

태양 추적시스템을 위한 PC 기반의 퍼지제어기 설계

(Fuzzy Controller Design of PC Based for Solar Tracking System)

정동화* · 최정식 · 고재섭

(Dong-Hwa Chung · Jung-Sik Choi · Jae-Sub Ko)

요 약

본 논문은 PV(Photovoltaic) 어레이의 출력을 높이기 위해 PC 기반의 퍼지제어를 이용한 태양추적 시스템을 제안한다. 태양 추적시스템은 광센서의 신호에 의해 구동하는 두 개의 DC 모터로 동작한다. 두 축의 제어는 파라미터의 불확실성 및 비선형 특성 때문에 쉽지 않다. 최근 퍼지제어, 신경회로망 및 유전자 알고리즘 등의 인공지능 제어에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 그 중 퍼지제어는 비선형 제어를 원활하게 수행할 수 있으며 파라미터 변동 및 비선형 특성에 대한 강인성 및 고성능의 특징을 가지고 있다. 따라서 퍼지제어는 설정된 오차값과 비선형의 고도각 및 방위각 오차값을 비교하여 추적 시스템 구동을 위해 사용된다. 본 논문에서는 PV 어레이의 출력 향상을 위해 퍼지제어기를 설계하고 종래의 PI 제어기와 성능을 비교하며 평가한다. 실험을 통한 데이터는 제시한 제어기의 타당성을 입증한다.

Abstract

In this paper proposed the solar tracking system to use a fuzzy based on PC in order to increase an output of the PV(Photovoltaic) array. The solar tracking system operated two DC motors driving by signal of photo sensor. The control of dual axes is not an easy task due to nonlinear dynamics and unavailability of the parameters. Recently, artificial intelligent control of the fuzzy control, neural-network and genetic algorithm etc. have been studied. The fuzzy control made a nonlinear dynamics to well perform and had a robust and highly efficient characteristic about a parameter variable as well as a nonlinear characteristic. Hence the fuzzy control was used to perform the tracking system after comparing with error values of setting-up, nonlinear altitude and azimuth. In this paper designed a fuzzy controller for improving output of PV array and evaluated comparison with efficient of conventional PI controller. The data which were obtained by experiment were able to show a validity of the proposed controller.

Key Words : Tracking System, Fuzzy control, Dc motor

* 주저자 : 순천대학교 정보통신공학부 교수
Tel : 061-750-3543, Fax : 061-752-9841

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr

접수일자 : 2008년 2월 18일

1차심사 : 2008년 2월 21일, 2차심사 : 2008년 3월 20일

심사완료 : 2008년 4월 3일

1. 서 론

현재 지구는 심각한 자원난과 더불어 1973년 유류 파동 이후 새로운 대체에너지 개발과 활용이 절실히

요구되고 있다. 그 중에서도 태양에너지는 자원의 무한성과 무공해성으로 많은 관심을 받고 있다. 그러나 태양에너지의 활용은 많은 설비비와 효율성의 문제가 따르기 때문에 실용하는데 제한점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 태양에너지의 효과적인 활용방법에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

태양광 발전 시스템의 출력 효율을 높이기 위하여 일반적으로 태양전지 셀 자체의 효율을 높이거나 태양광 발전 제어용 전력변환 시스템의 변환효율 및 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어를 하여 높이는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 추적식 방법 등을 이용하고 있다[1-2].

셀 자체의 효율은 현재 미국에서 최대 24[%] 정도 까지 개발이 되어 있으나 자체의 효율을 높이는 방법은 발전 단가를 높이는 주요인이므로 현재 실용화 측면에 있어서 효율성이 떨어진다. 태양광 발전 제어용 전력변환 시스템의 효율을 높이는 방법으로서 국내·외의 경우 효율이 90[%] 이상이므로 수 퍼센트의 효율을 높이기란 난해한 문제가 된다.

태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 방법으로 태양광 발전 시스템의 발전 효율을 향상하기 위해서는 매우 정확하게 태양을 추적하기 위한 시스템이 필요하다. 태양광 발전 추적 시스템은 지리적인 위치의 위도와 경도를 시간의 변수로 사용하여 태양의 궤적을 추적하는 프로그램 방식과 광센서를 이용하여 광량 차이를 추적하는 센서 방식, 프로그램 방식과 센서 방식을 혼용한 방식 등으로 구성되어 있다. 센서방식의 추적장치 시스템의 경우, 태양광 발전의 효율 극대화를 위하여 태양광 센서 간의 오차를 줄이고 최대점 추적을 위한 적당한 전동기 전압을 발생시켜야 한다.

