

HBPI 제어기를 이용한 태양광발전 시스템의 MPPT 제어

MPPT Control of Photovoltaic System using HBPI Controller

고 재 섭* · 정 동 화†

(Jae Sub Ko · Dong-Hwa Chung)

Abstract - This paper proposes the hybrid proportional integral(HBPI) controller for maximum power point tracking(MPPT) control of photovoltaic system. The output characteristics of the solar cell are a nonlinear and affected by a temperature, the solar radiation and influence of a shadow. The MPPT control is a very important technique in order to increase an output and efficiency of the photovoltaic system. The conventional constant voltage(CV), perturbation and observation(PO) and incremental conductance(IC) are the method which finding maximum power point(MPP) by the continued self-excitation vibration, and uses the fixed step size. If the fixed step size is a large, the tracking speed of maximum power point is faster, but the tracking accuracy in the steady state is decreased. On the contrary, when the fixed step size is a small, the tracking accuracy is increased and the tracking speed is slower. Therefore, in order to solve these problems, this paper proposes HBPI controller that is adjusted gain of conventional PI control using fuzzy control, and the maximum power point tracks using this controller. The validity of the controller proposed in this paper proves through the results of the comparisons.

Key Words : Photovoltaic, MPPT algorithm, PI, Fuzzy, HBPI

1. 서 론

전 세계적으로 산업의 고도성장으로 인하여 에너지 사용이 급증하고 있으며 이에 따라 주요 에너지원인 화석연료의 소비량도 증가하고 있다. 이러한 화석연료는 자원이 유한성을 가지고 있으며 지구온난화, 온실효과, 오존층 파괴, 산성비 등의 환경문제를 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 대체에너지 및 신재생에너지 개발에 대한 관심이 급증하고 있다[1-3]. 태양에너지는 무한하고 친환경적인 에너지원으로서 발전을 위한 별도의 구동부가 필요 없고 소음이 없으며 유지비가 적게 든다는 장점을 가지고 있다. 이러한 태양광발전은 태양전지의 전기적 특성과 부하조건 및 환경조건(일사량, 온도) 등에 따라 효율이 다르므로 태양전지의 발전효율을 높이기 위한 연구가 절실히 필요하다. 태양광 발전시스템의 최대전력점은 일사량과 온도에 따라 변하기 때문에 출력 효율을 증가시키기 위해 항상 최대전력점에서 동작하도록 최대전력점을 추적하는 기술은 매우 중요한 부분으로 인식되고 있다. 따라서 이러한 최대전력점을 추적하기 위하여 CV, PO 및 IC 방법들이 연구되었다[4-6]. CV 방법은 개방전압에 따른 기준 전압을 이용하여 최대전력점을 추적하는 방법이기 때문에 정확한 최대전력점을 추적할 수 없는 단점이 있으며 PO 및 IC

방법은 태양광 발전의 동작점에 따라서 기준전압을 증·감시키는 방법이다. 그러나 일반적인 PO 및 IC 방법은 기준전압을 제어하기 위해 적절한 스텝 크기를 선택해야 한다. 고정된 스텝 크기는 값이 클 경우 최대전력점 주변에서 큰 진동 때문에 정상상태에서 오차가 크게 발생하고 스텝 크기의 값이 작을 경우에는 부하 또는 일사량 조건에 급격하게 변화할 경우에 동적 응답 성능이 늦어지는 단점이 있다[7-9].

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 산업현장에서 가장 많이 사용하는 PI 제어를 기반으로 하는 HBPI 제어기를 이용한 MPPT 제어를 제시한다. HBPI 제어기는 종래의 PI 제어기가 고정된 이득값으로 인하여 능동적인 제어에 한계점을 가지는 단점을 해결하기 위하여 비선형제어에 강인성을 가지는 퍼지제어를 이용하여 태양광 발전시스템의 동작상태에 따라서 PI 제어기의 이득값을 자동으로 갱신하여 MPPT 제어를 수행한다. 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기를 이용한 MPPT 제어는 동작조건의 변화에 대해 종래의 방법들과 응답특성을 비교하여 그 타당성을 입증한다.

2. 태양전지 모델링

태양전지는 한 개의 이상적인 다이오드와 I_L 의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 실제로는 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 접촉저항 및 표면층의 시트저항 등을 표시하는 직렬저항 R_s 와 병렬저항 R_p 을 고려해야 한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되며 광자 수는 지수 함수적으로 감소한다.

그림 1은 태양전지와 PV 모듈의 등가회로를 나타낸다.

* Dept. of Electric Control Engineering, Sunchon National Univ, Korea. (kokos22@sunchon.ac.kr)

† Corresponding Author : Dept. of Electric Control Engineering, Sunchon National Univ, Korea.

