

퍼지제어기를 이용한 에어콘 구동용 태양광 발전시스템의 최대전력점추종 방법

강 병복 · 차인수 · 유권종 · 정명웅 · 송진수 ·

· 동신대학교 대학원 전기전자공학과

·· 한국에너지 기술 연구소

The Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic System for Air Conditioning System using Fuzzy Controller.

Byung-bog Kang* In-su Cha* Kwon-jong Yu** Myung-woong Jung** Jinsoo Song **

* Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ.

** Korea Institute of Energy Research (KIER)

Abstract - The purpose of this paper is to develop a new maximum power point tracking(MPPT) using fuzzy set theory for air conditioning system. Fuzzy algorithm based on linguistic rules describing the operator's control strategy is applied to control step-up chopper for MPPT. Fuzzy algorithm is applied to control boost MPPT converter by temperature compensation effect with 8 bit single chip 8051 microcontroller. In this paper, temperature compensation (Becom Transducer : pf-T type) range is $-40^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$.

I. 서 론

태양광 발전은 미래에너지 중에서 가장 유망한 기술중 하나인데, 이것은 무공해이고 무환경이며 폭넓게 이용할 수 있는 에너지원이기 때문이다. 이런 이유로 현재 진행되고 있는 태양광 발전은 멀지 않은 장래에 실제로 응용할 수 있을 것이다.

태양광발전 어레이로 부터 최대전력점을 얻는 태양광 발전 시스템은 일반적으로 최대전력점 추종제어가 요구되어 진다. 태양전지의 출력특성은 부하와 태양의 일사량, 전지의 온도에 따라 비선형적이다. 때문에, 최대전력점 추종제어는 복잡한 문제를 가지고 있다. [1],[2]

태양광발전 모듈에서의 최대전력은 일사량이나 태양전지의 온도와 같은 환경적 요소에 의존하고, 시스템으로부터 제공되는 최대전력을 위한 최적 동작점과 동일의 정확한 온라인이 필요하는데 이러한 온라인을 원활하게 수행해 주는 중간역할을 해주는 것이 퍼지제어기이다.

최근 퍼지제어기를 복합적이고 비선형 시스템에 적용함으로써 가장 큰 관심을 받았다. [3]

본 논문에서는 퍼지제어기를 이용하여 P_{MAX} 를 제어할 때 그 특성이 기준의 제어기에 비하여 우수한지를 조사하였고 보상된 전압(즉, 온도와 트랜듀서에 의해 결정된)

을 포함한 최적의 전력점을 Boost 컨버터를 통하여 일정하게 유지시킴으로서 부하에 알맞은 전력을 유추하도록 연구를 진행하였다.

II. MPPT제어를 위한 부스터 컨버터

DC-DC 컨버터는 직류부하의 구동을 위하여 태양광발전 시스템에 사용하였다.

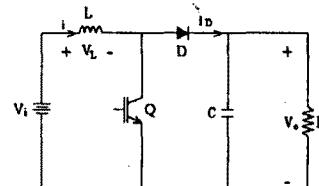


그림 1. 승압 컨버터의 기본적인 회로

그림 1은 승압 컨버터의 기본적인 회로를 보여주고 있다. 이러한 승압 컨버터로부터 입출력 전압의 관계식은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} \frac{V_i}{L} \cdot T_{ON} &= \frac{V_i - V_o}{L} \cdot T_{OFF} \\ V_o &= \frac{T_{ON} + T_{OFF}}{T_{OFF}} \cdot V_i > V_i \end{aligned} \quad (1)$$

보상온도, 비보상온도에 의한 최적 전압은 다음과 같음을 보여주고 있다.

