creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000239183

2010年 2月 工學碩士學位論文 P&O 알고리즘을 이용한 태양전지 MPPT 제어 金大勝

2010年度 2月
工學碩士學位論文

P&O 알고리즘을 이용한 태양전지 MPPT 제어

The MPPT Control of Solar Cell Using P&O Algorithm

朝鮮大學校 大學院

電 氣 工 學 科

金 大 勝

P&O 알고리즘을 이용한 태양전지 MPPT 제어

The MPPT Control of Solar Cell
Using P&O Algorithm

2009年 12月 日

朝鮮大學校 大學院

電 氣 工 學 科

金 大 勝

P&O 알고리즘을 이용한 태양전지 MPPT 제어

指導敎授 曺 錦 培

이 論文을 工學 碩士學位 申請論文으로 提出함.

2009 年 12 月 日

朝鮮大學校 大學院

電 氣 工 學 科

金 大 勝

金大勝의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校 敎授 _____印

委　員　朝鮮大學校 敎授 _____印

委　員　朝鮮大學校 敎授 _____印

2009 年　12 月　日

朝鮮大學校 大學院

목 차

제1장 서 론 ····· 1

제2장 태양광발전 MPPT 제어 ····· 3

제1절 태양전지의 특성 ····· 3

1. 태양전지의 동작특성 ····· 3

2. 태양전지의 전기적 특성 ····· 8

제2절 Boost 컨버터 ····· 12

제3절 MPPT 제어 알고리즘 ····· 18

1. 일정전압 제어방법 ····· 19

2. IncCond 제어방법 ····· 20

3. P&O 제어방법 ····· 23

4. 제안하는 P&O 제어 알고리즘 ····· 25

제3장 시뮬레이션 및 고찰 ····· 27

제1절 태양전지 출력특성 ····· 27

제2절 MPPT 제어 특성 ····· 32

제4장 결 론 ····· 40

참고문헌

List of table

Table 1. Parameter of photovoltaic module ····· 27

List of figures

Fig. 2-1 The equivalent circuit of solar cell ····· 3
Fig. 2-2 V-I characteristics curve of solar cell ····· 6
Fig. 2-3 V-I characteristics curves at different insolation ····· 9
Fig. 2-4 Operating characteristics at different resistance ····· 9
Fig. 2-5 V-I characteristics curve at different temperature ····· 10
Fig. 2-6 Maximum output voltage and maximum power point of cell ····· 11
Fig. 2-7 Maximum power points at different insolation ····· 11
Fig. 2-8 The equivalent circuit of boost converter ····· 13
Fig. 2-9 A basic waveform of boost converter ····· 14
Fig. 2-10 Flow chart of the IncCond algorithm ····· 22
Fig. 2-11 Flow chart of the P&O algorithm ····· 24
Fig. 2-12 Flow chart of the proposed P&O algorithm ····· 26
Fig. 3-1 I-V characteristics curve at difference insolation ····· 29
Fig. 3-2 P-V characteristics curve at difference insolation ····· 29
Fig. 3-3 I-V characteristics curve at difference series resistance ····· 30
Fig. 3-4 P-V characteristics curve at difference series resistance ····· 30
Fig. 3-5 I-V characteristics curve at difference shunt resistance ····· 31
Fig. 3-6 P-V characteristics curve at difference shunt resistance ····· 31
Fig. 3-7 Whole control system using simulink ····· 32
Fig. 3-8 Boost converter circuit using simulink ····· 33

Fig. 3-9 MPPT control circuit using simulink ····· 33
Fig. 3-10 Output characteristics according to variation insolation ····· 35
Fig. 3-11 A part magnification of output characteristics according to variation insolation ····· 36
Fig. 3-12 Output characteristics according to rapid variation insolation ····· 37
Fig. 3-13 A part magnification according to rapid variation insolation in conventional control method ····· 38
Fig. 3-14 A part magnification in rapid variation insolation in proposed control method ····· 39

ABSTRACT

The MPPT Control of Solar Cell Using P&O Algorithm

Dae-Seung Kim
Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.
Department of Electrical Engineering,
Graduate School, Chosun University

Greater part of an electricity energy which the mankind is using currently most widely is getting through a fire power development or nuclear energy development.

But recently we are requiring the development of a new reclaiming energy because of drying up of continuous increase and fossil energy of the electricity need environment pollution problem because of the enhance of a development of rapid industry and life level.

In this reason, each of the developed country is strongly to a government leading under the advance in research of PV and supply business. Our country make an effort to develop and supply of a new reclaiming energy as the 3 special business of PV, Wind, fuel cell power.

PV is clean energy which is unlimited energy, no air pollution, no

noise, no vibration, unlike existing to use the fossil energy fire power development method. PV of the new reclaiming energy is changing from the light energy to the electric energy by the PV effect of the solar cell.

As the maximum power point(MPP) of photovoltaic(PV) power generation systems change with varying atmospheric conditions such as solar radiation and temperature, an important consideration in the design of efficient PV system is to track the MPP correctly. Although the efficiency of these MPPT(Maximum Power Point Tracking) algorithms is usually high, it drops noticeably in case of rapidly changing atmospheric conditions.

In this paper proposes a improved P&O(Perturbation and Observation) algorithm and verified through several simulated results. The experimental results in this paper show that the proposed MPPT method improves an efficiency compared with the previous algorithms. Such improved algorithm has successfully tracked the MPP, even incase of rapidly changing atmospheric conditions, and has higher efficiency than ordinary algorithm.

제1장 서 론

신재생에너지 중에서 현재까지 가장 신뢰성이 있고 위험부담이 적은 태양광발전 기술은 결정질 규소모듈(단결정, 다결정, 리본-규소)이며 가장 많이 상용화된 태양전지 모듈로서 효율은 12~17[%]이고, 내구연한은 30년 정도이다. 그러나 기존 발전방식에 비하여 발전단가가 비교적 높고, 지표면에 떨어지는 태양에너지는 단위 면적당 출력이 적어 이를 활용하기 위해서는 넓은 면적이 소요되는 저밀도 에너지원으로서 전력용으로 사용하기 위해서는 넓은 면적의 태양전지모듈 설치장소가 필요하며, 기상조건 특히 일사 조건에 절대적인 영향을 받는다.[1,2]

태양전지는 일사량과 셀의 온도, 부하의 종류에 따라서 그 출력특성이 비선형적으로 변화되는 특징을 가지고 있다. 따라서 에너지 손실의 최소화와 태양전지로부터 최대전력을 얻을 수 있는 최대출력제어가 필요하게 되는데, 주어진 외부조건에 대하여 태양전지가 항상 최대전력점 근처에서 동작하도록 하는 것을 최대전력추종제어(MPPT)라고 한다.[3,4,5]

가장 많이 알려진 MPPT 제어방법으로는 Incremental Conductance (IncCond)방법과 Perturbation and Observation(P&O)방법이 있다.

그 중 P&O 방법은 태양광전지의 출력전압을 주기적으로 증가 또는 감소시킴으로써 최대전력점을 추적하는 방식으로써 비교적 제어알고리즘이 간단하면서도 우수한 추적 성능을 나타낸다. 하지만 외부조건이 일정하거나 아주 천천히 변화하는 경우에 최대전력점 근처에서 발진하게 되며, 또한 외부조건이 급변하는 경우에도 최대전력점 추적에 실패하게 되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 태양광 발전시스템을 위한 최대전력점 추적방식에 대하여 일반적으로 사용되는 일정전압 제어방법과 IncCond 제어 알고리즘,

P&O 제어 알고리즘에 대하여 서술하고 기존의 P&O 알고리즘은 저 일사량에서 MPP를 추종하는 효율이 떨어지거나 환경조건이 급변할 시 MPP를 추종하는 추적속도가 늦어지는 단점을 갖고 있었는데 이를 보완하기 위해 기존의 알고리즘을 개선한 새로운 알고리즘을 제안하고자 한다.

또한 태양전지의 출력을 변환하는 전력변환장치로 변환효율이 뛰어난 부스트 컨버터를 사용하여 실험을 진행하였다. 부스트 컨버터를 포함한 개선된 MPPT 제어 알고리즘은 초기의 전류, 전압값을 샘플링하여 현재 주기와 이전 주기의 전류값을 비교하여 그 절대값을 전류 최대값과 비교하여 적절한 β값을 증분하여 줌으로써 일사량이 급변할 시에 MPP 추적속도를 향상시키고, 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 비교하여 그 효율성을 검증하고자 한다.

제2장 태양광발전 MPPT 제어

제1절 태양전지의 특성

1. 태양전지의 동작특성

태양전지는 한 개의 이상적인 다이오드와 I_{ph}의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 접촉저항 및 표면층의 시트 저항(Sheet resistor) 등을 표시하는 직렬저항 R_s와 병렬저항 R_{sh}를 고려해야 한다.[6,7]

태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자의 수는 지수 함수적으로 감소한다.

그림 (2-1)은 빛이 조사될 때 광기전력의 효과를 이용한 태양전지의 등가회로를 나타낸 것이다.

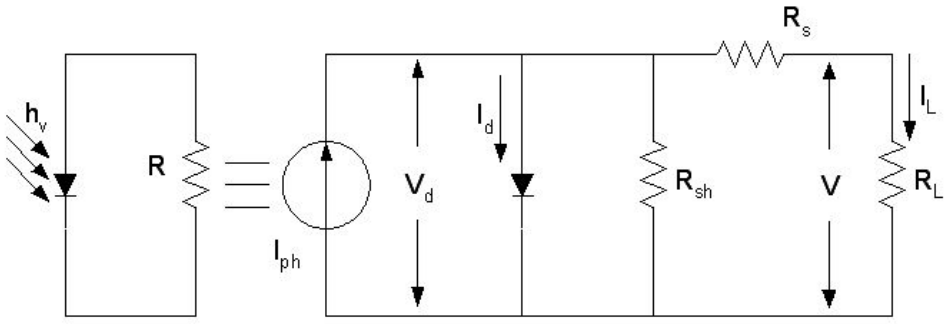


Fig. 2-1 The equivalent circuit of solar cell

여기서 I_{ph}는 입사된 빛에 의해 생성된 캐리어(Carrier)가 외부로부터 방해를 받지 않을 때 폐회로를 통해 흐르는 광전류이고, I_d는 암전류로서 I_{ph}와는 반대 방향이다. 병렬저항 R_{sh}는 이상적인 다이오드 특성에서 벗어나 일정한 상수 저항으로 표시되는 누설저항을 나타내며, R_s와 R_L은 각각 전지 내부에 존재하는 직렬저항과 외부에서 걸어주는 부하저항을 나타낸다.