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr

Received : August 29, 2012; Accepted : October 25, 2012

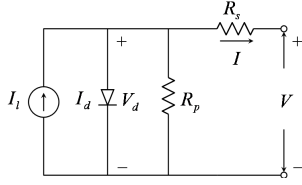


그림 1 태양전지의 등가회로
Fig. 1 Equivalent circuit of PV array

태양전지에서 광전류 I_i 는 일사량에 비례하며 다음 식과 같다.

$$I_i = \left(\frac{G}{G_0}\right) I_{g0} + J_0(T_c - T_{ref}) \quad (1)$$

여기에서, G_0 는 기준일사량, I_{g0} 는 기준일사량에서 전류, J_0 는 I_i 에 대한 온도계수, T_c 는 셀의 절대온도, T_{ref} 는 셀의 기준 온도를 나타낸다. 광전류를 나타내는 식에 사용되는 기준 일사량은 대부분 $G_0 = 1,000 [W/m^2]$ 를 사용한다. 또한 다이오드 전류 I_d 는 그림 1에서 쇼클리 방정식으로 주어진다.

$$I_d = I_0 \left[e^{\left(\frac{q(V + IR_s)}{nkT_c}\right)} - 1 \right] \quad (2)$$

여기에서 $V + IR_s$ 는 다이오드 양단의 전압을 나타내고, I_0 는 다이오드 역포화 전류, q 는 전자의 전하량 [$q = 1.602 \times 10^{-19} [C]$], V , I 는 셀의 전압과 전류, R_s 는 직렬저항, n 은 이상계수, k 는 볼츠만 상수 ($k = 1.38 \times 10^{-23} [J/K]$). 다이오드 역포화 전류 I_0 는 온도에 민감하며 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_0 = I_{d0} \left(\frac{T_c}{T_{ref}}\right)^3 \exp \left[\frac{qE_g}{nk} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_c} \right) \right] \quad (3)$$

여기에서 I_{d0} 는 기준온도 T_{ref} 에서 다이오드 역포화 전류를 나타내고 T_{ref} , T_c 는 절대온도를 사용한다. 태양전지를 구성하는 실리콘 반도체의 밴드갭 에너지 E_g 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_g = 1.16 - 7.02 \times 10^{-4} \frac{T_c^2}{T_c + 1108} \quad (4)$$

태양전지의 온도인 T_c 는 일사량에 비례하는 특성을 가지기 때문에 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_c = 273 + T_a + \left(\frac{NOCT - 20}{0.8} \right) G \quad (5)$$

여기에서 T_a 는 대기온도($^{\circ}C$)를 나타내고 NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)는 공칭 태양전지 동작 온도를

나타낸다. 그림 1(a)의 등가회로에서 $I-V$ 의 관계식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = I_i - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{nkT_c} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (6)$$

여기에서 R_p 는 병렬저항을 나타낸다. 식(6)에서 전류 I 는 좌·우변 식에 공통으로 나타나며 $I-V$ 의 관계식을 변형하면 다음 식과 같다[10].

$$f(I, V, G) = I - \left\{ I_i(G) - I_0(G) \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{nkT_c(G)} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p} \right\} = 0 \quad (7)$$

3. 종래의 MPPT 알고리즘

3.1 PO 방법

PO(Perturbation and Observation) MPPT의 제어 원리는 태양전지의 동작점을 규정하는 태양전지 출력단 전압(V_{PV}) 제어 시에 전압을 일정한 폭으로 변동시킨 후 태양전지 출력전력($P_{PV}[n]$)을 관측하고, 이를 이전 출력전력($P_{PV}[n-1]$)과 비교하여 출력이 증가하는 방향으로 전압(V_{PV}^*)을 상승 또는 하강시킴으로써 최대전력점을 추종하는 방식이다. 이 방식을 간단히 요약하면 표 1과 같다.

표 1 PO MPPT의 동작상태

Table 1 Operating state of PO MPPT

Case	Perturbation [$\Delta V_{ref}(k)$]	Change in Power [$\Delta P(k)$]	Next Perturbation [C_p]
1	Positive	Positive	Positive
2	Positive	Negative	Negative
3	Negative	Positive	Negative
4	Negative	Negative	Positive

이와 같이 ΔV_{PV} 와 ΔP_{PV} 의 극성에 따라 다음 기준전압을 결정하는 방법이 PO 방식이며, 위의 동작 특성에 따라 PO MPPT를 순서도로 나타내면 다음 그림 2와 같다.