지난 20년 동안, 퍼지 제어는 광범위한 산업에 적용이 입증되어 졌다[3]. 퍼지 로직 기반 제어기 설계는 수학적 모델링의 유효성보다는 시스템 동작에 대한 축적된 경험을 사용하여 설계되어 질 수 있다. 태양광 센서에 의한 빛의 피드백 추적 시스템은 두 개의 DC 전동기 속도 및 위치를 제어 위해 동작한다. 그러한 추적 시스템의 제어는 비선형적 특성과

모델 파라미터의 불확실성으로 인해 쉽지가 않다. 그러므로 퍼지 제어는 요구된 추적의 수행을 위해 설계되어진다.

PC 기반 제어는 시스템의 하드웨어적인 요소를 최대한 소프트웨어적인 요소로 대체하여 하드웨어 설계의 부담을 최소화한다. 이러한 시스템은 PC의 빠른 처리속도와 많은 메모리 및 기능으로서 데이터 처리 및 보존, 관리의 문제를 해결할 수 있어서 최근 산업용 제어에 각광 받고 있다.

따라서 본 논문에서는 태양광 추적 시스템에 적용할 수 있는 PC 기반의 퍼지제어기 설계를 제시한다. PC 기반 퍼지제어기의 설계는 태양광 센서의 오차 변화에 따라 추적 시스템의 전동기 구동에 사용되며, 종래의 PI 제어기에 의한 PV 어레이 출력을 비교하여 분석한다. 이로서 본 논문에서 제시한 제어기의 타당성을 입증한다.

2. 태양위치 센서 모델링

태양을 기준으로 하여 위성체의 상대적인 위치와 각 정보를 제공하는 태양위치 센서는 출력의 형태에 따라 아날로그와 디지털로 나뉘어 각각의 장점을 갖게 된다. 그 중 디지털 태양위치 센서는 입사 슬릿과 패턴 슬릿에 의해 태양의 각 정보를 제공하는 센서로 출력의 형태가 디지털이므로 컴퓨터 데이터 처리 시 신호를 즉시 이용할 수 있다. 또한 임계치 전압을 설정할 수 있으므로 지구 알비도(Albedo)로 인하여 생기는 오차에 영향이 적다는 장점을 갖는다. 디지털 태양위치 센서는 태양각에 대해 인코딩 되어진 이산 출력을 산출하는 센서로 태양이 관찰 영역 안에 있는 경우 태양빛과 센서 표면의 수직선 사이의 각 변이에 대해 디지털로 표현된 출력을 산출하는 것이며, 태양 이미지는 굴절률 $n(\approx 1)$ 인 매질에 의해 굴절되고 슬릿 패턴으로 조사되며, 슬릿 패턴들 밑에는 각각 포토다이오드들로 구성된다.

본 논문에서는 5개의 포토다이오드를 사용하여 태양유무, 태양의 방위각 및 고도각 변화에 따른 태양의 위치를 판별한다. 그림 1은 태양위치 센서의 구조를 도식적으로 나타낸다. 센서 하우징 외부에 설치된 포토다이오드 A는 태양이 일시적으로 구름에 가

태양 추적시스템을 위한 PC 기반의 퍼지제어기 설계

려 있거나 또는 흐린 날씨를 판별하기 위한 것이며, 포토다이오드 B 및 D는 태양의 방위각 변화에 따른 태양추적을 위한 것이며, 포토다이오드 C 및 E는 태양의 고도각 변화에 따른 태양추적을 수행하기 위한 것이다. 태양위치 센서에 의한 태양추적은 포토다이오드 A에 입사되는 태양 빛의 세기가 추적조건에 적합할 경우, 태양추적용 포토다이오드 B와 D 및 C와 E를 사용하여 추적을 수행하며, 태양이 일시적으로 구름에 가려 있는 경우와 같이 포토다이오드 A로부터 생성되는 신호가 추적조건을 충족시키지 못할 경우, 시스템을 추적대기 모드로 전환시켜 추적을 중지한다.

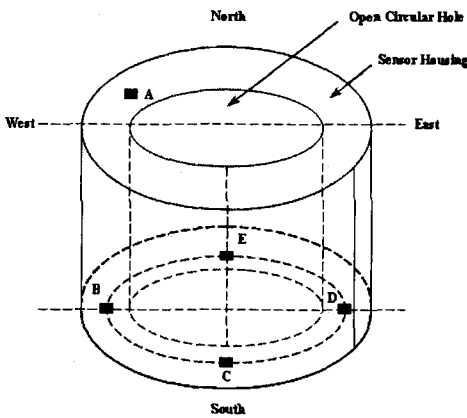


그림 1. 태양위치 센서의 구조
Fig. 1. Structure of the sun position sensor

그림 2는 태양위치 센서의 동작원리를 나타낸 것이다. 그림 2 (a)에서와 같이 태양위치 센서가 태양을 향하고 있을 때, 태양광선은 태양위치 센서의 법선방향으로 입사되며, 이와 같은 경우, 태양 위치 추적용 포토다이오드 B와 D로부터 발생하는 전압은 같게 된다. 따라서 태양추적 장치는 방위각에서의 추적 동작을 중지한다. 그러나 그림 2 (b)와 같이 태양센서로 입사되는 태양광선이 센서의 법선방향과 경사각을 가지고 있으면 태양 추적용 포토다이오드 B로부터 발생하는 전압과 D로부터 발생하는 전압 사이에 오차가 발생되며, 이와 같은 경우 태양위치 추적장치는 방위각 추적을 위한 모터를 구동시켜 그림 2 (a)와 같이 포토다이오드 B와 D사이의 발생되

는 전압 오차가 Zero가 되도록 태양위치 추적을 수행한다.