등가회로에서의 태양전지의 출력전류는 식 (1) 및 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$I_L = I_{ph} - I_d - \frac{V}{R_{sh}} = I_{ph} - I_o(\exp\frac{qV}{nKT} - 1) - \frac{V}{R_{sh}} \tag{1}$$

$$V_d = V + IR_s = \frac{nKT}{q} ln\left[\frac{I}{I_o} + 1\right] \tag{2}$$

여기서, I_o는 다이오드 포화전류를 나타낸다.

식 (1)과 식 (2)로부터 태양전지의 출력전류를 구하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{ph} - I_o[\exp\left(\frac{q(V + I\,R_s)}{nKT}\right) - 1] - \frac{V + I\,R_s}{R_{sh}} \tag{3}$$

그림 (2-1)에서 광 투사 시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$인 이상적인 pn접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 I_L은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{ph} - I_o[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1] \tag{4}$$

여기서, I_L은 출력전류, I_{ph}는 광전류, I_o는 다이오드 포화전류, n은 다이오드 상수, K는 볼쯔만 상수, q는 전자의 전하량이다.

일정온도와 일정 일사강도 하에서 태양전지의 전압-전류 특성곡선은 그림 (2-2)와 같다. 여기서 개방 전압V_{oc}, 단락전류 I_{sc}, 충진율 FF(Fill factor) 등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 파라미터로서, 식 (4)로 부터 $I_L = 0$ 인 조건에서 개방전압 V_{oc} 는 식 (5)와 같다.

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q}\ln\left(\frac{I_{ph}}{I_o} + 1\right) \tag{5}$$

단락전류 I_{sc}는 $V_L = 0$ 인 조건으로부터 $I_{sc} = I_{ph}$ 가 된다. 전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로서 어떤 최적 동작점에서 최대의 출력 $P_{\max}$를 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{\max} = V_m \cdot I_m \tag{6}$$

또한, 부하저항에서 소비되는 에너지 P_{out}은 식 (7)과 같다.

$$P_{out} = V \cdot I = V \cdot \left\{I_{ph} - I_o[\exp(\frac{qV}{nkT}) - 1]\right\} \tag{7}$$

최적부하조건에서 $\frac{dP_{out}}{dV} = 0$ 이므로 최적동작전압 V_m 은 식 (8)과 같다.

$$V_m = \exp(\frac{qV_m}{nkT})(1+\frac{qV_m}{nkT}) = (\frac{I_{ph}}{I_o})+1 \tag{8}$$

따라서 최적동작전류 I_m은 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$I_m = \frac{(I_{ph}+I_0)\cdot(qV_m/nkT)}{1+(qV_m/nkT)} \tag{9}$$

식 (7), (8), (9)에서 알 수 있듯이 $P_{\max}$이 커지기 위해서는 특성곡선에서 I_m과 V_m이 I_{sc}와 V_{oc}에 가까워야 함을 알 수 있다.

Fig. 2-2 V-I characteristics curve of solar cell

태양전지의 특성을 평가하는데 있어서 단락전류 I_{sc}, 개방전압 V_{oc}와 더불어 가장 중요한 요소 중의 하나는 충진율(FF)이며 식 (10)과 같이 정의된다.

$$FF = (V_m \times I_m) / (V_{oc} \times I_{sc}) \tag{10}$$

태양전지의 에너지 변환효율 η는 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기 에너지를 입사광에너지로 나눈 값으로 정의하며 다음 식 (11)과 같다.

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc}}{P_{in}} \times FF \tag{11}$$

여기서, P_{in}은 입사된 태양광에너지이다.

따라서 태양전지의 효율을 높이기 위해서는 단락전류 I_{sc}, 개방전압 V_{oc}, 그리고 충진율 FF를 높여야 한다.

2. 태양전지의 전기적 특성

일반적인 태양전지는 일사량변화에 대하여 그림 (2-3)과 같은 전류-전압특성을 갖는다. 일사량이 클수록 개방전압 및 단락전류가 증가하게 되고 일사량 변화에 따라 출력전압의 변화는 미소하지만 단락전류의 변화는 크게 나타난다.[8]

일사량 변화에 따른 태양전지의 전기적 특성을 이해하기 위하여 태양전지에 저항부하를 연결하고 개방상태에서 단락상태로 서서히 저항을 가변하면 그림 (2-4)와 같이 태양전지의 전압, 전류의 변화를 볼 수 있다. 개방상태에서는 전류가 0[A]일 때 출력되는 전압값이 개방전압 V_{oc}이다.

태양전지의 저항값을 감소시키면 전류는 증가하는 반면 전압은 감소하며 곡선부분에서는 전압의 감소폭이 적으며 보통 전지의 정전압원 특성을 나타낸다. 저항값을 더욱 감소시켜 단락상태로 근접시키면 전류의 변화는 적어지며 정전류원 특성을 나타낸다. 저항을 0[Ω]으로 하면 완전 단락상태가 되고 전압은 0[V]로 출력되며 이때의 전류가 단락전류 I_{sc}이다.

[redacted]

Fig. 2-3 V-I characteristics curves at different insolation

Fig. 2-4 Operating characteristics at different resistance

또한 태양전지는 온도에 의존하는 특성을 가지고 있다. 그림 (2-5)는 온도변화에 따른 태양전지의 전압-전류 특성을 나타내고 있으며, 접합부 온도의 선형적인 증가로 개방전압은 감소한다.

이와 같이 온도에 따라 개방전압이 변동하는 까닭은 온도증가로 다이오드 포화전류(I_0)가 지수적으로 증가하기 때문으로써 포화전류는 pn접합의 생성영역 안에서 가속화되고 열여자(Thermal excitation)에 의하여 생성된 소수 캐리어의 전류이다.

I

Fig. 2-5 V-I characteristics curve at different temperature

태양전지의 출력전력은 출력전압과 출력전류의 곱으로 계산되며 그림 (2-6)과 같이 나타낼 수 있다. 그림 (2-6)으로부터 태양전지에는 출력전력이 최대가 되는 점이 존재하며 전압-전류 특성곡선에서도 출력이 최대가 되는 동작점이 일사량 변화에 따라 그림 (2-7)과 같이 존재한다. 출력전력이 최대가 될 때의 전압을 최대출력 동작전압 V_m, 전류를 최대출력 동작전류 I_m이라 한다.

Fig. 2-6 Maximum output voltage and maximum power point of cell

I

Fig. 2-7 Maximum power points at different insolation

제2절 Boost 컨버터

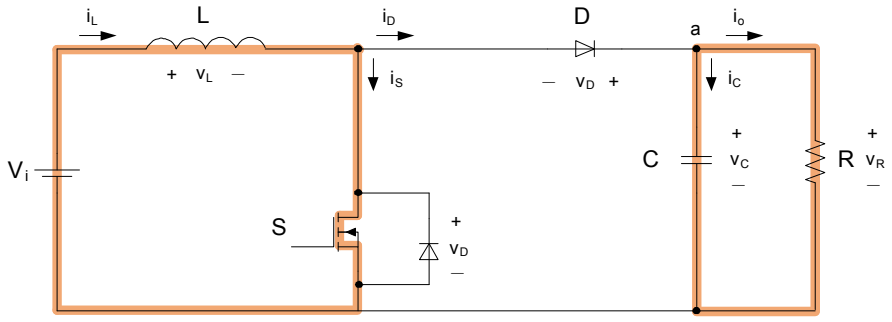
Boost 컨버터는 스위치의 온·오프에 의해 출력전압을 제어한다. 그림 (2-8)은 스위치로 반도체 소자인 전력용 MOSFET S와 다이오드 D를 사용한 Boost 방식의 DC-DC 컨버터에 대한 등가 회로도를 나타낸다.

MOSFET S의 스위칭 주기 T가 일정하고, 이에 대해 S가 통류율 D로 동작하면, S가 온 되는 구간은 DT이며 S가 오프 되는 구간은 나머지 (1-D)이다. S가 온 되면 인덕터 L에는 입력전압 V_i가 걸리며 다이오드 D에는 출력전압 v_o가 걸린다. S가 오프 되면 인덕터 전류 i_L은 다이오드 D를 통해서 출력측에 전달되며 다이오드 D의 전압 v_D는 0이 된다. S의 전압 v_s는 출력전압인 v_o가 된다. 그런데 필터가 이상적인 경우 출력전압의 리플성분(ripple components)은 무시할 수 있으며, 출력전압의 평균값을 V_o라고 하면 인덕터 전압 v_L의 평균값 V_L은 다음 식 (12)와 같다.

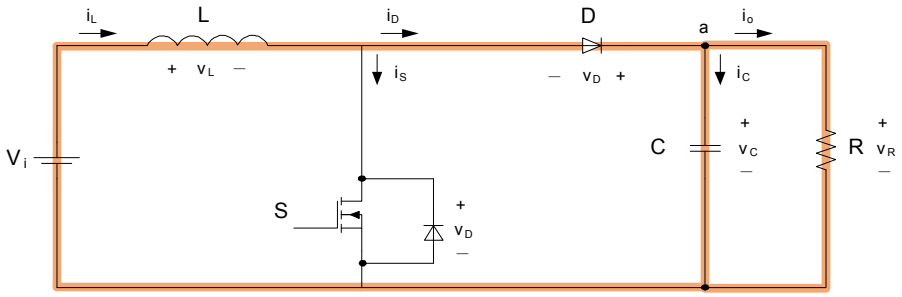
$$V_L = V_i \cdot D + (V_i - V_o) \cdot (1 - D) \tag{12}$$

그런데, 정상상태(steady state)에서 인덕터 전압 v_L의 평균은 0이 되어야 한다. 인덕터 전압의 평균이 0이 되지 않으면 인덕터 전류 i_L은 계속 상승하거나 하강한다. 따라서, 인덕터 전압의 한 주기 동안의 평균 V_L은 0이 되며, 식 (12)에서 입력전압이 전달되는 전압전달비 G_V를 구하면 다음과 같다.

$$G_V \equiv \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 - D} \tag{13}$$



(a) S ON($0 \leq t \leq DT$)



(a) S OFF($DT \leq t \leq T$)

Fig. 2-8 The equivalent circuit of boost converter

Boost 컨버터의 전압전달비 G_V는 D가 0일 때 최소인 1이 되며, D가 1일 때 최대인 무한대의 값이 된다. 그림 (2-8)과 같이 S가 통류율 D로 스위칭될 때 컨버터 각 부의 전류와 전압파형은 그림 (2-9)와 같다.

