

퍼지제어에 의한 태양전지의 최대출력점 추적제어

김종수*, 김대균*, 김성남*, 이승환**, 김용주***, 한경희*
 *영지대학교, **충남전문대학, ***동양공업전문대학

Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic Array Using Fuzzy control

Jong-Su Kim*, Dae-Gwun Kim*, Sung-Nam Kim*, Seung-Hwan Lee**,
 Yong-Joo Kim***, Kyung-Hee Han**

*Myong Ji University, **Chung Nam Junior College, ***Dong Yang College

Abstract - In this paper, Maximum Power Point Tracking Method using Fuzzy controller is proposed to improve energy conversion efficiency.

The solar cell has an optimum operating point to be able to get maximum power. To obtain maximum power from photovoltaic array, photovoltaic power system usually requires maximum power point tracking controller. The output characteristics of solar cell are nonlinear.

To obtain maximum power from photovoltaic array, the fuzzy controller only uses the output power. Therefore this control method is easy to implement to real system.

1. 서 론

청정에너지원인 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 태양전지의 출력특성은 일사량 및 온도 등에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서, 많은 에너지를 얻기 위해서 태양전지의 출력은 어떤 조건에서도 최대출력점을 추적 제어하도록 제어하여야 한다. 최대출력점을 추적하는 제어방법으로는 시비율 변화량을 일정하게 제어하는 전력비교법이 보편적으로 사용된다. 그러나 시비율 변화량 $\Delta\alpha$ 를 크게 하면 최대출력점 근방까지 빠르게 추종하지만 최대출력점 근방에서는 큰 자려진동이 발생한다. 반면에 $\Delta\alpha$ 를 작게 하면 자려진동은 작지만, 추종시간이 늦어진다.

이러한 두가지 상반되는 전력비교법의 문제점을 보완하기 위해서 본 논문에서 $\Delta\alpha$ 를 가변 제어하도록 퍼지제를 적용하여 제어하고자 한다.

2. 태양광 발전시스템

퍼지제어에 의한 태양전지의 최대출력점 추적 가능성을 조사하기 위하여 초퍼회로를 이용한 태양전지 발전시스템을 구성하였다.

그리고 초퍼의 시비율 제어에 의하여, 태양전지의 출력이 제어될 수 있음을 시뮬레이션으로 확인하였다.

2.1 회로구성

항상 최대출력점에서 동작하도록 하기 위한 퍼지제를 적용한 강압초퍼 회로의 구성도를 그림 1에 나타내었다.

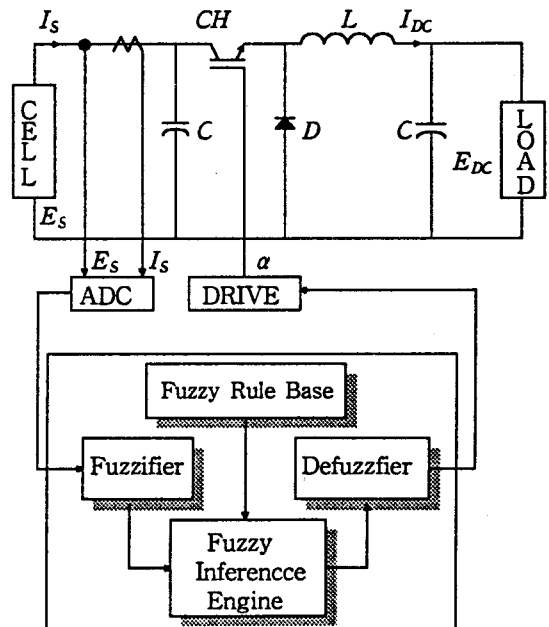


그림 1. 강압초퍼회로

태양전지의 출력전압 E_{DC} 와 입력전압 E_S , 입력전류 I_S 와 출력전류 I_{DC} 와의 관계는

$$E_{DC} = \alpha E_S \quad (1)$$

$$I_{DC} = \frac{1}{\alpha} I_S \quad (2)$$

와 같이 되며, 식(1), (2)로부터 시비율 α ($= \frac{t_{on}}{T}$)의 변화에 따라 태양전지의 출력전압 E_{DC} 와 출력전류 I_{DC} 가 변화하게 되므로, 태양전지의 출력전압(E_S), 전류(I_S)는 시비율 α 에 의해 결정되며, 결정된 시비율 α 로 초퍼부 CH를 동작 시킴으로써 태양전지의 최대출력점을 추적제어하게 된다.