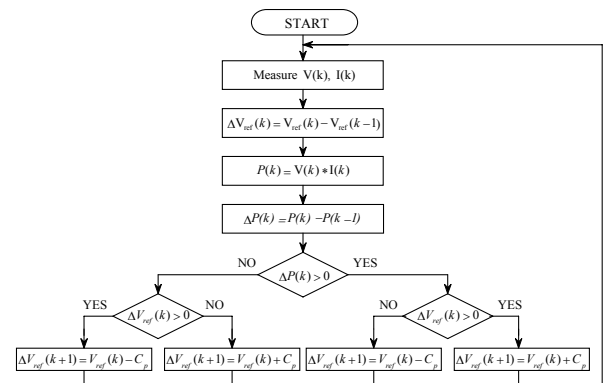


그림 2 PO MPPT의 순서도

Fig. 2 Flowchart of PO MPPT

3.2 IC 방법

IC(Incremental Conductance) MPPT 방식은 태양전지의 $P-V$ 출력곡선의 기울기를 이용하는 방식으로 그 특성이 안정적이고, 구현방법이 간단하여 PO 방식과 함께 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 방법 중 하나이다. 그림 3은 IC MPPT의 제어 원리를 나타내고 있다. IC MPPT는 그림 8의 $P-V$ 특성곡선에서 보는 바와 같이 MPP에서 $P-V$ 특성곡선의 기울기가 0(Zero)라는 것을 이용하여 최대전력점을 찾는 방식이다. 태양전지의 $P-V$ 출력곡선의 기울기는 dP_{PV}/dV_{PV} 로 나타낼 수 있다. 그림 3에서 최대전력점은 B점에 위치하고 있으며, 이때의 기울기는 0이다. 최대전력점을 기준으로 왼쪽은 양의 기울기를 가지고, 오른쪽은 음의 기울기를 가지고 있음을 알 수 있다.

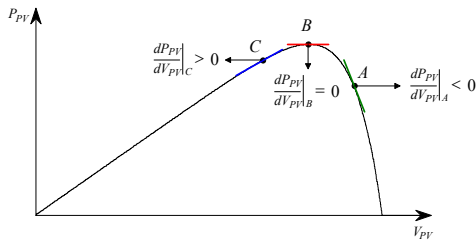


그림 3 IC MPPT의 제어 원리
Fig. 3 Control theory of IC MPPT

IC의 기울기인 dP_{PV}/dV_{PV} 를 전압과 전류의 식으로 변환하면 다음과 같다.

$$\frac{dP_{PV}}{dV_{PV}} = \frac{d(V_{PV}I_{PV})}{dV_{PV}} = I_{PV} + V_{PV} \frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} \quad (8)$$

식(8)을 위의 그림 8에 적용하면 A점, B점, 그리고 C점에서 다음 식(9)~식(11)과 같이 나타난다.

$$\frac{dP_{PV}}{dV_{PV}} = I_{PV} + V_{PV} \frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} < 0 \quad (\text{at Point A}) \quad (9)$$

$$\frac{dP_{PV}}{dV_{PV}} = I_{PV} + V_{PV} \frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} = 0 \quad (\text{at Point B}) \quad (10)$$

$$\frac{dP_{PV}}{dV_{PV}} = I_{PV} + V_{PV} \frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} > 0 \quad (\text{at Point C}) \quad (11)$$

IC MPPT의 동작을 순서도로 나타내면 그림 4와 같다. 그림 4에서 알 수 있듯이 IC 제어방식은 전압 기준치 (V_{PV}^*)를 ΔV 만큼 변동시켜서 최대전력점을 추종하는 방식에 있어 PO 방식과 같이 ΔV 의 크기에 따라 그 추종속도 및 자려 진동의 폭이 결정된다. 또한 전압센서와 전류센서가 모두 요구된다는 단점 역시 존재한다.

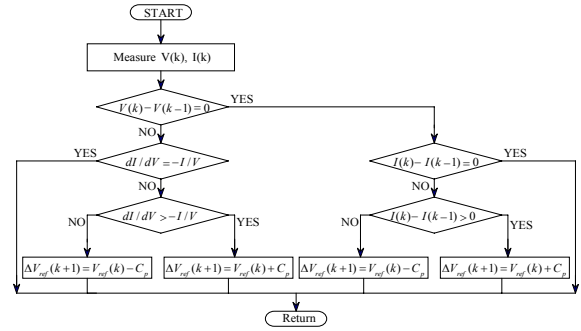


그림 4 IC MPPT 제어의 순서도
Fig. 4 Flowchart of IC MPPT control

4. HBPI 제어를 이용한 MPPT 제어

PI 제어기의 두 개의 이득을 갱신하기 위한 퍼지 알고리즘은 태양광 발전의 동작상태 변화에 강인성을 가지기 위하여 사용하며 PI 제어기의 이득값을 조절하는 ΔK_p 와 ΔK_i 를 발생시키기 위하여 퍼지 룰을 사용한다. 이 룰의 설계는 정량적인 지식에 기초하며 여러 동작조건에서 K_p 와 K_i 의 다양한 값을 위한 종래의 PI 제어기를 해석하여 구한다.

그림 5는 HBPI MPPT 제어기의 구성도를 나타낸다.

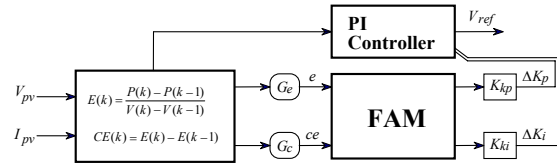


그림 5 HBPI 제어기의 구조
Fig. 5 The structure of HBPI controller

FAM(Fuzzy Adaptive Mechanism)에 사용되는 오차(E)와 오차 변화값(CE)는 다음식과 같으며 출력은 두 개의 이득 K_p 와 K_i 이다. K_p 와 K_i 를 조절하기 위한 퍼지 룰은 표 2와 표 3에 나타내고 그림 6, 7은 각각 입력과 출력에 대한 퍼지 멤버쉽 함수를 나타낸다.