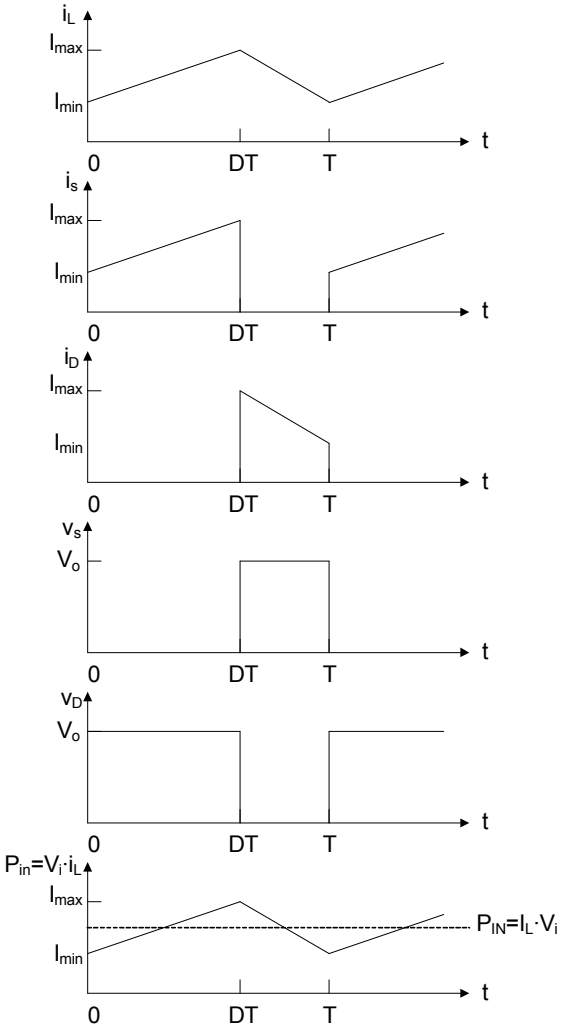


Fig. 2-9 A basic waveform of boost converter

S가 스위칭할 때 인덕터 전류 i_L은 다음과 같이 해석된다.

[1] 전류 상승구간 : $0 \le t \le DT$

그림 (2-8)의 (a)에서 인덕터 전류 i_L과 인덕터 전압 v_L과의 관계는 다음과 같다.

$$v_L = L\frac{di_L}{dt} \tag{14}$$

그림 (2-8)의 (a)에서 인덕터 전압 v_L은 입력전압 V_i와 같으므로, 식 (14)에서 인덕터에 흐르는 전류의 기울기는 다음과 같이 구해진다.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_i}{L} \tag{15}$$

따라서, S가 온 되는 DT 구간 동안 인덕터 전류 i_L은 식 (15)의 기울기로 증가한다. 그러므로 정상상태에서 S가 온 되는 $t=0$에서 인덕터 전류 i_L은 최소인 $I_{\min}$이 되며, S가 오프 되기 직전인 $t=DT$에서 최대인 $I_{\max}$로 증가한다. 따라서 식 (15)에서

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_0^t V_i dt + I_{\min} \tag{16}$$

식 (16)에서 인덕터의 최대전류 $I_{\max}$는 다음과 같다.

$$i_L(t=DT)=I_{\max}=\frac{1}{L}\int_0^{DT}V_i dt+I_{\min} \tag{17}$$

여기서, 식 (17)의 적분식을 해석하면 DT 구간 동안 인덕터 전류 i_L은 다음과 같이 상승한다.

$$I_{\max}-I_{\min}=\frac{V_i}{L}\cdot DT \tag{18}$$

[2] 전류 하강구간 : $DT \le t \le T$

S가 오프 되는 $(1-D)T$ 구간 동안 컨버터의 등가회로는 그림 (2-8)의 (b)와 같으므로 인덕터 전압 v_L을 구할 수 있다. 즉,

$$v_L=V_i-v_o \tag{19}$$

인덕터 전류 i_L과 인덕터 전압 v_L과의 관계는 식 (23)과 동일하므로 식 (14)와 (19)에서 인덕터에 흐르는 전류 v_L의 기울기는 다음과 같다.

$$\frac{di_L}{dt}=\frac{V_i-v_o}{L} \tag{20}$$

정상상태에서 출력전압 v_o는 식 (13)의 조건을 만족하므로 식 (20)의 기울기는 항상 0보다 작다. 따라서 S가 오프 되어 다이오드 D가 온 되는 $t=DT$에서 인덕터 전류는 최대인 $I_{\max}$가 되며, 이 후 식 (20)의 기울기로 감소하여 $t=T$에서 최소인 $I_{\min}$으로 감소한다. 따라서, 식 (20)에서 인덕터 전류 i_L은

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_{DT}^{t}(V_i - v_o)dt + I_{\max} \tag{21}$$

식 (21)에서 인덕터의 최소전류 $I_{\min}$은 다음과 같이 구해진다.

$$i_L(t = T) = I_{\min} = \frac{1}{L}\int_{DT}^{T}(V_i - v_o)dt + I_{\max} \tag{22}$$

여기서, 출력전압 v_o는 리플성분이 필터 커패시커 C에 의해서 대부분 제거되는데, 이 경우 출력전압 v_o는 일정한 직류전압 V_o가 된다. 따라서, 식 (22)의 적분식을 해석하면 인덕터 전류 i_L은 다음과 같다.

$$I_{\min} - I_{\max} = \frac{V_i - V_o}{L}\cdot(1-D)T \tag{23}$$

[3] 출력전압 V_o

정상상태에서 출력전압의 평균값 V_o는 인덕터 전류의 관계식 (18)과 (23)을 더하면 다음과 같이 출력전압의 평균값 V_o에 대한 관계식을 얻을 수 있다.

$$\frac{V_i}{L}\cdot DT + \frac{V_i - V_o}{L}\cdot(1-D)T = 0 \tag{24}$$

식 (24)를 정리하면 출력전압 V_o는 다음과 같다.

$$V_o = \frac{V_i}{1-D} \tag{25}$$

제3절 MPPT 제어 알고리즘

태양전지 어레이의 최대전압은 일사량과 온도에 의해서 순시적으로 변화된다. 이 때문에 태양전지의 특성이 변화하지 않아도 동작점이 변하게 되어 최대출력을 얻을 수 없다. 따라서 태양전지를 효율적으로 동작시키기 위해서는 태양전지 어레이 출력을 항상 최대전력점에서 동작하도록 하는 제어가 필요하다. MPPT 제어기법은 태양전지 어레이에 연결된 부하를 제어하여 임피던스 매칭을 최적화함으로써 최대출력점 동작이 가능하게 하며 그 제어방법은 크게 아날로그 방식과 디지털 방식으로 분류된다. 알고리즘 측면에서는 일정 전압제어 알고리즘, P&O 알고리즘, IncCond 알고리즘 등으로 분류할 수 있다. 아날로그 제어방식의 경우 제어회로와 센서를 이용하여 구현이 가능하지만, 제어의 유연성과 다른 종류의 태양전지 어레이에 적용을 쉽게 하기 위하여 DSP 또는 마이크로컨트롤러를 사용하는 것이 유용하다. MPPT 기술의 핵심은 측정된 어레이 파라미터(I, V, P)를 이용하여 최대전력점을 추적하는 알고리즘이며, 태양전지 어레이의 동작점 변화와 어레이 출력전력의 변화에 일치시키기 위하여 연속적으로 동작시키는 것이다.[9,10]

MPPT 추종 알고리즘은 태양전지의 특성에 종속적이지 않고 자유로워야 하며, 실제적인 최대전력점 추종이 가능하여야 한다. 또한, 주기적인 튜닝이 필요치 않아야 하며 추종 속도가 빨라야 한다.

대표적인 MPPT 제어 방법으로는 일정전압 제어방법, IncCond 방법, P&O 방법 등을 들 수 있는데 P&O법과 IncCond법이 많이 쓰이는 방법이며, 이 방법은 전력-전압의 기울기에 의해 제어하는 방식이다. 많은 실험을 통하여 IncCond법이 P&O법보다 향상된 알고리즘임을 증명하고 있으며 빠른 일사량 변동 시에 유리한 알고리즘으로 알려져 있다.[11,12,13]

1. 일정전압 제어방법

태양전지 어레이의 출력전압은 일사량의 변화에 대해서 약간의 변동폭을 가지는 정전압 특성을 나타내고 있으므로, 어떤 일정한 전압을 설정하여 정전압으로 제어하는 방법을 일정전압 제어방법이라 한다. 이 기법은 출력에 대해 전력량이 필요하지 않으며, 부스트 컨버터의 듀티는 제어 회로에 의해 결정되며 이것의 출력측 DC전압은 정상상태 조건의 V_{ref}값에 의해 일정하게 유지된다. 이 일정전압 제어방법은 전류센서를 줄일 수 있으나 일사량 급변시 정확한 최대전력점을 찾아 동작하지 못해 출력효율이 감소하는 단점이 있다.[14]

2. IncCond 제어방법

IncCond 알고리즘은 P&O 알고리즘의 단점을 피하기 위한 방법으로 제안되었다. 태양전지 전압 V에 대한 출력전력 P의 미분이 최대전력점에서 '0'이 된다는 것을 기초로 하였다. 태양전지의 P-V특성을 보면 최대전력점을 기준으로 왼쪽의 미분값은 '0'보다 크고, 오른쪽은 '0'보다 작다는 것을 알 수 있다. 따라서 다음과 같은 식을 이끌어 낼 수 있다.

$$V = V_{mp} \qquad \frac{dP}{dV} = 0 \tag{26}$$

$$V < V_{mp} \qquad \frac{dP}{dV} > 0 \tag{27}$$

$$V > V_{mp} \qquad \frac{dP}{dV} < 0 \tag{28}$$

식 (26)으로부터 $P = VI$와의 관계를 이용하여 식 (29)를 구한다.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(VI)}{dV} = I\frac{dI}{dV} + V\frac{dI}{dV} = I + V\frac{dI}{dV} \tag{29}$$

식 (26)과 식 (29)를 조합하여 MPP조건 $V = V_{mp}$를 만족하는 다음식을 얻을 수 있다.