2.2 최대출력점 추적제어원리

태양전지의 출력특성을 그림2에 나타냈으며, 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이, 일사량이 일정한 때에 태양전지가 발전하는 전력에는 최대출력점이 존재한다. 따라서, 태양광 에너지를 효과적으로 이용하기 위해서는 최대출력점에서 태양전지를 동작시킬 필요가 있다.

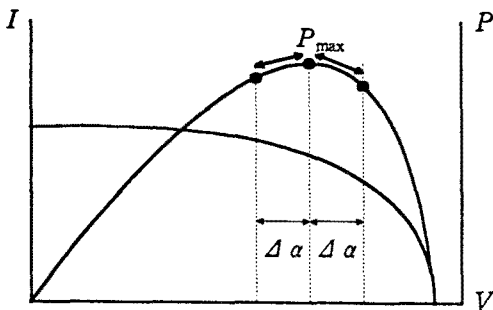


그림 2. 태양전지의 출력특성

초퍼를 이용한 최대출력점의 추적방법으로 임의의 시점에서 홀딩된 전압 및 전류를 검출하여 전력값을 과거의 전력값에 저장한다. 그리고 임의의 $\Delta\alpha$ 만큼의 시비율을 보정한 그 시비율에서의 전력값을 현재의 전력값에 저장한 후 과거의 전력값과 현재의 전력값을 비교하여 만약 현재의 전력값이 크면 이전의 시비율의 보정방향과 같은 방향으로 현재의 전력값이 작다면 이전의 시비율 보정방향과 반대로 보정하므로 항상 최대출력점에서 동작하게 되는 전력비교법이 많이 사용되고 있다.

그러나, 그림3에서 알 수 있는 것처럼, 전력비교법은 시비율 변화량 $\Delta\alpha$ 를 크게 하면 최대출력점 근방까지 빠르게 추종하지만, 최대출력점 근방에서

큰 자려진동이 발생한다. 반면에 $\Delta\alpha$ 를 작게 하면 자려진동은 작지만, 추종시간이 늦어진다.

이상의 결과로부터 $\Delta\alpha$ 가 일정한 전력비교법은 앞서 제시한 상반되는 2개의 조건을 동시에 만족하는 것이 가능하지 않기 때문에 $\Delta\alpha$ 의 설정이 곤란하다.

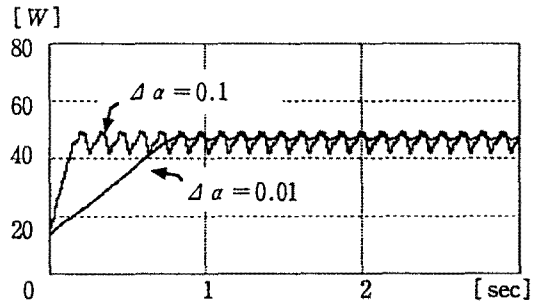


그림 3. 전력비교법의 특성

2.4 퍼지제어

2.4.1 퍼지화

앞에서 기술한 전력비교법의 2가지 문제점을 해결하기 위해 퍼지제어에 의해 $\Delta\alpha$ 를 가변 제어하도록 하였다.

본 논문에서의 퍼지제어기의 입력은 $\Delta\alpha$ 의 크기를 결정하기 위한 전력의 변화량과 일사량의 변화량으로 선정하며, 퍼지언어 변수를 PB(Positive Big), PM(Positive Medium), PS(Positive Small), ZO(Zero), NS(Negative Small), NM(Negative Medium), NB(Negative Big)의 7 단계로 선택하였다. 또 그에 대한 멤버십을 그림 4에 나타내며, (a)는 전력의 변화량, (b)는 일사량의 변화량에 대한 멤버십 함수이다.

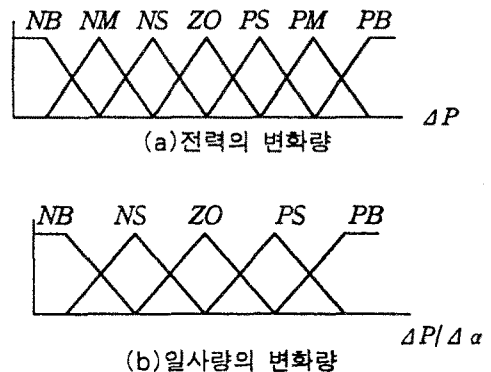


그림 4. 멤버십함수

2.4.2 퍼지추론

표1은 퍼지제어기의 제어규칙을 나타내며, ΔP 와 $\Delta P/\Delta \alpha$ 은 퍼지제어기의 입력이며, $\Delta \alpha$ 은 퍼지제어기의 출력을 나타낸다.