태양 고도각 변화에 따른 태양위치 추적은 태양위치 센서의 포토다이오드 C 및 E를 사용하며 방위각 변화에 따른 태양위치 추적을 수행하는 것과 동일한 원리로 2축의 모터를 구동시켜 태양의 위치를 추적한다.

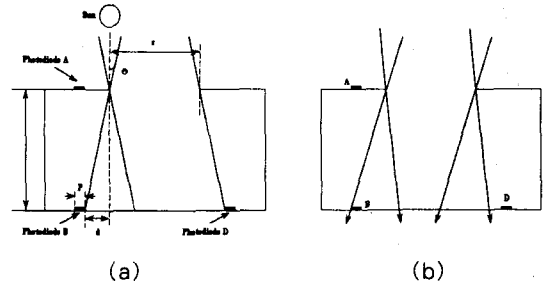


그림 2. 태양위치 센서의 동작원리
Fig. 2. Operating principle of the sun position sensor

본 논문에서 사용된 태양위치 센서는 태양의 추적 가능 각도 $\alpha = \pm 60^\circ$ 로 설정하였고, 포토다이오드 A가 위치한 센서 하우징의 높이는 $h = 30\text{mm}$, 직경 포토다이오드의 크기는 $p = 3\text{mm}$ 이다. 빛이 θ 만큼 기울어져서 비추면 d 크기의 그림자가 생기고, 이때, d 의 크기는 포토 다이오드의 위치가 되며 식 (1)을 통하여 구할 수 있다.

$$d = \tan \theta \times h \quad (1)$$

또한 센서 상부의 개방 원지름 r 은 높이와 추적 가능 설정각, 포토다이오드 크기 및 위치의 함수를 통하여 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$r = [\tan(\alpha) \times h] - (p + d) \quad (2)$$

3. 퍼지제어기의 설계

종래의 PI 제어 등의 고전 제어이론에서 최근의 레귤레이터 제어 같은 현대 제어 이론까지 실제로 실용화되고 있는 대부분의 제어이론은 수학적 모델

에 의거한 방법이다. 그러나 이 방법으로는 플랜트의 특성이 외부조건에 의하여 수시로 변하거나 자체의 복잡성으로 인해 모델링 어려운 경우에 만족스러운 제어를 할 수 없다. 그러므로 이러한 제어방식의 적용이 곤란한 플랜트나 특히 액추레이터 등과 같이 장치는 정확한 모델링을 행하지 않고 인간의 경험이나 지식을 기초로 한 제어법칙에 의거하여 제어하는 것이 효과적일 수도 있다.

이와 같은 생각을 기초로 제어법칙을 규칙화하여 그 규칙에 의한 추론으로 제어나 판단 등을 하려는 것이 지식 공학적 접근으로 대표되는 퍼지제어이다. 이러한 퍼지제어는 매리플레이터 제어, 이동로봇의 주행경로 선정, 자동차의 속도제어, 열차의 자동 운전 등 여러분야에 실제로 응용되고 있다[4-8].

이동제어 시스템을 위한 퍼지 제어 알고리즘은 언어학의 제어 규칙들에 따라 시스템 구동의 지식을 표현하고, 이를 제어 대상에 적당한 크리슘(Crisp) 제어량으로 변환한다[9-12].

이로서 퍼지 제어기술은 알려지지 않거나 형성되지 않은 동작을 하는 비선형 시스템을 제어하기 위해서 적용되어 질 수 있다. 본 논문에서 고려된 태양 추적 시스템은 알려지지 않은 모델 및 파라미터를 갖고 있기 때문에 이를 제어하기 위해 퍼지제어를 적용하였다. 이 시스템의 동작은 각 모터에 대한 두 개의 전기적인 방정식(전압방정식)과 동-서와 남-북을 제어하는 두 개의 기계적인 방정식(전동기 속도)을 통한 네 개의 선형 미분방정식으로 대략적인 모델링을 할 수 있다. 그러나 관성모멘트, 마찰계수 및 회전부의 진동 등의 파라미터는 알려지지 않았다. 그럼에도 불구하고 시스템의 동작에 대해 충분히 알고 있으므로, 전동기 전압(제어신호)들은 언어학상의 If-Then 규칙들의 항목으로 센서전압(입력신호)들과 관계 되어 질 수 있다. 따라서 두 개의 퍼지제어기는 태양 빛을 추적하기 위해서 적절한 전동기 전압을 생성하는 각 전동기에 대해서 제안되었다.