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \tag{30}$$

이 알고리즘은 DC-DC컨버터의 입력이나 P&O 알고리즘의 기준 전압 V_{ref}를 조정함으로써 이행된다.

필요 증분 dV와 dI의 변화는 이전 주기에 측정된 V와 I의 값에 대하여 가장 최근 값을 비교함으로써 접근시킨다.

$$dV(k) \approx V(k) - V(k-1) \tag{31}$$

$$dI(k) \approx I(k) - I(k-1) \tag{32}$$

MPP를 찾기 위한 중심함수는 다음과 같은 조건을 적용한다.

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \tag{33}$$

$$\frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V} \tag{34}$$

만약 식 (33)의 조건과 일치한다면 시스템은 MPP에서 동작하므로 동작전압을 바꿀 필요가 없다. 만약 식 (33)이 틀리다면 식 (27)과 식 (28)에 대한 식 (34)는 전압이 V_{mp}보다 크거나 작을 때 동작하는 시스템 조건을 결정하기 위해 사용되며, 항상 MPP동작전압이 조정되어 최대전력을 얻을 수 있게 된다.[15,16]

그림 (2-10)은 IncCond 제어 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다.

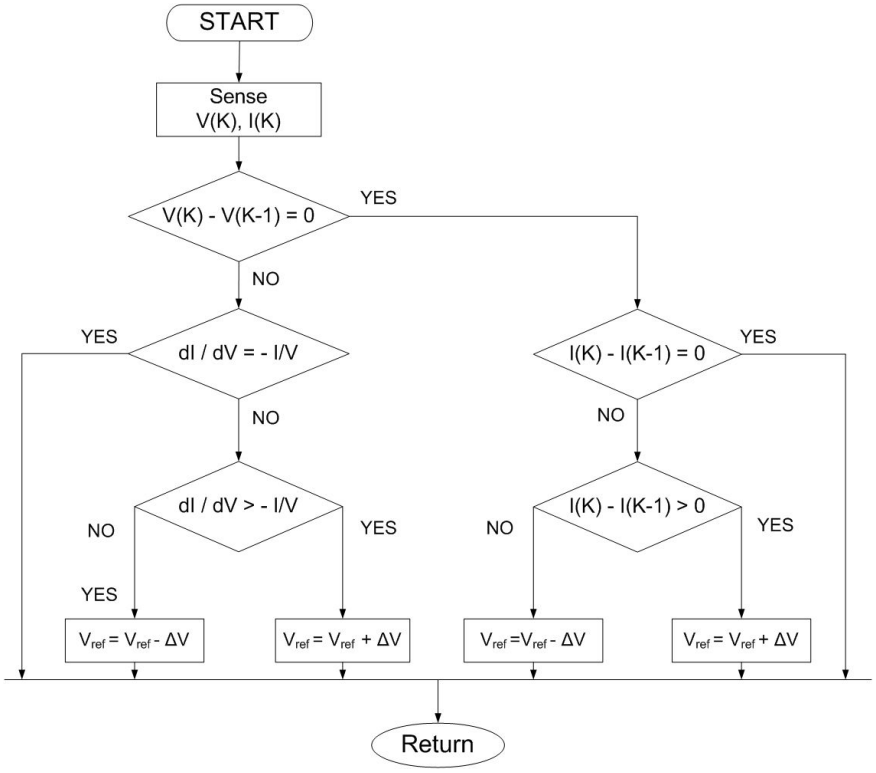


Fig. 2-10 Flow chart of the IncCond algorithm

3. P&O 제어방법

P&O 제어방법은 간단한 피드백 구조를 갖으며 소수의 측정 파라미터를 갖기 때문에 널리 사용된다. 이는 태양전지의 전압을 주기적으로 증가 또는 감소시킴으로써 동작하며, 이전의 교란주기 동안의 태양전지 어레이 출력 전력과 함께 현재 어레이 출력 전력 비교에 의해 최대전력의 상태를 연속적으로 추적하며 찾는다.

만약 전력이 증가하면 교란은 다음 주기 동안 계속해서 같은 방향으로 증가할 것이며 그렇지 않으면 교란의 방향은 반대가 될 것이다. 이것은 어레이 단자전압이 모든 MPPT 주기 동안 교란된다는 것을 의미한다. 그러므로 최대전력점에 이르렀을 때 P&O 알고리즘은 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자려진동(Self Oscillation)할 것이며, 그 결과 태양전지 어레이의 손실이 발생하게 된다. 이 문제는 최대전력점에 도달했을 때를 검출하기 위해 바로 앞의 주기 동안의 두 개의 파라미터 비교와 교란부를 바이패스하기 위한 P&O 알고리즘의 개선에 의해 해결할 수 있다. 전력손실을 줄이기 위한 다른 방법으로는 교란 step(ΔV)의 감소가 있는데 이 방법은 일사량이 낮은 경우 제어특성이 나빠지고, 환경조건이 급하게 변할 경우 최대전력점 추적속도가 늦어지게 되므로 step의 결정이 중요하게 된다.[17,18,19]

이 방법은 그림 (2-11)과 같은 순서도에 의해 동작한다.

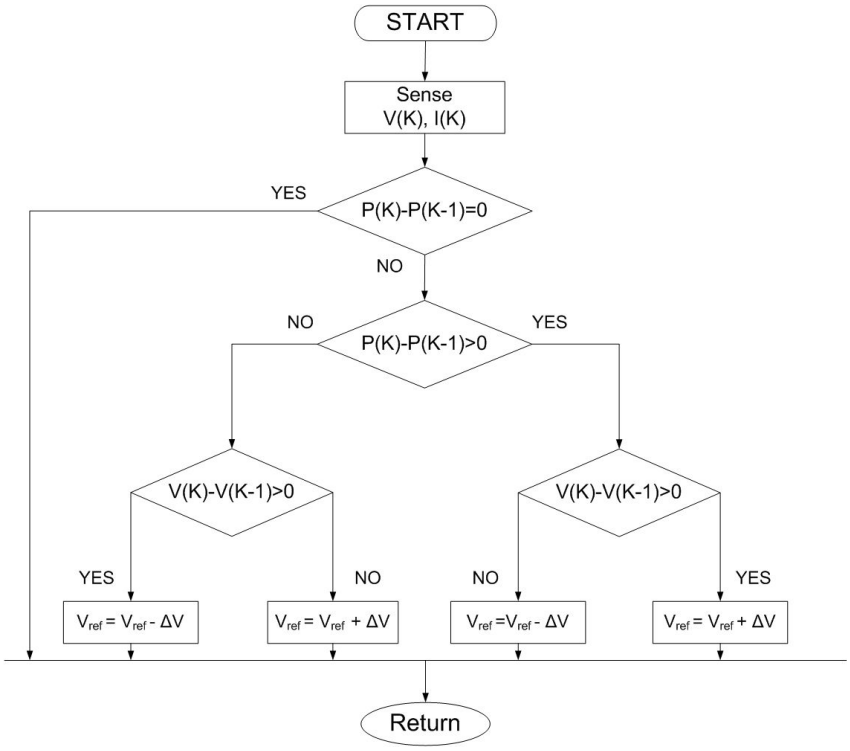


Fig. 2-11 Flow chart of the P&O algorithm

4. 제안하는 P&O 제어 알고리즘

기존의 P&O 제어 알고리즘은 최대전력점에 도달했을 때 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자려진동을 하였다. 그 결과 태양전지의 전력손실이 발생하게 되고 이를 해결하기 위한 방법으로 교란 step의 감소를 들 수 있으나 이 방법은 환경조건이 급변할 경우 최대전력점 추적속도가 늦어지는 단점과 낮은 일사량에서 제어특성이 나빠지는 단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 기존의 P&O 알고리즘이 일사량 급변 시에 추적속도가 늦어지는 단점을 보완하기 위해 개선된 알고리즘을 제안한다. 태양전지의 전기적 특성을 통해 입증된 바와 같이 태양전지의 I-V 특성곡선 상에서 일사량 변화 시에 전압의 변화는 크지 않지만 전류의 변화는 상대적으로 매우 크다. 따라서 변화량이 상대적으로 큰 전류값을 빠르게 증가 또는 감소시켜 준다면 최대전력점 추적속도가 향상될 수가 있다.

제안된 알고리즘은 이에 착안하여 일사량 급변 시 초기의 전압, 전류값을 샘플링하여 이전 주기의 전류값 $I(K-1)$과 현재 주기의 전류값$I(K)$를 비교하여 그 절대값이 설정값을 초과할 경우 교란 step에 증분 된 적절한 β값을 곱해 줌으로써 빠르게 최대전력점을 추적하게 되고, 설정값 이하일 때는 기존의 P&O 알고리즘과 같이 β값 1을 곱해 줌으로써 일사량 변화에 빠른 추적속도를 보이게 되었다. 또한, 일사량이 낮을 경우(100[W/m^2] 이하) 태양전지는 거의 발전을 하지 못하기 때문에 전력의 제한값을 설정하여 그 이하에서는 증분된 β값을 곱해 줌으로써 태양전지의 발전 효율을 향상시켰다.

따라서 유동적으로 교란 step을 결정해 줌으로써 일사량이 급변할 시에 기존의 P&O 알고리즘의 추적속도보다 향상된 추적속도와 효율을 나타낸

다.

그림 (2-12)는 기존의 P&O 알고리즘에 제안한 알고리즘을 추가한 개선된 P&O 알고리즘의 순서도이다.