표1을 사용하여 제어규칙이 예를 들면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

IF ΔP is PB AND $\Delta P/\Delta \alpha$ is ZO
THEN $\Delta \alpha$ is PB

즉, "전력변화량이 크고, 일사량 변화량이 '0'이면 시비율 변화량 $\Delta \alpha$ 를 크게하라" 라는 의미이다.

표1. 퍼지제어 규칙

| | | $\Delta P/\Delta \alpha$ | | | | | | |
|------------|----|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
| | | NB | NM | NS | ZO | PS | PM | PB |
| ΔP | NB | NS | NB | NB | NB | NM | NS | NS |
| | NM | NB | NB | NM | NM | NS | ZO | ZO |
| | NS | NM | NS | NS | NS | ZO | ZO | ZO |
| | ZO | NM | NS | ZO | ZO | ZO | PS | PM |
| | PS | PM | PS | PS | PS | ZO | ZO | ZO |
| | PM | PB | PB | PM | PM | PS | ZO | ZO |
| | PB | PS | PB | PB | PB | PM | PS | PS |

2.4.3 비퍼지화

제어기의 출력값은 퍼지변수로서 소속함수로 표현되는 반면에 실제 플랜트에는 퍼지변수가 적합하지 않으므로 플랜트에 적합한 보통값(crisp value)으로 변환하는 과정인 비퍼지화 단계가 필요하다.

일반적인 비퍼지화 방법으로는 최대평균방법과 무게중심방법을 많이 사용하는데 본 논문에서는 무게중심법을 이용하고 이산적인 계산을 수행하기 위해서 다음과 같은 식으로 표현한다.

$$\Delta \alpha_{n+1} = \frac{\sum_{i=1}^n W^i f_i(a_n)}{\sum_{i=1}^n W^i} \quad (3)$$

여기에서 W^i 는 퍼지제어규칙의 적합도이고, $f_i(a_n)$ 는 추론의 결과이다.

제어입력 α_{n+1} 은 식(3)에 의해서 구한 $\Delta \alpha_{n+1}$ 을 현재의 시비율 α_n 에 더하여 다음과 같이 구하였다.

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \Delta \alpha_{n+1} \quad (4)$$

3. 시뮬레이션

그림 5은 일사량이 급변할 때 의 퍼지제어와 앞에서 서술한 전력비교법을 각각 적용하여, 최대출력점을 추적한 시뮬레이션 결과이다. 그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 퍼지제어에 의한 최대출력점의 추적은 $\Delta \alpha$ 가 일정한 경우와 비교하여 고속으로 추적가능함을 나타내고 있으며, 또한 최대출력점에 도달한 후에 전력의 맥동도 전력비교법보다 작아졌음을 알 수 있다.

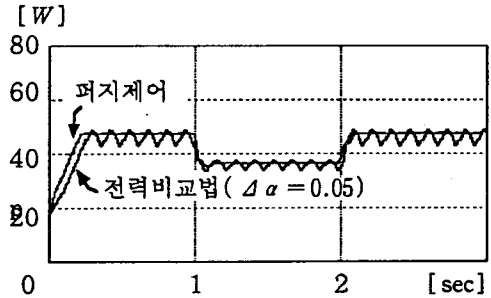


그림 5. 일사량 변동시 퍼지제어와 전력비교법의 비교

4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전 시스템에서 필요한 태양전지 최대출력점의 추적법으로써 퍼지제어를 이용한 방법을 제안하고 시뮬레이션에 의하여 그 방법이 기존의 전력비교법보다 개선됨을 확인 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] Francisco R. Rubio, "Fuzzy Logic Control of a Solar Power Plant", IEEE Transactions on Fuzzy System, VOL. 3, NO.4 NOVEMBER 1995

[2] 千住智信, "Fuzzy制御による太陽電池の最大電力点の探索", T.IEE japan, Vol.144-D, No.9, 1994

[3] Gilberto C.D. Sousa, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase-Controlled Converter DC Machine Drive", IEEE Transactions On Industry Application, Vol.30, NO.1, JANUARY, 1994