전형적인 퍼지제어기는 퍼지화(Fuzzification), 비퍼지화(Defuzzification), 퍼지 제어규칙 및 퍼지 룰 베이스를 통한 퍼지 추론의 세부분으로 나눌 수 있으며 그림 3은 기본적인 구조를 나타낸다.

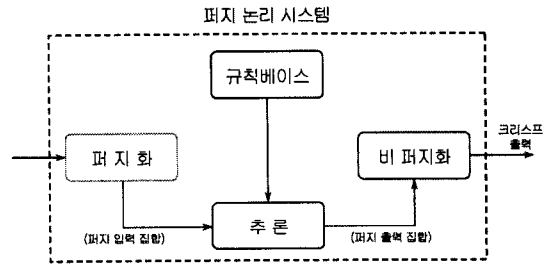


그림 3. 퍼지제어기의 기본적인 구조
Fig. 3. The basic structure of a fuzzy logic controller(FLC)

퍼지화기는 퍼지하지 않은 시스템으로부터 얻은 출력오차를 퍼지한 값으로 변환하는 역할을 하며 비 퍼지화기는 퍼지 연산에 의해 얻어진 퍼지 값으로부터 실제 플랜트를 제어하기 위해서 필요한 제어 값을 만들어 내는 부분을 말한다.

3.1 퍼지화

제어기의 입력 변수들은 다음과 같이 정의되어 진다.

$$e(EW) = e(B) - e(D) \quad (3)$$

$$e(SN) = e(C) - e(E) \quad (4)$$

여기서 $e(EW)$ 과 $e(SN)$ 는 각각 동-서(방위각)와 남-북(고도각) 방향의 전압 오차이고 $e(B)$, $e(C)$, $e(D)$, $e(E)$ 는 센서 출력 전압을 나타낸다. 이것들의 변수들은 적당한 범위로 표준화되어 지고, 퍼지 설정의 언어학 변수로 변환된다. 7개의 언어학 변수는 다음과 같다.

- PB : Positive Big
- PM : Positive Medium
- PS : Positive Small
- ZE : Zero
- NS : Negative Small
- NM : Negative Medium
- NB : Negative Big

태양 추적시스템을 위한 PC 기반의 퍼지제어기 설계

퍼지 설정은 논리 영역에서 각 요소에 대한 멤버십 값을 할당함으로써 정의된다. 본 논문에서는 삼각 파형의 멤버십 함수를 사용하였으며, 그림 4는 입력변수의 멤버십 함수를 나타낸다.

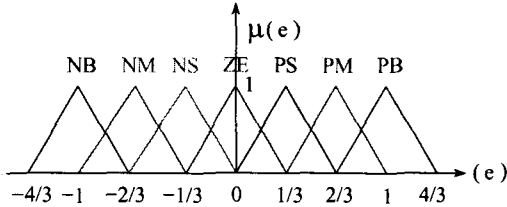


그림 4. 입력변수의 멤버십 함수
Fig. 4. Triangular-shaped membership function of input variables

3.2 퍼지 추론

퍼지 제어 룰은 수학적 모델링 보다는 감각적이고 태양 위치 추적 시스템의 동작에 대해 얻어진 경험으로 이루어진다. 퍼지 제어의 룰 베이스는 언어학상의 규칙을 통해 다음과 같은 간단한 구조를 나타낸다.

if $e(k)$ is A , Then $u(k)$ is B (5)

여기서 $e(k)$ 는 식 (3)과 식 (4)에서 정의된 센서 출력간의 오차이며, $u(k)$ 는 퍼지제어기의 출력인 제어 입력을 나타낸다. 제어입력은 남-북(고도각) 제어를 위한 전동기 전압 v_1 과 동-서(방위각)제어를 위한 v_2 를 고려한다. 언어학의 변수들과 v_1 과 v_2 양 축에 대한 멤버십 함수들은 입력변수와 같이 선택되어진다. 다음과 같은 퍼지 규칙들은 양 축의 전동기에 대해 사용되어지며 표 1은 전동기 전압에 대한 퍼지 규칙을 나타낸다.

여기서, $xy = \begin{cases} SN \rightarrow i=1 \\ EW \rightarrow i=2 \end{cases}$ 가 된다.

위의 규칙은 다음의 측정 결과를 바탕으로 이루어졌다.

a. 센서 전압 e_{xy} 값의 오차가 0이면 양 축의 전동

기는 정지한다.

b. 센서 전압 e_{xy} 값의 오차가 양(+)이면, 양(+)의 v_i 가 사라지도록 전동기는 정(+)회전한다.

c. 센서 전압 e_{xy} 값의 오차가 부(-)이면, 부(-)의 v_i 가 사라지도록 전동기는 역(-)회전한다.