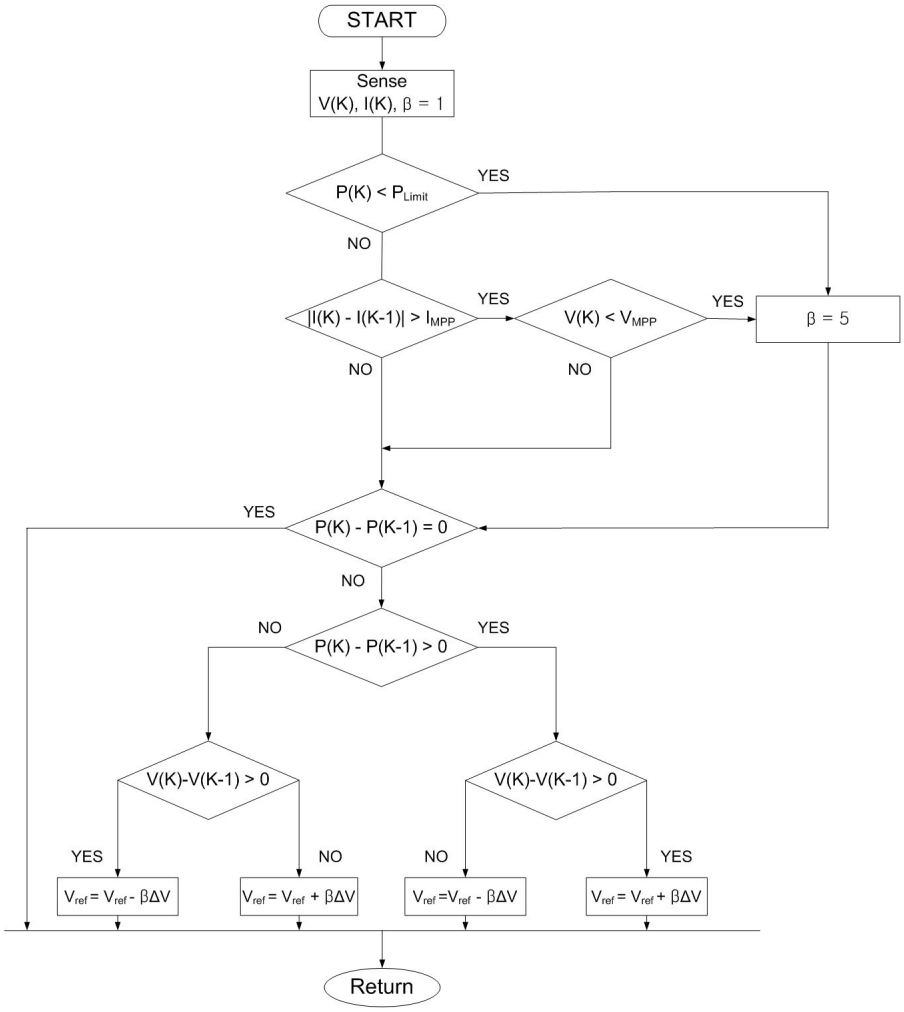


Fig. 2-12 Flow chart of the proposed P&O algorithm

제3장 시뮬레이션 및 고찰

제1절 태양전지 출력특성

본 논문에서는 태양전지의 출력특성 및 기존의 P&O 제어 알고리즘과 제안한 P&O 제어 알고리즘에 의한 출력특성을 시뮬레이션을 통하여 고찰하였다. 시뮬레이션 툴은 MATLAB Simulink를 이용하였으며 승압용 Boost 컨버터를 이용하여 모의실험을 수행하였는데, 이 때 태양전지 모듈의 파라미터는 표 1과 같다.

Table 1. Parameter of photovoltaic module

Parameter	Value	Parameter	Value
최대전력	53[W]	표준온도	25[℃]
개방전압	21.0[V]	정격전압	17.4[V]
단락전류	3.35[A]	정격전류	3.04[A]

그림 (3-1)과 (3-2)는 표 (1)의 태양전지 모듈의 전압-전류, 전력-전압 특성곡선을 일사량의 변화에 따라 시뮬레이션한 파형이다. 일사량이 1000 [W/㎡]을 기준으로 하고 일사량을 200 [W/㎡] 간격으로 감소한다는 가정하에 시뮬레이션을 수행한 결과 일사량의 감소에 따라 최대전력점이 감소함을 확인할 수 있었다.

최대전력점에서 전압은 17.4 [V], 전류는 3.04 [A], 전력은 약 53 [W]로 나타났다. 그러나 실제 실험에서는 약 16 [V]에서 19[V]의 전압과 3.1 [A]

에서 3.6[A]의 전류가 출력되었는데 이것은 부하 가변 시나 태양광발전시스템 설계 시 내부저항에 의한 손실에 의한 것으로 사료된다.

그림 (3-3)과 (3-4)는 태양전지의 직렬저항에 따른 태양전지의 전류-전압, 전력-전압특성을 시뮬레이션한 파형으로 직렬저항을 0[Ω], 8[mΩ], 16[mΩ]으로 변화시켰을 때 특성을 나타내고 있다. 직렬저항이 변함에 따라 최대전력점이 변동함을 알 수 있으며, 따라서 최대출력점 기준값도 변동값에 따라 가변 하여야 함을 알 수 있다.

태양전지에 병렬저항을 연결하여 개방상태에서 단락상태로 서서히 가변하여 전압-전류, 전력-전압변화를 시뮬레이션한 결과를 그림 (3-5)와 (3-6)에 나타내었다. 태양전지의 전기적 특성과 같이 저항값이 감소함에 따라 최대출력점의 기준값이 점점 낮아지는 것을 알 수 있다.