가. 보상된 온도일 경우

$$V_m(t) = V_m \times [1 + \gamma(t-25) - \delta(100-L)] \quad (2)$$

$V_m(t)$: 실험상태에서의 최적전압 [V]

V_m : 표준상태에서의 최적전압 [V]

γ : 최적전압의 온도계수 $\Rightarrow -0.0038 / 1^{\circ}\text{C}$

δ : 최적전압의 일사량 계수 $\Rightarrow 0.000094 \text{ mW/cm}^2$

L : 일사량 값

$$\alpha = \frac{V_m(t) - V_2(t)}{V_m(t)}$$

(\$V_2\$: 승압 컨버터의 출력전압 [V])

1 : 온도

$$t = (V_0 - 1) \times \frac{140}{4} - 40$$

(\$V_0\$: 트랜듀서 출력전압)

나. 비보상된 온도일 경우

$$t = \text{대기 온도}$$

III. MPPT제어를 위한 퍼지제어기

본 논문에서 퍼지제어기는 태양광발전 시스템의 MPPT 제어부에 위치하는데 제어 대상은 태양전지 어레이로부터 산출되고 태양광의 일사량, 온도 등의 환경적인 요소에 따라 기변하는 최대전력점을 추론하고 추종하는 것이다. 일반적으로 DC-DC컨버터는 MPPT에 의한 부하의 전압과 입력전압 사이에서 사용된다.

가. 퍼지화

그림 2는 기변하는 입·출력에 대한 기본적인 7 단계의 Membership Grade를 보여주고 있다.

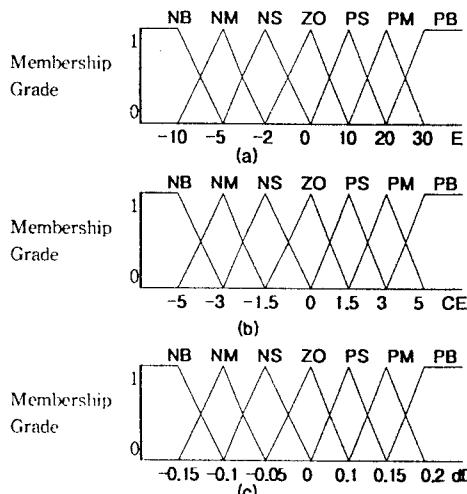


그림 2. 온도 보상에 의한 태양광발전 시스템의 입력 E, 출력 CE, 출력 dD에 대한 Membership Function

나. 추론방법

표 1은 퍼지룰을 보여주고 있는데, 퍼지룰은 다양한 입력 E가 항상 0을 갖도록 설계되어야 한다.

퍼지 추론 방법으로써 Mandani의 추론방법인 최대-최소 동작 퍼지조합법이 사용되었다.

다. 비퍼지화

비퍼지화 방법은 무게중심법을 사용을 사용하였다.

표 1. 퍼지룰 표

E	CE	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PS	PS	PM	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PM	PM	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB	PB

IV. 실험 결과

가. 시스템

그림 3은 태양전지 에너지 변환 설계에 대한 불력 다이어그램을 나타내고 있다.

태양광 발전 어레이 표면의 온도를 온도보상기에 의해 감지하고 그 Data와 동작전압을 A/D 컨버터를 통하여 8051 마이크로 콘트롤러에 전달하면 온도, 일사량 등의 변수에 따른 최적전력점을 찾고, 그 변환된 값을 보상하기 위해 드라이브 회로를 통해 IGBT에 스위칭신호를 가하였다. 또한, 일정한 출력전압을 얻기 위해 마이크로 콘트롤러에서 출력전압을 읽어들이고 비교하여 시비율을 조절함으로써 일정전압을 유지하도록 하였다.

본 논문에서 사용한 태양광 어레이에는 태양광 모듈을 12S×2P로 연결하였으며 온도센서는 T-type의 Becom Transducer를 사용하였고, 설계된 태양광 시스템에서는 부하전압 175.2[V], 부하전류 5.9 [A], 최대전력 1034 [W]의 특성을 얻을 수 있었다. 본 논문에서 사용한 태양전지 모듈의 전기적 특성은 다음과 같다.

개방 전압	: 18	M
단락 전류	: 3.3	A
부하 전압	: 14.6	V
부하 전류	: 2.9	A
최대 전력	: 43	W

그림 4는 SPI-ARRAY IESTER TM 750을 사용하여 측정한 태양광모듈의 I-V특성을 보여주고 있다.

그림 5는 태양광 시스템의 입력 전압, 전류, 전력을 보여주고 있다. 그림 6은 퍼지제어기와 일반제어기, 퍼지와 온도보상을 병용한 제어기를 태양광 시스템에 적용하였을 때의 출력 전압, 전류, 전력을 보여주고 있다.