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (12)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) \quad (13)$$

표 2 이득 K_i 를 조절하기 위한 룰 베이스

Table 2 Rule base to adjust gain K_i

e	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	
ce	NL	ZE	NS	NM	NL	NM	NS	ZE
	NM	PS	ZE	NS	NM	NS	ZE	PS
	NS	PM	PS	ZE	NS	ZE	PS	PM
	ZE	PL	PM	PS	ZE	PS	PM	PL
	PS	PM	PS	ZE	NS	ZE	PS	PM
	PM	PS	ZE	NS	NM	NS	ZE	PS
	PL	ZE	NS	NM	NL	NM	NS	ZE

표 3 이득 K_p 를 조절하기 위한 룰 베이스

Table 3 Rule base to adjust gain K_p

e		NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
ce		NL	NL	NL	NL	NM	NS	ZE
	NL	NL	NL	NL	NM	NS	ZE	PS
	NM	NL	NL	NM	NS	ZE	PS	PM
	NS	NL	NL	NM	NS	ZE	PS	PM
	ZE	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
	PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL
	PM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL	PL
	PL	ZE	PS	PM	PL	PL	PL	PL

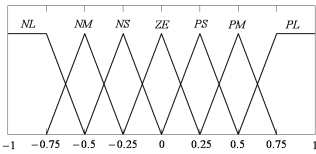


그림 6 입력에 대한 멤버십 함수
Fig. 6 Input membership function

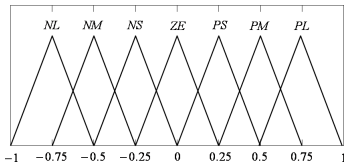


그림 7 출력에 대한 멤버십 함수
Fig. 7 Output membership function

퍼지 동조기는 두 개의 출력 언어변수의 비퍼지화를 위하여 무게중심법을 사용하여 PI 제어기의 이득을 갱신시킨다. PI 제어기 두 개의 이득값은 다음과 같이 조절된다.

$$K_p = K_p + K_{kp}f_1(e, ce) \quad (14)$$

$$K_i = K_i + K_{ki}f_2(e, ce) \quad (15)$$

여기에서 $f_1(e, ce)$, $f_2(e, ce)$ 는 무게중심법에 의해 계산된 값이며 K_{kp} , K_{ki} 는 각각 PI 제어기 두 이득값(K_p , K_i)을 조절하기 위한 비퍼지화 이득값을 나타낸다.

태양광 발전의 정확한 MPPT 제어를 위하여 이득 K_p 와 K_i 는 정상상태에 도달하면 제한하고 환경조건이 변화할 경우에는 초기화하여 제어를 수행한다. PI 제어기의 비례 이득값인 K_p 는 상승시간에 관계가 있고 적분 이득값인 K_i 는 정상상태에서의 오차에 관계가 있다. K_p 는 값이 커질수록 상승속도가 빨라지기 때문에 최대전력점의 오차와 오차변화값이 클 수록 큰 값을 가지도록 룰베이스를 설계하고 K_i 는 값이 클수록 정상상태에서 오차값이 줄어들기 때문에 최대전력점의 오차와 오차변화값이 작아질수록 작은 값을 가지도록 룰베이스를 설계한다.

그림 8은 본 논문에서 제시한 MPPT 제어를 위한 전체시스템 구성도를 나타낸다. HBPI 제어기로 MPPT 제어를 위

한 기준전압(V_{ref})를 출력하고 PWM 발생기로 Buck-Boost 컨버터의 듀티비(D)를 조절하여 MPPT 제어를 수행한다.

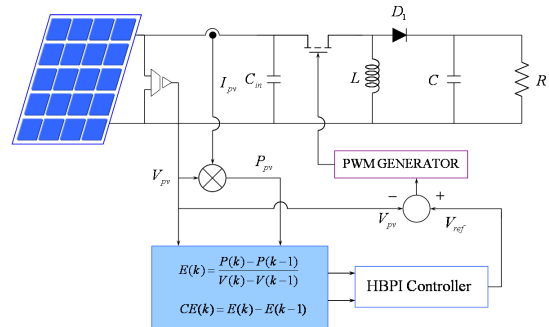


그림 8 HBPI 제어기에 의한 MPPT 제어시스템
Fig. 8 MPPT control system by HBPI controller

5. 시스템 성능 결과 및 분석

표 4는 PV 모듈의 파라미터를 나타낸다. PV 모듈의 파라미터는 AM 1.5, 온도 25[°C] 및 일사량 1,000[W/m²]의 실험조건에서 측정된 값을 나타낸다.