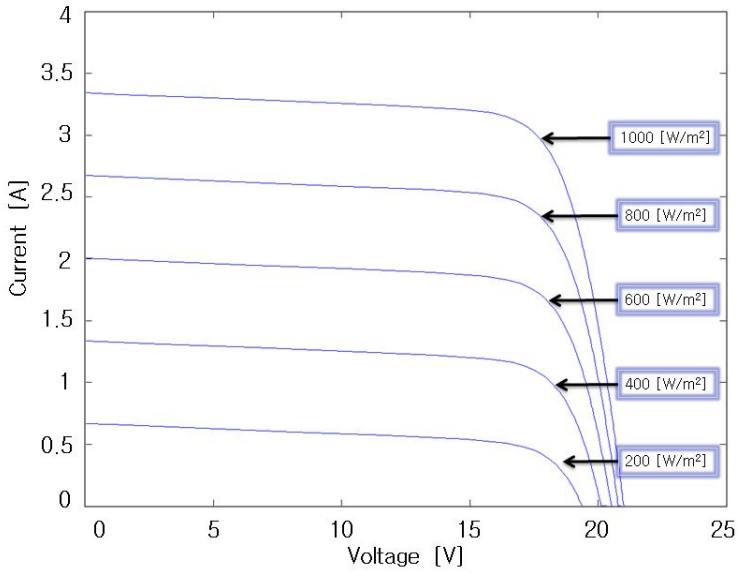


Fig. 3-1 I-V characteristics curve at difference insolation

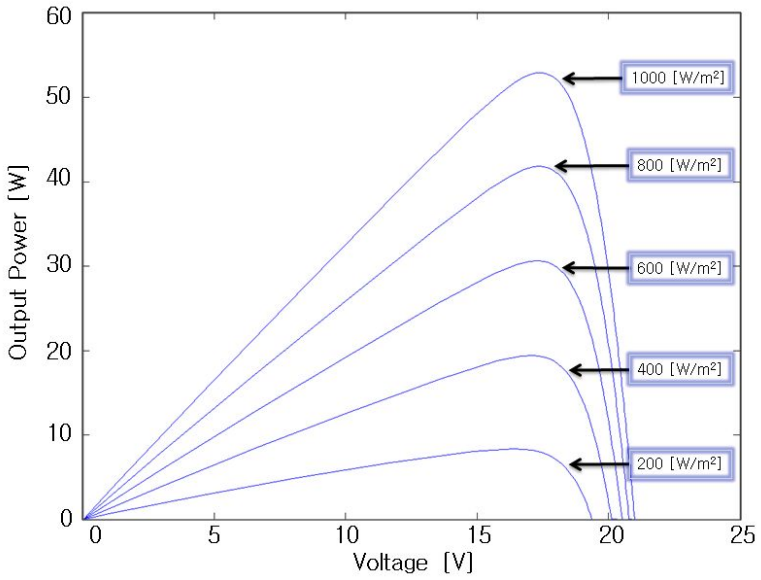


Fig. 3-2 P-V characteristics curve at difference insolation

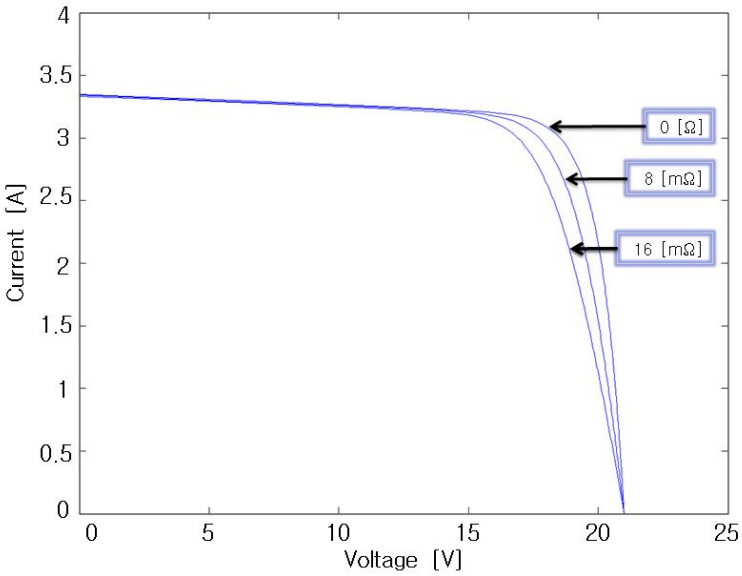


Fig. 3-3 I-V characteristics curve at difference series resistance

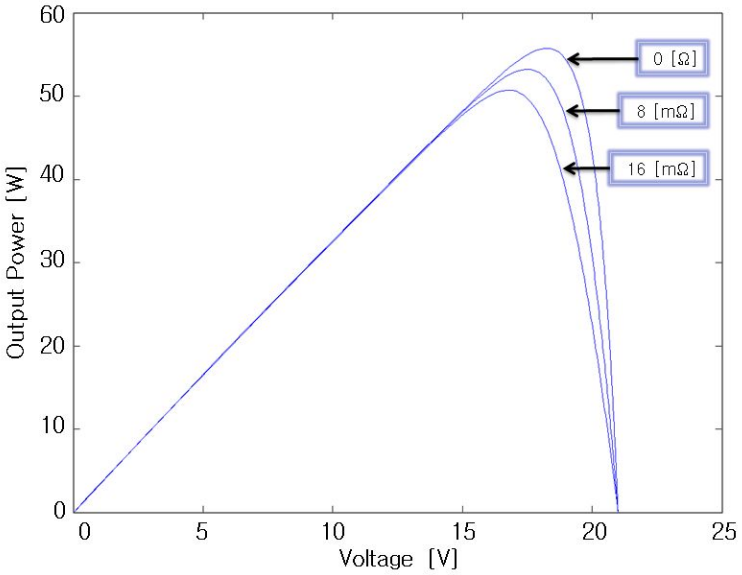


Fig. 3-4 P-V characteristics curve at difference series resistance

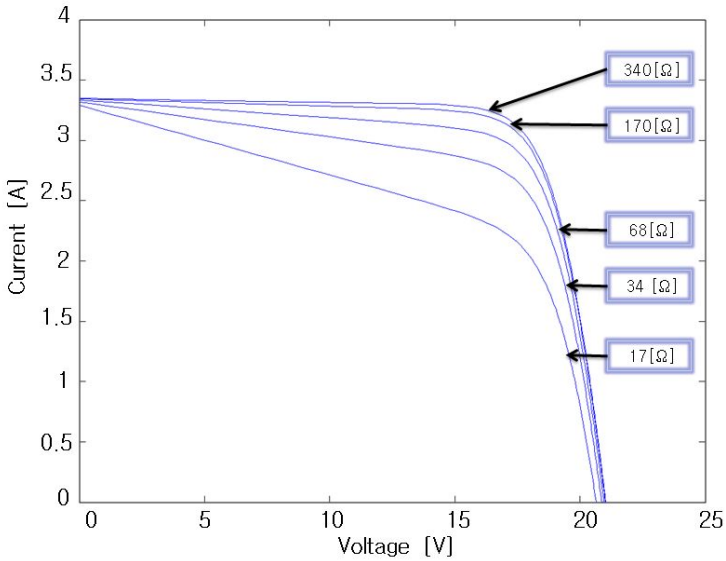


Fig. 3-5 I-V characteristics curve at difference shunt resistance

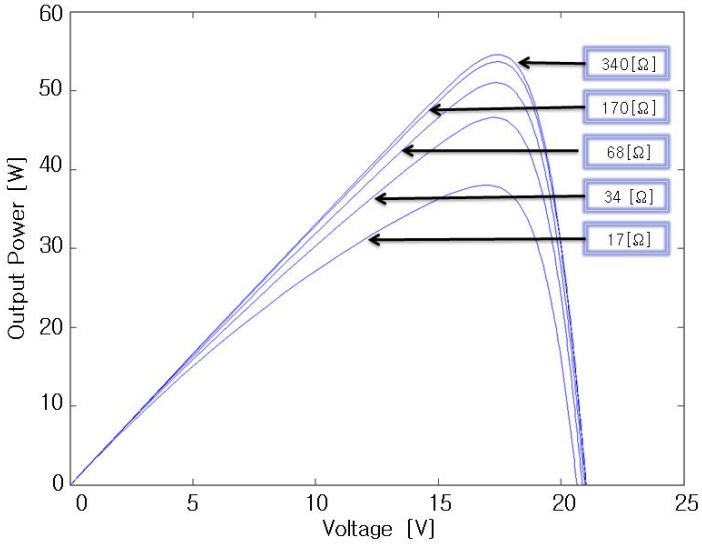


Fig. 3-6 P-V characteristics curve at difference shunt resistance

제2절 MPPT 제어 특성

MPPT를 수행하는 알고리즘을 고찰하기 위해 그림 (3-7)의 MATLAB simulink 회로도를 이용하였다. 이 회로도는 기본적으로 태양전지 모듈에 부스트 컨버터와 MPPT 제어부로 구성하였으며, 기존의 P&O 제어 알고리즘과 본 논문에서 제안하는 개선된 P&O 제어 알고리즘을 비교하는 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 (3-8)은 실험에 사용된 부스트 컨버터의 회로도를 simulink를 이용하여 나타낸 것이고, 그림 (3-9)는 MPPT 제어 알고리즘을 나타낸 것이다.

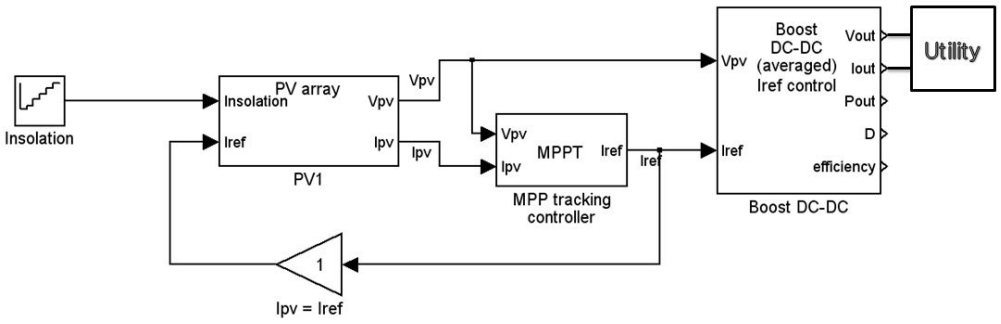


Fig. 3-7 Whole control system using simulink

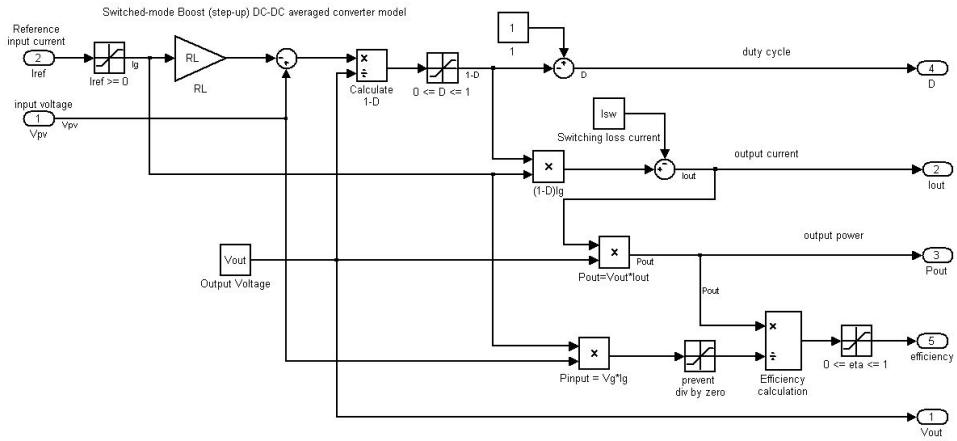


Fig. 3-8 Boost converter circuit using simulink

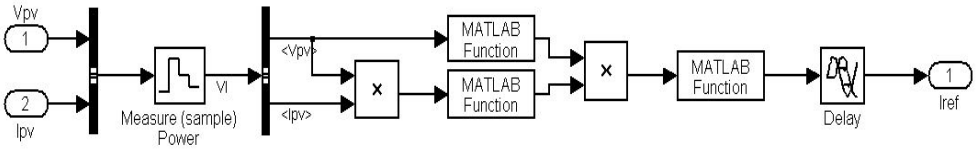


Fig. 3-9 MPPT control circuit using simulink

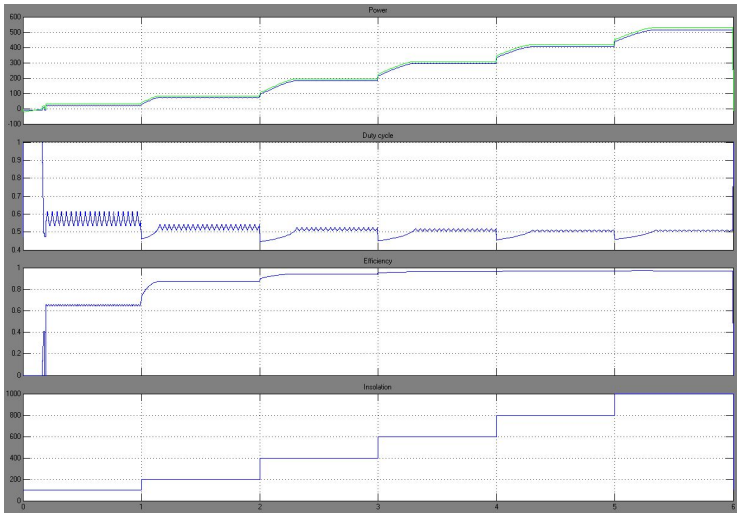
그림 (3-10)의 (a)와 (b)는 기존의 P&O 제어 알고리즘과 본 논문에서 제안하는 개선된 P&O 제어 알고리즘을 이용하여 일사량을 100[W/m^2]부터 1000[W/m^2]까지 점차 증가시켰을 때의 시뮬레이션 파형을 나타낸다. 일사량이 점차 상승함에 따라 최대전력점 또한 높아지는 것을 알 수 있다.

그림 (3-11)의 (a)와 (b)는 그림 (3-10)의 시뮬레이션 파형을 부분 확대한 것이다. 일사량 변동에 따라(800[W/m^2]에서 1000[W/m^2]) 정상상태에 도달할 때까지의 시간이 기존의 P&O 제어 알고리즘은 약 0.32[s] 가 걸린 반면, 제안하는 P&O 제어 알고리즘은 약 0.08[s]로 기존의 방식에 비해 빠른 것을 알 수 있었다.

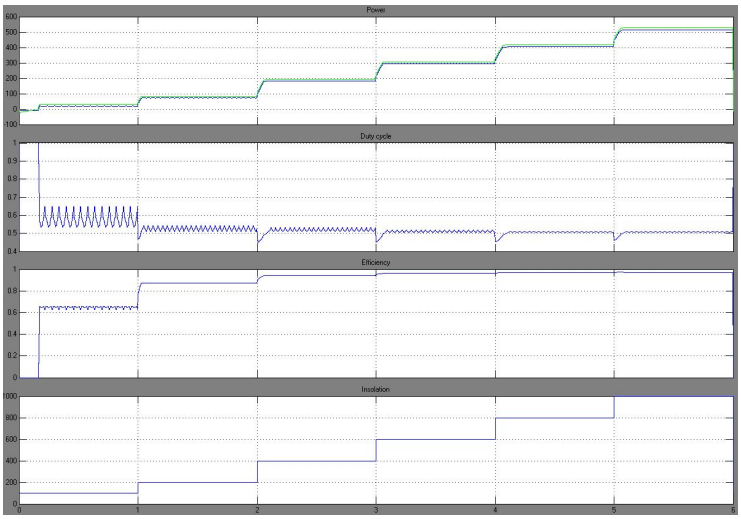
그림 (3-12)의 (a)와 (b)는 기존의 P&O 방법과 제안하는 P&O 방법의 일사량 급변 시에 정상상태에 도달할 때까지의 시뮬레이션 파형을 나타내고, 제안하는 방식이 기존의 방식에 비해 안정되고 MPP에 추종하는 것을 알 수 있었다.