표 1. 전동기 전압에 대한 퍼지 규칙
Table 1. Fuzzy rule about motor voltage

입 력(e_{xy})	출 력(v_i)
NB	NB
NM	NM
NS	NS
ZE	ZE
PS	PS
PM	PM
PB	PB

3.3 비 퍼지화

일반적으로 제어 규칙 베이스는 제어 입력과 출력 사이에 비선형 관계를 만들어낸다. 추론으로부터 나오는 퍼지 제어 출력은 퍼지 값이다. 그러나 실제 시스템을 제어하기 위해서는 크리슈 값의 출력이 필요하다. 이러한 의미에서 비 퍼지화는 추론된 퍼지 제어 출력을 가장 잘 나타내는 크리슈 제어 출력을 만들어 내는 과정이라고 할 수 있다. 비 퍼지화 방법으로는 최대치 평균값, 합 중심법 및 무게 중심법 등의 방법이 있다[13].

본 논문에서는 무게 중심법(Center of Gravity method)을 적용하였으며, 일반적으로 무게 중심법이 다른 방법들에 비해서 우월한 성능을 갖는다. 멤버십의 모든 요소들의 값을 모두 취하는 방법으로 다음 식 (6)으로부터 계산할 수 있다.

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot \mu_o(v_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_o(v_i)} \quad (6)$$

여기서, $\mu_0(v_i)$ 는 출력변수 v_i 의 멤버십 함수의 값이고, n 은 퍼지 집합의 개수를 나타낸다.

4. 시스템의 구성

PC 기반 제어의 장점 중 하나는 스탠드 언론 시스템의 조작기와 디스플레이 부분을 컴퓨터의 모니터나 키보드 및 마우스 등으로 대체하는 것이다. 즉 스탠드 언론 시스템에서의 이 하드웨어를 컴퓨터로 사용함으로써 축소 또는 배제할 수 있다는 것이다. 본 논문의 제어 시스템 구성은 그림 5와 같고, 데이터 수집과 구동회로 및 PC와의 통신 등의 3개의 큰 부분으로 이루어졌다.

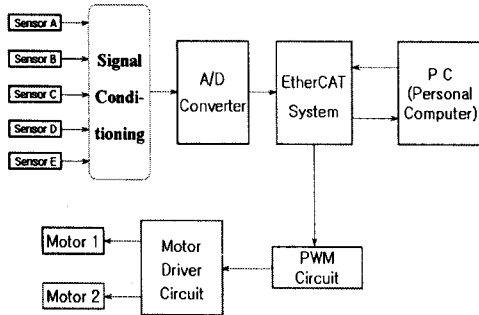


그림 5. 제어 시스템 구성도
Fig. 5. Diagram of control system

태양위치 추적을 위한 센서부는 포토 다이오드 5개로 구성된 태양 위치 센서로서 광량을 입력받는다. 입력받은 광량은 Signal Conditioning 회로를 이용하여 전압으로 변환되고 A/D 컨버터는 입력받은 아날로그 전압을 디지털로 변환하여 전압레벨을 갖는다. 센서 신호의 전압레벨 정보는 산업용 필드버스인 EtherCAT을 통해 PC로 입력되며, PC에서 퍼지 알고리즘에 의한 제어량은 다시 통신을 통해 전동기 구동회로로 입력되어 최종적으로 두 축의 전동기를 구동하게 된다. 여기서 PC와의 통신에 사용된 EtherCAT은 Real time Ethernet으로서 트위스트 페어 케이블이나 광 케이블을 써서 1,000개의 I/O를 30[us]에 스캔할 수 있으므로 제어 기반의 속도를 매우 단축시켜 성능을 향상시킬 수 있다[14]. 이러한 빠른 응답특성은 센서값의 실시간 스캔을 통한 전동

기(액추레이터)제어에 매우 유용하게 활용된다. 전동기 구동회로는 적절한 두 축의 모션을 이루기 위해 두 전동기의 속도와 방향을 제어한다. 이러한 제어 방법을 통해 액추레이터 구동으로 태양광 어레이를 태양의 위치와 법선 방향으로 맞출 수 있으며, 이로서 발전효율을 증가시킬 수 있다. 그림 6은 센서에 의한 태양광 추적 시스템의 제어 순서도를 나타낸다.