표 4 PV모듈의 파라미터 및 시뮬레이션 조건

Table 4 Parameter PV module and simulation condition

파라미터	기호	측정값	단위
개방전압	V_{oc}	21.6	[V _{dc}]
단락전류	I_{sc}	0.34	[A]
최대전력 전압	V_{mp}	17.5	[V _{dc}]
최대전력 전류	I_{mp}	0.29	[A]
최대전력	P_{mp}	5	[W]
전체모듈수	N	9	[EA]

그림 9는 본 논문에서 제시한 MPPT 제어의 성능을 분석하기 위한 회로도를 나타내고 그림 10은 일사량이 800[W/m²]에서 0.15[sec]에 1,000[W/m²]로 증가하고 0.3[sec]에 600[W/m²]로 감소하는 조건을 나타낸다.

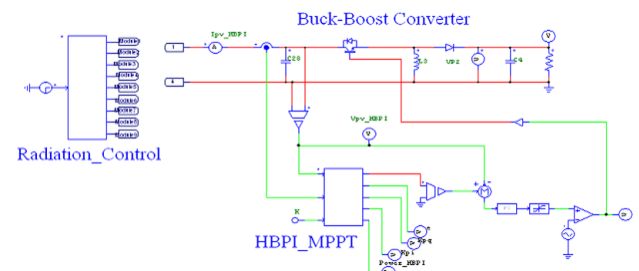


그림 9 MPPT 제어를 위한 회로
Fig. 9 Circuit for MPPT control

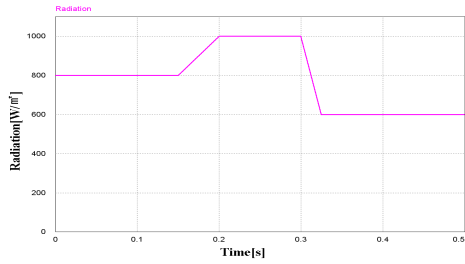
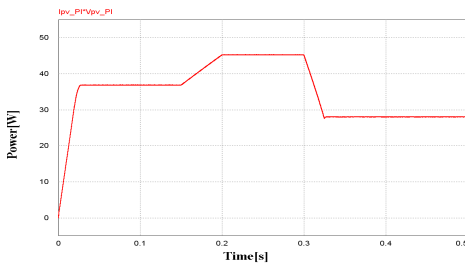


그림 10 MPPT 제어를 위한 일사량 조건

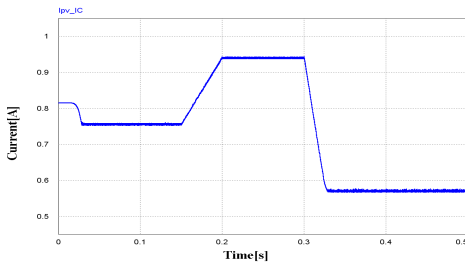
Fig. 10 Radiation condition for MPPT control

그림 11은 일사량이 그림 6과 같이 변동하였을 때 IC 방법에 의한 MPPT 제어특성을 나타낸다. 그림 11(a)는 출력전력, 그림 11(b)는 전류, 그림 11(c)는 전압을 나타내고 그림 12는 그림 11과 같은 조건에서 종래의 PI 제어에 의한 MPPT 제어 특성을 나타내며 그림 12(a)는 출력전력, 그림 12(b)는 전류, 그림 12(c)는 전압을 나타낸다.

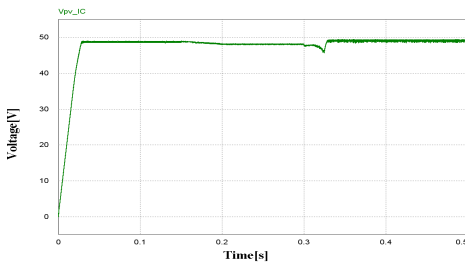
그림 13은 그림 11과 같은 조건에서 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기에 의한 MPPT 제어의 응답특성을 나타낸다. 그림 13(a)는 출력전력, 그림 13(b)는 전류, 그림 13(c)는 전압을 나타내고 그림 13(d)는 퍼지제어에 의해 동작 상태에 따라서 자동으로 갱신되는 PI 제어기의 이득값을 나타낸다.



(a) Power



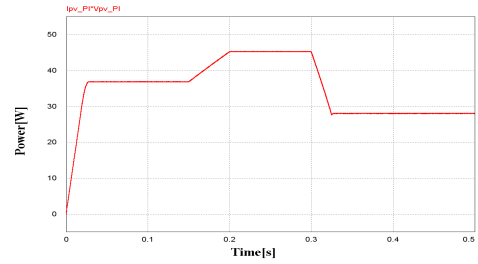
(b) Current



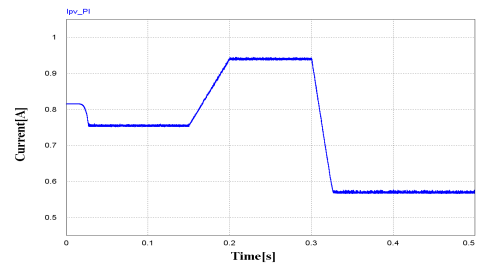
(c) Voltage

그림 11 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성(IC 방법)