그림 (3-12)를 부분 확대한 그림 (3-13)은 기존의 P&O 방법이 일사량이 1000[W/m^2]에서 500[W/m^2]로 급감했을 때 정상상태에 도달할 때까지의 시간이 약 0.17[s]가 걸리고, 500[W/m^2]에서 1000[W/m^2]로 급증했을 때의 도달 시간은 약 0.8[s] 정도 걸리는 것을 알 수 있었다.

그림 (3-14)는 본 논문에서 제안하는 P&O 제어방법이 일사량이 1000[W/m^2]에서 500[W/m^2]로 급감했을 때 정상상태에 도달할 때까지의 시간이 약 0.12[s]가 걸리고, 500[W/m^2]에서 1000[W/m^2]로 급증했을 때의 도달 시간은 약 0.2[s] 정도 걸려 본 논문에서 제안하는 방식이 MPP에 추종하는 속도가 더욱 빠른 것을 알 수 있었다.

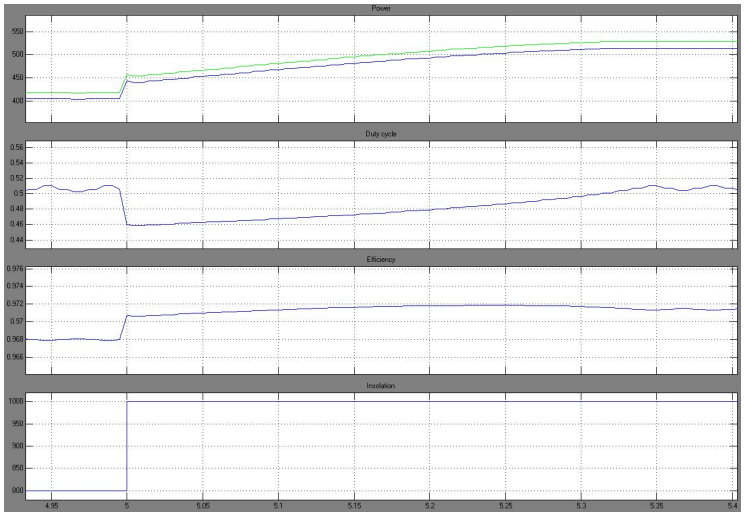


(a) Conventional control method

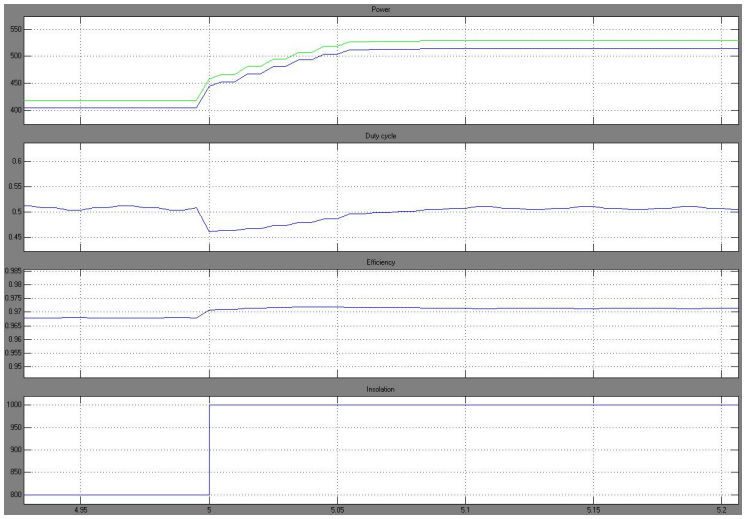


(b) Proposed control method

Fig. 3-10 Output characteristics according to variation insolation

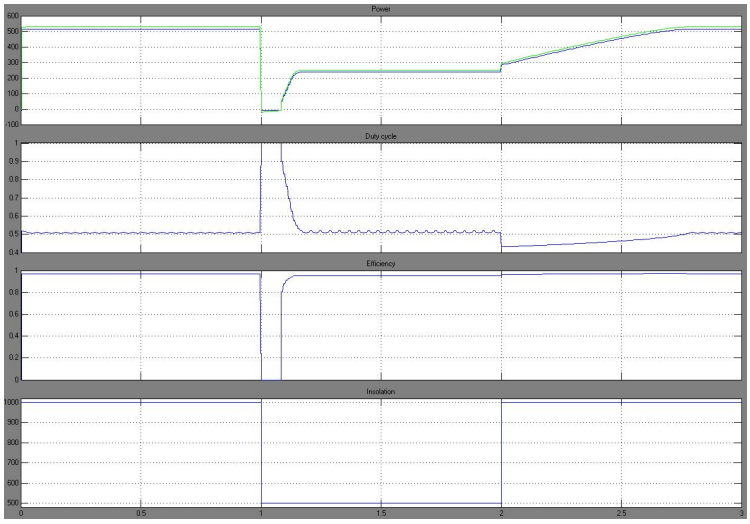


(a) Conventional control method

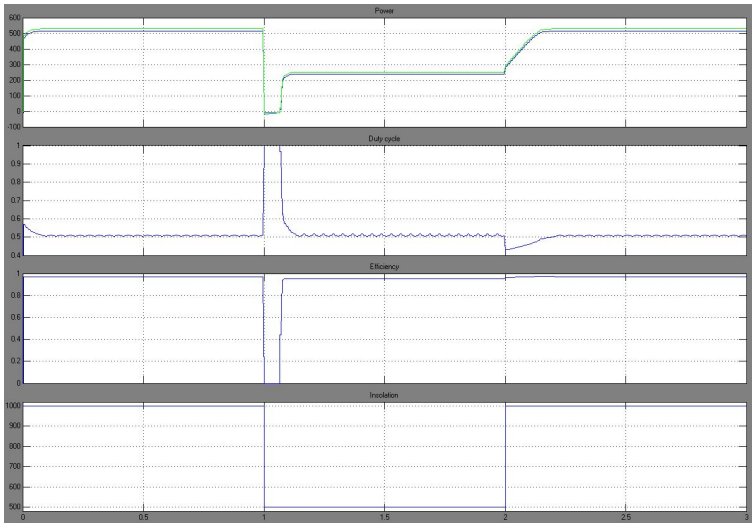


(b) Proposed control method

Fig. 3-11 A part magnification of output characteristics according to variation insolation

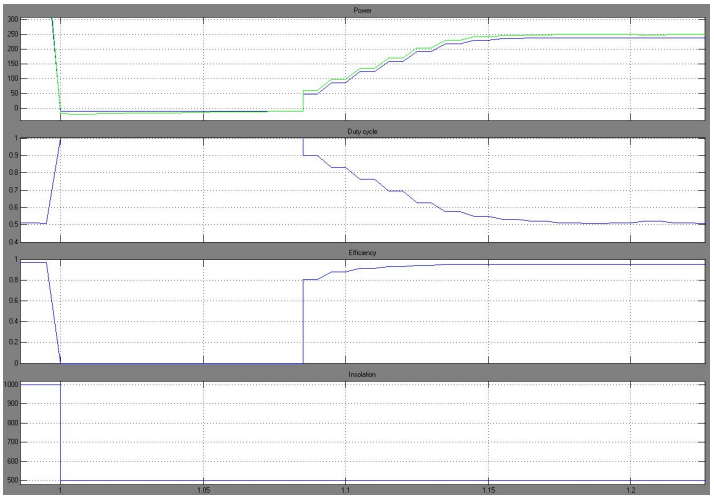


(a) Conventional control method

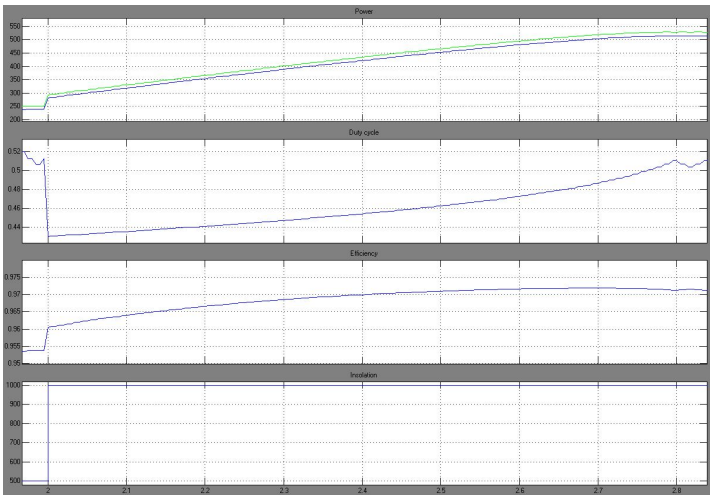


(b) Proposed control method

Fig. 3-12 Output characteristics according to rapid variation insolation

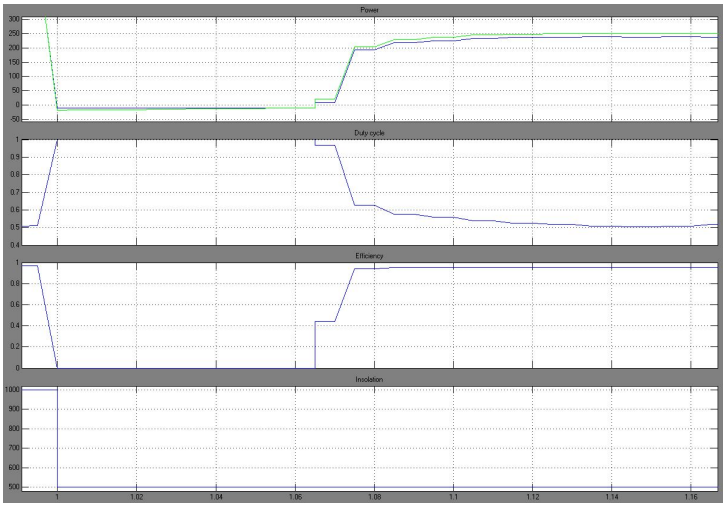


(a) Fall

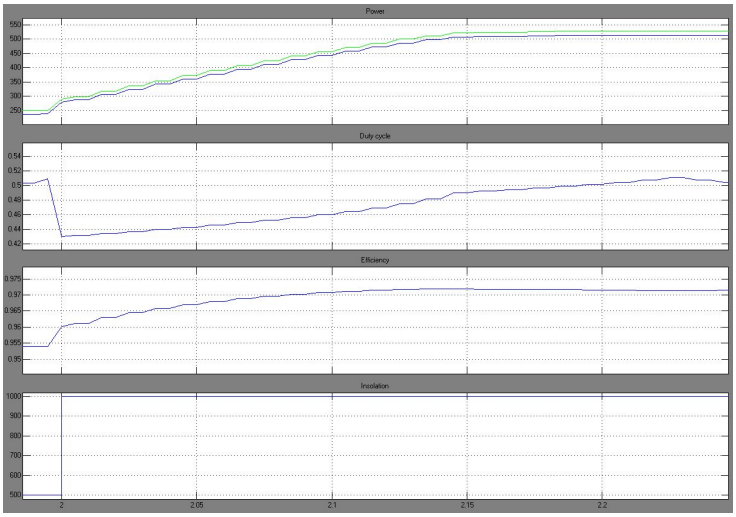


(b) Rise

Fig. 3-13 A part magnification according to rapid variation insolation in conventional control method