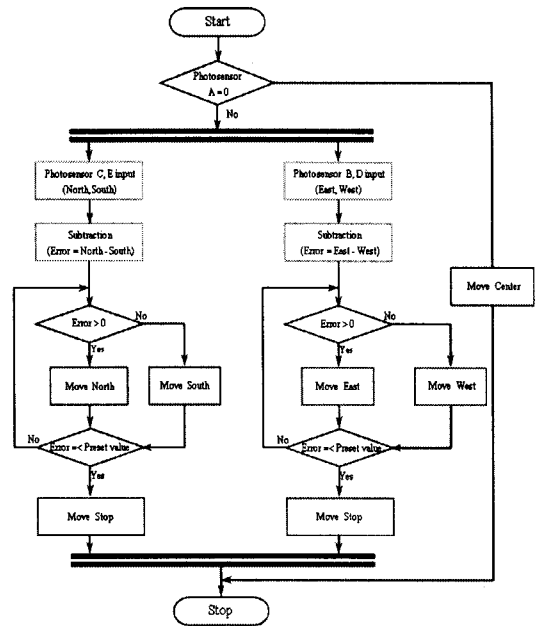


그림 6. 센서에 의한 태양광 추적 시스템의 제어 순서도.
Fig. 6. Block diagram of control of solar tracking system

5. 실험 및 결과

그림 7은 본 논문의 실험을 위한 전체 시스템 구성도를 나타낸다. 퍼지제어 알고리즘을 위한 PC와 통신부의 EtherCAT 및 추적형 태양광 발전 시스템으로 구성되며, 센서 및 전동기의 동작특성 분석을 위한 오실로 스코프를 추가하였다.

그림 8은 종래의 PI제어를 통한 동, 서 센서 및 전동기 동작 특성을 나타냈다. 그림 8 (a)는 동쪽 포토다이오드의 동작 특성으로서 빛의 감지에 따른 센서의 전압을 나타낸 파형이고, 8 (b)는 서쪽 포토다이

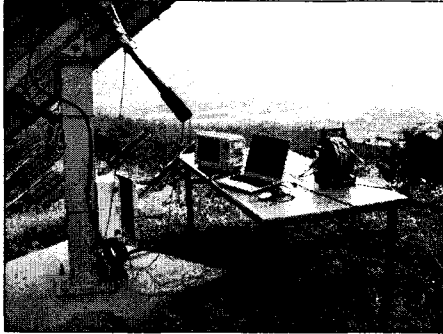


그림 7. 실험을 위한 전체 시스템 구성도
Fig. 7. System construction for experiment

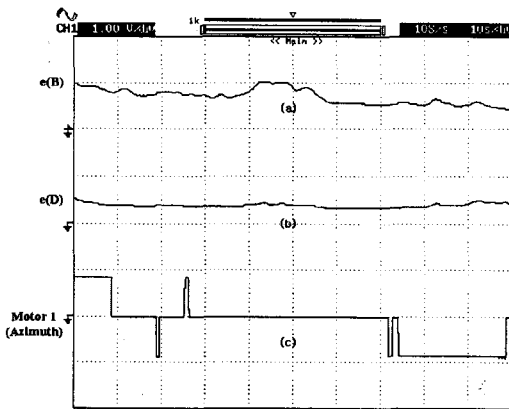


그림 8. PI제어에 의한 동작특성(동-서)
Fig. 8. Response characteristics of PI control (east-west)

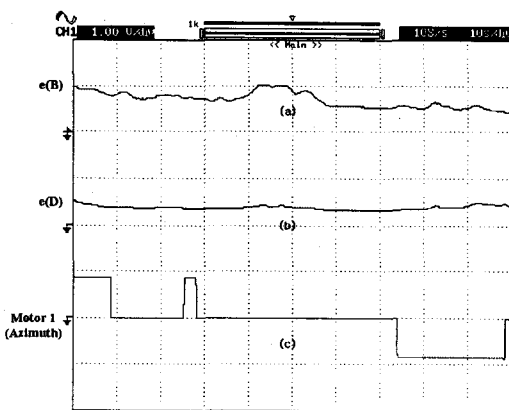


그림 9. 퍼지제어에 의한 동작특성(동-서)
Fig. 9. Response characteristics of fuzzy control (east-west)

오드의 동작 특성으로서 센서의 전압을 나타낸 파형이며, 8 (c)는 동쪽과 서쪽 센서의 전압 오차에 따른 전동기의 동작 특성을 나타낸 것이다.

그림 9는 그림 8과 같은 조건에서 퍼지제어를 통한 동, 서 센서 및 전동기 동작 특성을 나타낸 것이다. 퍼지제어는 종래의 PI제어와는 다르게 순간적인 전압오차, 즉 구름이 지나가거나 센서부에 일시적으로 먼지가 있을 경우에는 전동기가 동작하지 않았다.