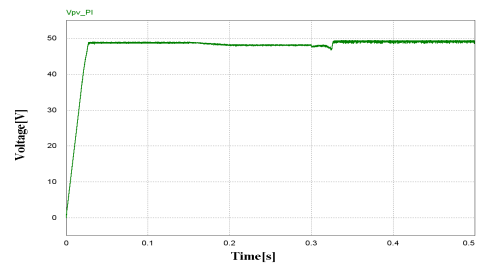
Fig. 11 MPPT response characteristics for radiation changing (IC method)



(a) Power



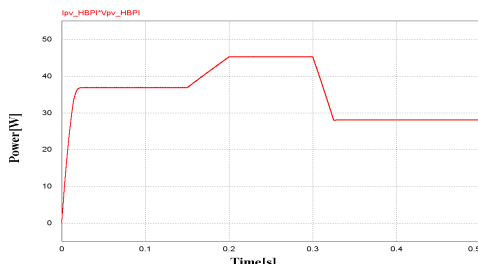
(b) Current



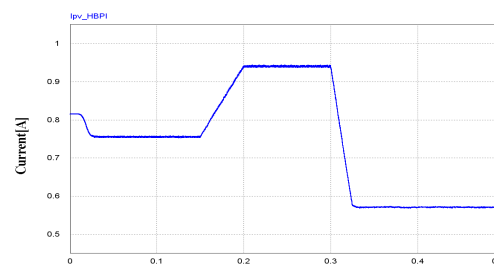
(c) Voltage

그림 12 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성(PI 제어)

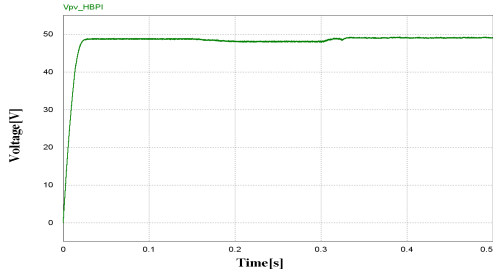
Fig. 12 MPPT response characteristics for radiation changing (PI Control)



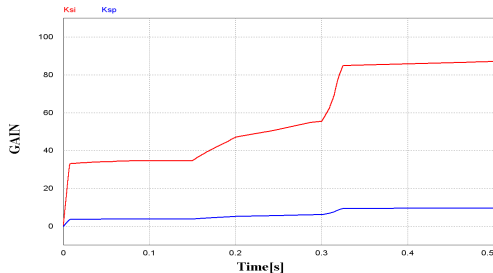
(a) Power



(b) Current



(c) Voltage

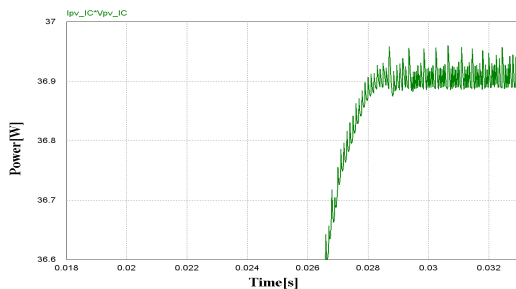


(d) Gain(K_p, K_i)

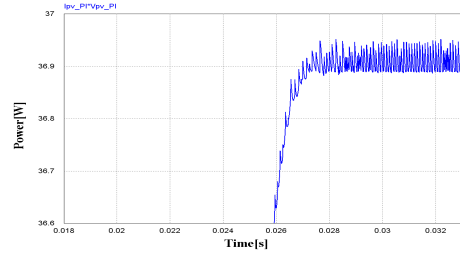
그림 13 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성(HBPI Controller)
 Fig. 13 MPPT response characteristics for radiation changing (HBPI Controller)

그림 14는 그림 10의 일사량 변동조건에서 일사량이 800[W/m²]으로 초기 동작할 때 과도상태를 확대한 그림으로 그림 14(a)는 IC방법, 그림 14(b)는 PI 제어기, 그림 14(c)는 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기의 응답특성을 나타내고 그림 15은 일사량 800[W/m²]에 대한 정상상태에서 오차를 확대한 그림을 나타내며 그림 15(a)는 IC 방법, 그림 15(b)는 PI 제어기, 그림 15(c)는 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기에 의한 응답특성을 나타낸다.

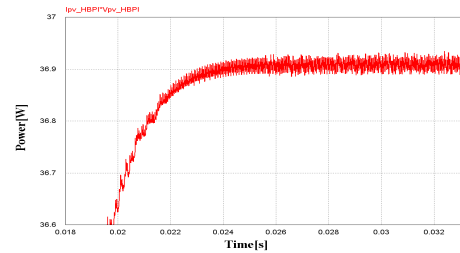
그림 16은 일사량이 1,000[W/m²]에서 600[W/m²]로 변화할 때 과도상태를 확대한 그림을 나타내며 그림 16(a)는 IC 방법, 그림 16(b)는 PI 제어기, 그림 16(c)는 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기의 응답특성을 나타낸다. 그림 17은 일사량 600[W/m²]에 대한 정상상태에서 오차를 확대한 그림을 나타내며 그림 17(a)는 IC 방법, 그림 17(b)는 PI 제어기, 그림 17(c)는 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기에 의한 지능형 MPPT 제어의 응답특성을 나타낸다.