(a) Fall



(b) Rise

Fig. 3-14 A part magnification in rapid variation insolation in proposed control method

제4장 결 론

태양전지의 효율을 높이기 위해 태양전지의 최대전력점 추종은 매우 중요한 부분이며, 날씨가 급변하는 상황에서도 빠르게 태양전지의 최대전력점으로 제어하는 것 또한 중요하다.

본 논문에서는 태양광 발전시스템을 위한 최대전력점 추적방식에 대하여 일반적으로 사용되는 일정전압 제어방법과 P&O 제어 알고리즘, IncCond 제어 알고리즘에 대하여 서술하였고, 기존의 P&O 알고리즘은 환경조건이 급변할 시 MPP(Maximum Power Point)를 추종하는 추적속도가 늦어지는 단점을 갖고 있었는데 이를 보완하기 위해 기존의 알고리즘을 개선한 새로운 알고리즘을 제안하였다.

일사량이 급변할 시 전압의 변화에 비해 전류의 변화량이 상대적으로 크기 때문에 전류의 변화값을 검출하여 변화량이 설정값 이상일 경우에는 증분된 β값을 곱해 주어 빠르게 MPP에 추종하도록 하고 설정값 이하일 때는 β값에 1을 곱해 주어 기존의 P&O 알고리즘으로 MPP에 추종하도록 하였다. 시뮬레이션을 통해 검증한 결과 기존의 P&O 알고리즘에 비해 MPP를 추종하는 속도는 본 논문에서 제안하는 방식이 기존의 방식에 비해 빠른 것을 알 수 있었다. 또한 일사량이 급변할 시에도 제안하는 방식이 더욱 안정된 속도로 MPP를 추종해 가는 것을 알 수 있었다.

태양전지의 최대전력점 추종과 전력변환장치의 효율을 높이고자 하는 연구는 지속적으로 진행되어 왔으며, 향후 제안한 방식에 대한 필드테스트와 실증연구 및 모니터링 시스템을 구축하여 그 효율과 경제성을 검증해 대용량 시스템에 적용하는 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Dr. F. Lasnier, Tony Gan Ang, "Solar Photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology, Vol. 1 (1998), pp. 10-50.

[2] Ruther R., Silva A., Montenegro A., Salamon I., Araujo R., "The petrobras 45.5 kwp, grid-connected PV system : a comparative study of six thin-film module types operating in brazil", Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Vol. 1 (2002), pp. 1440-1443.

[3] Charles. R. Sullivan, Matthew J Powers, "A high-efficiency maximum power point tracker for photovoltaic array in a solar-powered race vehicle", Proceedings of the IEEE, 1993, pp. 574-580

[4] Hussein K H, Muta I, "Modified Algorithms for Photovoltaic Maximum Power Tracking", Record of 1992 Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Japan, pp. 301, 1992, October

[5] K.H Hussion, "Maximum Photovoltaic Power Tracking: An Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Conditions", Proceedings of the IEE, Col. 142, No. 1, pp. 59-64, 1995.

[6] Nagayoshi H., Orio S., Kono Y., Nakajima H.,"Novel PV array/module I-V curve simulator circuit", IEEE Photovoltaic

Specialists Conference, vol. 1 (2002), pp. 1535-1538.

[7] B. P. Edwards, “Computer based sun following system”, Solar Energy, Vol. 21 (1998), pp. 491-496.

[8] Nagayoshi H., Orio S., Kono Y., Nakajima H.,“Novel PV array/module I-V curve simulator circuit”, IEEE Photovoltaic Specialists Conference, vol. 1 (2002), pp. 1535-1538.

[9] T. Esram and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 22, no. 2, pp. 439-449, 2007.

[10] Victorio Arcidiacono, Sando Corsi, Luciano Lambri, "Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Power Plants", IEEE. PP. 507-512, 1982.

[11] Andoubi, R., Mami, A., Dauphin-Tanguy, G., Annabi, M. "Bond Graph Modelling and Dynamic Study of a Photovoltaic System Using MPPT Buck-Boost Converter", IEEE ICS, Vol. 3, PP. 200-205, 2002.

[12] Kazuyoshi Tsukamoto, "Photovoltaic Power System Interconnected with Utility", Proceedings of the American Power Conference, PP. 27 6~281, 1997.

[13] Masato Hoshino, Gunji Kimula, Mitsuo Shioya, "DC-DC Converter and Inverter for Photovoltaic Modules", IECON. PP. 569-574, 1988.

[14] Ruther, R., de Silva, A.J.G., Montenegro, A.A., Salamon, I.T.,

Araujo, R.G., "The Petrobras 45.5kwp, grid-connected PV System: a Comparative Study of Six Thin-film Module Types Operating in Brazil ", Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 2002 , PP. 1440-1443 , 2002.

[15] Kotsopoulos, A., Duarte, J.L., Hendrix, M.A.M., Heskes, P.J.M., "Islanding Behaviour of Grid-connected PV Inverters Operating under Different Control Schemes ", Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference - Volume 3 , PP. 1506-1511 , 2002.

[16] Gwonjong Yu, Jinsoo Song, "Development of Power Converter for Photovoltaic System", Japan-Korea Joint Seminar on TECHNICAL DIGEST PHOTOVOLTAICS, PP. 247~254, 1995.

[17] Gwonjon Yu, "Application of Instantaneous Sinusoidal Current Tracking Control Inverter to Photovoltaic System", Int'1 PVSEC-5, 8-Ⅲ-3, PP. 661, Nov. 1990.

[18] 유권종외, "PWM Chopper에 의한 태양전지 출력제어", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, PP. 401~408, 1990. 7.

[19] K.H.Hussein, I.Muta, T.Hoshino and M.Osakada., "Maximum photovoltaic power tracking: an algotithm for rapidly changing aymopheric conditions", IEE-Proceeding. Generation, Transmission and Distribution., vol. 142, pp. 59-64, Jan. 1995.

감사의 글

조선대학교 전기공학과 대학원에 입학한 게 엊그제 같은데, 벌써 2년이란 시간이 흘러 많은 아쉬움과 후회를 남기며 논문을 마무리하게 되었습니다. 부족하지만 지금까지 많은 분들의 관심과 격려 속에서 소중한 결실을 맺게 되었습니다. 그간 베풀어주신 여러분들의 고마움에 대해 짧은 글로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저, 학위과정 동안 항상 모든 일에 있어 세심한 지도와 가르침을 주시고 또한 학문적 용기를 북돋아 주신 조금배 교수님께 진심으로 감사드립니다. 논문의 심사와 완성을 위해 아낌없는 조언과 격려를 주신 정수복 교수님, 이우선 교수님께 감사를 드립니다. 또한 항상 따뜻한 격려와 지도를 아끼지 않으신 조선대학교 전기공학과의 오금곤 교수님, 백형래 교수님, 김용재 교수님, 그리고 해외연수 중이신 최효상 교수님의 은혜에 감사드립니다.

2년간의 태양광발전실험실 생활동안 항상 따뜻한 조언을 해 주시고 용기를 북돋아 주셨던 최연옥, 이강연, 박정민 선배님들에게 깊이 감사드리며, 실험실에서 같이 생활하며 서로 도움을 주었던 김보현, 신승호, 백승학, 장인혁과 대학원 원우회의 조용선, 정병익, 박주선, 임채현, 류승한에게도 진심으로 고맙다는 말을 전합니다.

고등학생 때 만나 지금까지 우정을 나누어 온 유영권, 장윤혁, 정창훈, 최진호에게 사랑한다는 말을 전하며, 인원이 너무 많아 나열하기 어려운 대학동창 한타스 멤버들과 학술동아리 ACA 36기 동기생들에게 진심으로 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 글로는 표현할 수 없는 사랑과 정성으로 보살펴 주시고 아낌없는 격려와 신뢰를 보내주신 아버지, 어머니께 고개 숙여 감사를 드리

며, 언제나 믿음과 사랑으로 감싸주신 형, 형수님, 누나, 매형에게 작은 결실로 조금이나마 감사의 마음을 대신하고자 합니다.

이제 사회 초년생으로서 첫 발을 내딛고자 합니다. 언제나 부모님의 말씀을 잘 따르고 여러 교수님들과 선배님들의 조언을 가슴에 새겨 성실하고 책임감 있는 사람이 될 것을 약속드리며 존경하고 사랑하는 부모님께 이 작은 결실을 올립니다.

2009年 12月

김 대 승

저작물 이용 허락서

학 과	전기공학과	학 번	20087088	과 정	석사
성 명	한글: 김 대 승 한문 : 金 大 勝 영문 : KIM DAE SEUNG				
주 소	전남 목포시 상동 주공아파트 301-601				
연락처	E-MAIL : rainmake12@hanmail.net				
논문제목	한글 : 개선된 알고리즘을 이용한 태양전지 MPPT 제어 영문 : The MPPT Control of Solar Cell Using Improved Algorithm				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 조건부 동의( ) 반대( )

2010 년 2 월 일

저작자: 김 대 승 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하