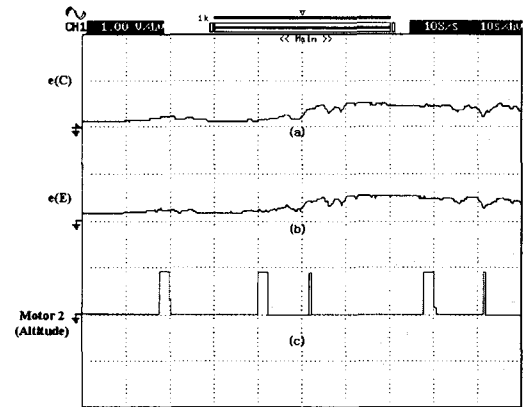


그림 10. PI제어에 의한 동작특성(남-북)
Fig. 10. Response characteristics of PI control (south-north)

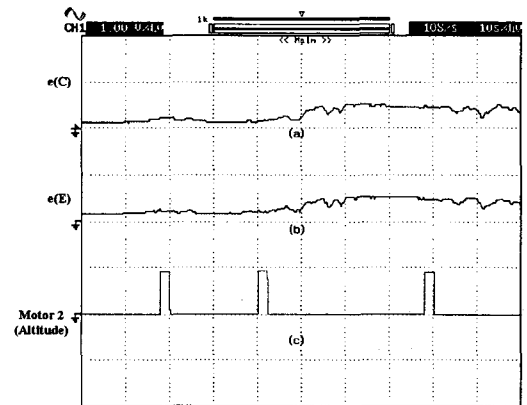


그림 11. 퍼지제어에 의한 동작특성(남-북)
Fig. 11. Response characteristics of fuzzy control (south-north)

그림 10은 종래의 PI제어를 통한 남, 북 센서 및 전동기 동작 특성을 나타냈다. 그림 10 (a)는 남쪽

센서의 전압, 10 (b)는 북쪽 센서의 전압을 나타내며, 10 (c)는 남쪽과 북쪽 센서 전압의 전압 오차에 따른 전동기의 동작 특성을 나타낸 것이다. 그림 11은 그림 10과 같은 조건에서 퍼지제어를 통한 남, 북 센서 및 전동기 동작 특성을 나타낸 것이다. 동, 서(방위각)제어와 마찬가지로 남, 북(고도각)제어에서도 퍼지제어는 순간적 전압 오차에 전동기는 구동하지 않았으며, 이는 구름이나 센서부의 이물질 등에 의한 일시적인 전압 오차 신호에 대해 전동기를 구동하지 않으므로 불필요한 전력소모를 줄일 수 있어 최종적으로 인버터의 출력을 증가할 수 있다.

그림 12는 일사량이 크게 변하지 않은 환경에서의 PI제어 및 퍼지제어에 의한 인버터 출력을 나타낸다. 일사량이 변화가 적은 환경에서는 퍼지제어에 의한 발전량이 종래의 PI제어에 의한 발전량에 비해 아주 미세하게 증가함을 알 수 있다.

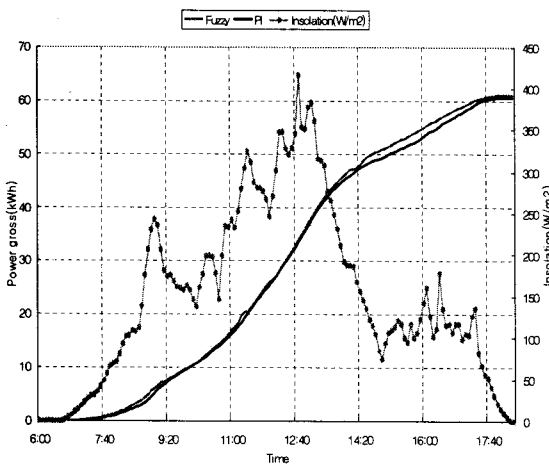


그림 12. PI제어 및 퍼지제어에 의한 발전량(일사량 변화가 적은 환경)
Fig. 12. Power gross with PI and fuzzy control (In little changing solar radiation)

그림 13은 일사량의 변화가 클 경우에 PI제어 및 퍼지제어에 의한 인버터 출력을 나타낸다. 구름의 이동이 빈번하여 일사량 변화가 클 경우에는 퍼지제어에 의한 발전량이 종래의 PI제어에 의한 발전량에 비해 크게 나타나고 있다. 이는 인버터의 출력을 전동기의 전원으로 사용하게 됨으로서 결국 전동기의

불필요한 전력소모를 줄이는 퍼지제어가 발전량이 더 높게 나타났다. 따라서 종래의 PI제어보다 본 논문에서 제시한 퍼지제어 알고리즘이 발전 효율 증가를 위한 태양 위치 추적이 양호하게 나타나는 결과를 얻을 수 있었다.

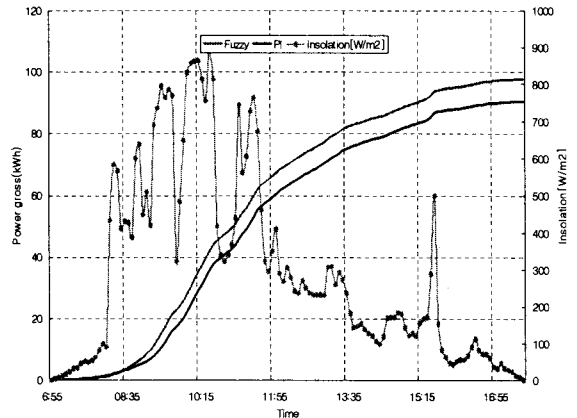


그림 13. PI제어 및 퍼지제어에 의한 발전량(일사량 변화가 많은 환경)
Fig. 13. Power gross with PI and fuzzy control (In much changing solar radiation)

이 논문은 2007년도 순천대학교 공과대학 학술재단 연구비에 의하여 연구되었음.