(a) IC Method



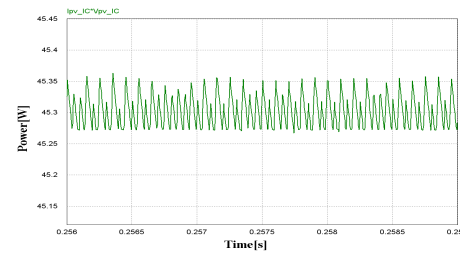
(b) PI Controller



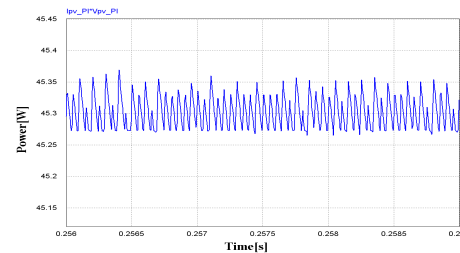
(c) HBPI Controller

그림 14 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성 비교 (0[W/m²] →800[W/m²])

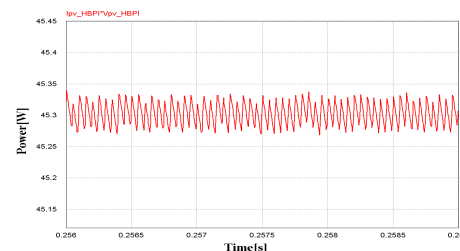
Fig. 14 Comparison of MPPT response characteristics for radiation changing (0[W/m²]→800[W/m²])



(a) IC Method



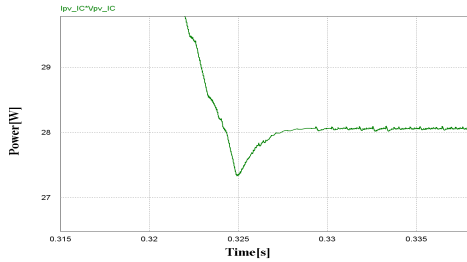
(b) PI Controller



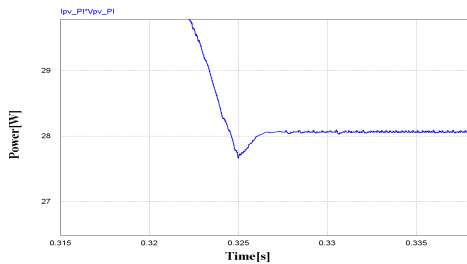
(c) HBPI Controller

그림 15 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성 비교 (800[W/m²])

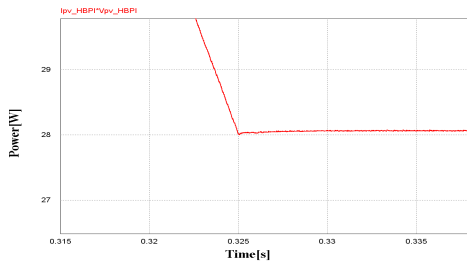
Fig. 15 Comparison of MPPT response characteristics for radiation changing (800[W/m²])



(a) IC Method



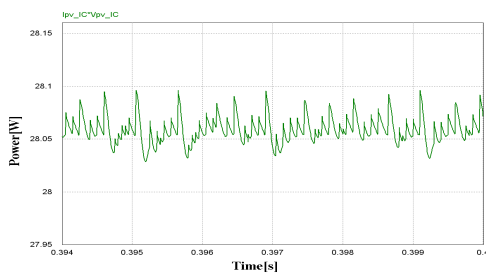
(b) PI Controller



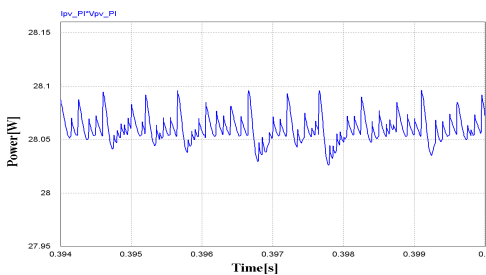
(c) HBPI Controller

그림 16 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성 비교 (800[W/m²] → 600[W/m²])

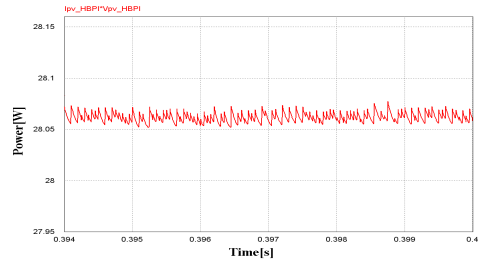
Fig. 16 Comparison of MPPT response characteristics for radiation changing (800[W/m²] → 600[W/m²])



(a) IC Method



(b) PI Controller



(c) HBPI Controller

그림 17 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성 비교 (600[W/m²])
Fig. 17 Comparison of MPPT response characteristics for radiation changing (600[W/m²])

표 5는 일사량 변동에 대한 응답특성의 비교를 나타낸다. 본 논문에서 제시한 방법이 종래의 IC 및 PI 제어 방법에 비해 안정화 시간이 빠르게 나타나고 있으며 정상상태에서 오차도 매우 작게 나타나고 있다.