세가지의 경우를 비교해 보면 일반제어기를 적용한 경우 전압에 대한 전력의 궤적이 크게 나타났고, Fuzzy제어 보다 Fuzzy 제어기와 Transducer를 병용한 방법이 더욱 안정한 전력의 궤적이 나타났음을 알수 있다. 즉, 퍼지 제어기와 Transducer에 의한 구현이 세가지의 제어기법 중에서 가장 우수한 태양광 전원의 MPPT 제어특성을 얻을 수 있음을 알수 있다.

V. 결 론

실제의 실험에서도 일사량 등에 따라서 전압 보다는 전류가 민감하게 기변함을 알 수 있었고 이를 이용해 전력 궤적을 산출해 냈는데 결국, 퍼지와 트랜스듀서를

병용한 방법이 퍼지나 기준의 일반 제어기 보다 좋은 특성을 나타낼 수 있었다.

- 참고 문헌 -

- [1] T.Ohnishi and H.Okitsu, "Maximum power control of the solar cell by chopper control", Japan Society for Power Electronics, No.44, pp. 39~46, 1981.
- [2] K.Heuman and W.Wienhofer, "Optimization of Photovoltaic Solar System by Controlled DC-DC Converter", Proc.of IPEC Tokyo, pp. 1049~1059, 1983.
- [3] Hae-Am Park, In-Su Cha, Hyung-Lee Baek, "Sinusoidal Rotator Chair System Using an Auto-Tuning Fuzzy PID Control for Evaluating the Vestibular Function", ASCC'94, Tokyo, pp. 989~992, 1994.

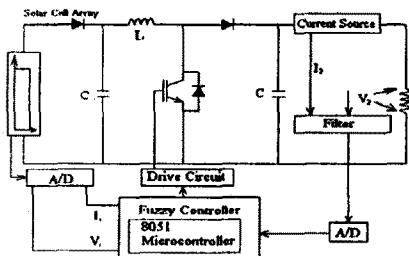


그림 3. PV 에너지 변환 설계에 대한 블럭 다이어그램

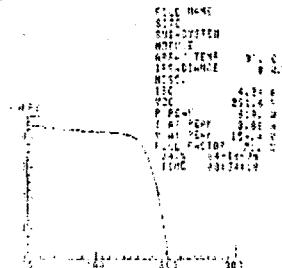


그림 4. SPI-ARRAY IESTER TM 7500에 의한 태양광모듈의 I-V특성.

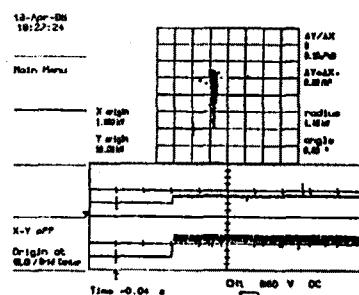
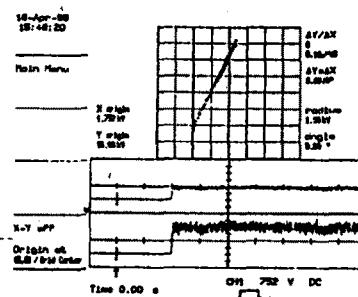
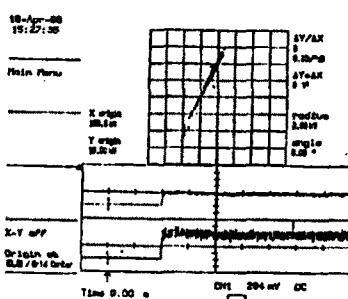


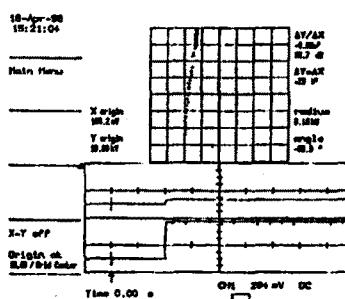
그림 5. 태양광 시스템의 입력 전압, 전류, 전력.



(a) 일반 제어기



(b) 퍼지 제어기



(c) 퍼지+Transducer

그림 6. 퍼지제어기와 일반제어기, 퍼지와 온도보상을 병용한 제어기를 태양광 시스템에 적용하였을 때의 출력 전압, 전류, 전력