6. 결 론

본 논문에서는 추적식 태양광 발전 시스템의 효율을 높이기 위해 PC 기반 퍼지제어 알고리즘을 제안하였다. PC 기반 제어의 EtherCAT은 종래의 통신 시스템에 비해 제어 속도가 매우 빠르게 나타났다. 추적식 태양광 발전 시스템의 전동기는 인버터의 출력을 피드백 받아 자체 발전되는 전압을 전원으로 사용한다. 따라서 전동기의 불필요한 전력소모를 줄이는 것은 전체 발전량을 높일 수 있다. 종래의 PI제어에 의한 시스템은 일사량 변화에 관계없이 센서에 의한 전압오차가 발생될 때마다 전동기를 구동시켰다. 본 논문에서 제시된 퍼지제어 알고리즘은 일반적으로 센서의 전압오차에 따라 전동기를 구동시키며 특히, 일사량이 급변하는 경우 즉, 구름이나 먼지

태양 추적시스템을 위한 PC 기반의 퍼지제어기 설계

에 의해 순간적인 센서 전압 오차가 발생하는 경우, 전동기(액추레이터)를 구동하지 않는다. 이로써 전동기의 불필요한 전력소모를 줄이며 인버터의 최종 출력인 발전량이 증가 되었다. 따라서 본 논문에서 제시한 퍼지제어 알고리즘의 태양 위치 추적의 우수성을 입증하였고, 실험을 통하여 타당성을 입증하였다.

References

- [1] H. J. Noh, D. Y. LEE, D. S. Hyun, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV-applications", IEEE IES, Vol.2 (2002), pp. 1113-1118.
- [2] R. Andoubi, A. Mami, G. Dauphin, M. Annabi, "Bond graph modelling and dynamic study of a photovoltaic system using MPPT buck-boost converter", IEEE ICS, Vol. 3(2002), pp. 200-205.
- [3] M. Sugeno, editor, Industrial Applications of Fuzzy Control, North Holland, 1985.
- [4] V. G. Mauer, "A fuzzy logic controller for an ABS braking system," IEEE Trans. fuzzy Syst., vol. 3, pp. 381-388 Nov. 1995.
- [5] V. G. Moudgal, W.A. Kwong, K. M. Passino and S. Yurkovich, "Fuzzy learning control for a flexible-link robots," IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 3, pp. 19-210, May 1995.
- [6] M. Sugeno, "On stability of fuzzy systems expressed by fuzzy rules with Singleton consequents," IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 7, pp. 201-224 Apr. 1999.
- [7] S. G. Cao, N. W. Rees, and G. Feng, "Analysis and design for a class of complex control systems Part 2 : Fuzzy controller design," Automatica, vol. 33, no. 6 pp. 129-1039, 1997.
- [8] G. Feng, "An approach to adaptive control of fuzzy dynamic system," IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol 10, pp. 268-275, Apr. 2002.
- [9] Y. F. Li and C. C. Lau, "Development of fuzzy algorithms for servo systems", IEEE Control system Magazine, Vol. 9, no. 3, 1989, pp. 65-72.
- [10] C. C. Lee, "Fuzz logic in control systems: Fuzzy logic controller, part I", IEEE Trans. Syst., Man, and Cybern., Vol. 20, no. 2, 1990, pp. 404-418.
- [11] C. C. Lee, "Fuzz logic in control systems: Fuzzy logic controller, part 11", IEEE Trans. Syst., Man, and Cybern., Vol. 20, no. 2, 1990, pp. 419-436.
- [12] K. Passino and S. Yurkovich, Fuzzy Control, Addison Wesley, 1998.
- [13] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press (RSP) Ltd, England, 1989.
- [14] C. M. Son, "EtherCAT : real-time Ethernet technology from Beckhoff" 자동제어계측사, vol. 19. no 4, 2006. pp 23-26.

◇ 저자소개 ◇

정동화 (鄭東和)

1955년 8월 15일생. 1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수.
Tel : (061)750-3543
Fax : (061)752-9841
E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr
WebPage: <http://pelab.sunchon.ac.kr/~hwa777>

최정식 (崔正植)

1980년 2월 9일생. 2005년 순천대학교 공대 전기제어 공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 3월 동 대학원 박사과정.
Tel : (061)750-3540
Fax : (061)750-3540
E-mail : cjs1108@scnu.ac.kr

고재섭 (高在涉)

1980년 2월 2일생. 2005년 순천대학교 공대 전기제어 공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 3월 동 대학원 박사과정.
Tel : (061)750-3540
Fax : (061)750-3540
E-mail : kokos22@naver.com