표 5 일사량 변동에 대한 MPPT 응답특성 비교

Table 5 Comparison of MPPT response characteristics for radiation changing

구 분		IC Method	PI Controller	HBPI Controller
0[W/m ²]→800[W/m ²]	Settling time[s]	2.80×10 ⁻²	2.67×10 ⁻²	2.20×10 ⁻²
800[W/m ²]	Maximum Error [W]	6.8×10 ⁻²	6.2×10 ⁻²	3.8×10 ⁻²
800[W/m ²]→600[W/m ²]	Settling time[s]	3.3×10 ⁻²	1.6×10 ⁻²	0.23×10 ⁻²
600[W/m ²]	Maximum Error [W]	9.6×10 ⁻²	8.0×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²

6. 결 론

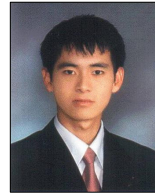
본 논문에서는 HBPI 제어를 이용한 태양광 발전시스템의 MPPT 제어를 제시하였다. 태양광 발전시스템의 최대전력점은 일사량과 온도에 따라 변하기 때문에 출력 효율을 증가시키기 위해 최대 전력점에서 동작하도록 최대전력점을 추적하는 기술은 매우 중요한 부분으로 인식되고 있다. 종래의 MPPT 제어 방법으로는 CV, PO 및 IC 방법 등이 있으나 CV 방법은 개방전압을 이용하여 근사적으로 최대전력점을 추적하기 때문에 정확한 최대전력점을 추적하지 못하는 단점을 가지고 PO 및 IC 방법은 정해진 순서에 따라 전압의 크기를 일정하게 증가 또는 감소시킴으로써 최대전력점을 추적하는 방법이다. 따라서 전압의 크기를 변화시키는 스텝 크기에 따라 그 성능이 크게 좌우되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 PI제어의 고정된 이득값을 퍼지제어를 이용하여 자동으로 갱신하는 HBPI 제어를 이용한 MPPT 제어를 제시한다. PI제어는 제어와 시스템 사이의 관계가 명확하기 때문에 대부분의 산업현장에서 가장 많이 사용되는 제어기법이다. 그러나 PI 제어기는 고정된 이득값을 가지기 때문에 동작상태가 변화하는 동적인 응답특성이 취약한 문제점을 가진다. 따라서 퍼지제어를 통해 태양광 발전의 동작상태에 따라서 PI제어의 이득값을 자동으로 조절함으로써

써 MPPT 제어의 성능을 향상시킨다. 본 논문에서 제시한 HBPI 제어기를 이용한 태양광 발전의 MPPT 제어는 일사량의 다양한 변화에 대하여 성능을 분석하였고 종래의 IC 및 PI 제어기보다 과도상태 및 정상상태에서 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

References

- [1] J. K. Lee, Y. D. Kim, S. Y. Yoon, "Renewable Energy System Design", Hongrung publishing company, 2006.
- [2] H. C. Kang, "CEO Information(No. 616)", SERI, 2007.
- [3] K. J. You, "Global Environment and Photovoltaic Industry", Physics & High Technology, 2006.
- [4] Z. Ye, X. Wu, "Compensation Loop Design of a Photovoltaic System Based on Constant Voltage MPPT", Power and Energy Engineering Conference, pp. 1-4, 2009
- [5] J. S. Choi, D. H. Chung, "MPPT Control of Photovoltaic Generation Using MLPO Method", Trans. KIEE, vol. 60, no. 11, pp. 2064-2075, 2011
- [6] A. Safari, S. Mekhilef, "Incremental conductance MPPT method for PV system", 2011 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 345-347, 2011.
- [7] N. Femia, G. Petron, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 20, no. 4, pp. 963-973, Jul. 2005.
- [8] J. A. Abu-Qahouq, H. Mao, H. J. Al-Atrash, and I. Batarseh, "Maximum efficiency point tracking (MEPT) method and digital dead time control implementation," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 21, no. 5, pp. 1273-1281, Sep. 2006.
- [9] R. Kiranmayi, K. Vijaya Kumar Reddy and M. Vijaya Kumar "Modeling and a MPPT method for solar cells" J. Eng. Applied Sci., 3(1) pp. 128-133, 2008.
- [10] Y. J. Wang, P. C. Hsu, "Analytical modelling of partial shading and different orientation of photovoltaic modules", The Institution of Engineering and Technology, vol. 4, Iss, 3, pp. 272-282, 2009.

저 자 소 개



고재섭 (高在涉)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업 2007년 2월순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2012년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사)

Tel : 061-750-3543

Fax : 061-752-1103

E-mail : kokos22@scnu.ac.kr



정동화 (鄭東和)

1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 전기제어공학과 교수.

Tel : 061-750-3543

Fax : 061-752-1103

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr