의 우수성도 증명하였다.

또한, 필자는 이 최대입력전류제어법을 부하의 종류에 관계없이 적용시킬 계획을 가지고 있다. 이와 관련된 내용은 다음 논문에 소개할 것이다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RT104-01 -03)의 지원에 의하여 수행된 것임.

References

- [1] T. Tani, et al., "Optimization of solar hydrogen systems based on hydrogen production cost", Sol. Energy 68(2) (2000) 143-149.
- [2] P. A. Lehman, et al., "Design of a photovoltaic-hydrogen-fuel cell energy system", Int. J. Hydrogen Energy 16 (5) 349-352.
- [3] R. Muhida, et al., "A novel photovoltaic generation system for solid polymer electrolyte water electrolysis using reference voltage control", IEEE National Conference, August 2000, p. 256.
- [4] [PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual], Manitoba HVDC Research Centre
- [5] Min-Won Park, In-Keun Yu, "Photovoltaic Generation System Simulation using Real Field Weather Conditions", Journal of IKEEE, Vol. 5, No. 2, 2001.
- [6] Martin A. Green, "Solar Cells Operating Principles, Technology, and System Applications", 1982 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 0763
- [7] K. Torigoe, Thermoelectric-hydrogen production system for CO2 recycle, Master Thesis, Osaka University, 1999.