

Heliostat 제어시스템

박영철*

*서울산업대학교 제어계측공학과(ycpark@snut.ac.kr)

Heliostat Control System

Park, Young-Chil*

*Department of Control and Instrumentation Engineering
Seoul National University of Technology(ycpark@snut.ac.kr)

Abstract

Heliostat in the tower type solar thermal power plant is a mirror system tracking the sun's movement to collect the solar energy and it is the most important subsystem determining the efficiency of solar thermal power plant. Thus a good performance of it, which is mostly the accurate sun tracking performance under the various hazardous operating condition, is required.

Heliostat control system is a system to manage the heliostat sun tracking movement and other operations. It also communicates with the master controller through the heliostat filed control system to receive and send the informations required to operate the heliostat as a part of the solar thermal power plant.

This study presents a heliostat control system designed and developed for the 1MW solar thermal power plant. We first define the functionality of heliostat control system. Then sun tracking controller as well as the sun tracking algorithm satisfying the required functionality have been developed. We tested the developed heliostat control system and it showed a good performance in regulation of heliostat motion and communication.

Keywords : 헬리오스타트 제어시스템(Heliostat control system), 태양추적제어기(Sun tracking controller), 태양추적 알고리즘(Sun tracking algorithm), 태양열 발전(Solar thermal power plant)

기 호 설 명

A_H	: 헬리오스타트 방위각	R	: 헬리오스타트로부터 반사목표지점을 향하는 단위벡터
α_H	: 헬리오스타트 고도각	S	: 헬리오스타트로부터 태양을 향하는 단위벡터
$He(e_H, n_H, z_H)$: 헬리오스타트 설치좌표	H	: 헬리오스타트 거울 반사면 법선방향 단위벡터
$T(e_T, n_T, z_T)$: 반사목표 지점 좌표	θ	: 태양광 입사각

투고일자 : 2008년 12월 29일, 심사일자 : 2009년 1월 3일, 게재확정일자 : 2009년 2월 18일
교신저자 : 박영철(ycpark@snut.ac.kr)

1. 서 론

탑형 태양열 발전시스템(tower type solar thermal power system)의 헬리오스타트(heliostat)는, 헬리오스타트 필드(heliostat field)[1]를 형성하여, 지표면으로 입사되는 태양에너지를 탑 상단에 위치하는 태양열 흡수기(solar receiver)로 반사시키기 위한 거울을 가진 태양열 집광장치로서, 탑형 태양열 발전시스템의 효율과 동작 성능을 결정하는 가장 중요한 요소시스템이다.

헬리오스타트 제어시스템은 헬리오스타트의 동작을 제어하기 위한 자동제어시스템으로, 태양위치 변화를 추종하기 위한 헬리오스타트의 방위각(azimuth) 및 고도각(elevation) 제어는 물론, 태양열 발전시스템의 통합된 운전을 위한 헬리오스타트 필드 제어시스템(heliostat field control system)의 각종 요구사항을 실행하고, 아울러 응급 사태 발생에 따른 독자적 헬리오스타트 보호 기능 수행과 같은 종합적 기능을 수행한다.

본 연구는 1MW급 태양열 발전시스템[2]1)의 통합 제어시스템 개발을 목적으로 진행되고 있는 연구의 중간 결과로서, 태양위치 변화를 헬리오스타트의 방위각과 고도각 제어를 통하여 추종하는 헬리오스타트 제어시스템의 개발에 관한 것이다.

헬리오스타트 제어시스템은, 태양열 발전 실증시험용 시스템[3] 또는 상업용 발전시스템[1,4], 그리고 태양로와 같은 고온 집광을 위한 연구용 시스템[5]에서 이미 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고, 현재 이들 발전시스템 또는 고온 집광시스템에서 활용되고 있는 헬리오스타트 제어기와 관련된 기술적 정보가 참고 문헌 또는 보고서 등을 통하여 공개되어 있는 경우가 거의 없다. 이는 현재 사

용되고 있는 제어기가, 연구 개발을 통하여 개발된 태양열 발전시스템의 헬리오스타트를 위한 전용 제어기가 아닌, PLC와 같은 상용 범용제어기가 대부분이기 때문이며, 따라서 제어기 개발 등과 관련된 특별 내용이 없기 때문인 것으로 생각된다.

상용 범용제어기를 사용하는 헬리오스타트 제어시스템은 우선 헬리오스타트의 동작 제어만을 목적으로 하는 전용제어기와 비교하여 고가일 수 밖에 없으며, 아울러 운영의 효율성이 떨어질 수 밖에 없는 문제를 가지고 있다. 태양열 발전시스템의 헬리오스타트 필드 구성 비용은 태양열 발전시스템 전체 건설비용의 약 50% 이상을 차지하며[3], 헬리오스타트 제어시스템의 구성 비용은 다시 헬리오스타트 필드 구성 비용의 약 30%를 차지하는 것으로 알려지고 있다. 따라서 저가의 전용 제어기 개발 및 실용화는 태양열 발전시스템 건설비용의 감소와 이를 통한 태양열 발전시스템의 실용화를 위해 대단히 중요하다.

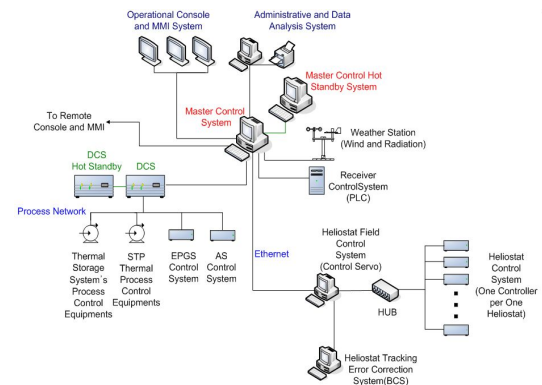


그림 1. 태양열 발전시스템 통합제어시스템의 구조

본 연구는 1MW급 태양열 발전시스템의 저가형 헬리오스타트 전용 제어기의 개발에 관한 것이다. 이를 위한, 본 연구에서는 우선 그림 1과 같은 제어 구조(control topology)를 갖는 태양열 발전시스템의 통합제어시스템에서, 개별 헬리오스타트가 통합된 태양열 발전시스템의 구성

1) 중국과학원 전공연구소(Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Science,) 주관으로 현재 중국 북경 엔칭에 건설이 진행되고 있다.

요소시스템으로서의 역할을 수행하기 위한 헬리오스타트 제어시스템의 역할과 기능을 정의하였다. 그 후 설정된 역할과 기능의 실행이 가능한 구조의 저가형 전용 제어기를 설계하고 제작하였으며, 또한 변화하는 태양위치를 추종하기 위한 태양추적 알고리즘을 개발하였다.

2. 헬리오스타트 제어시스템의 역할 및 기능

헬리오스타트 제어시스템의 가장 기본적인 기능은 헬리오스타트의 방위각과 고도각 제어를 통하여 헬리오스타트가 변화하는 태양위치를 추종하게 하는 것이다. 현재 세계적으로 실증시험 또는 상용화 발전을 수행하고 있는 태양열 발전시스템[1, 3, 4]은 헬리오스타트의 방위각과 고도각 제어에 의한 태양추적을 수행하는 추적장치를 사용하고 있으며, 회전-고도각추적장치(spinning-elevation sun tracking system)가 일부 실험용 헬리오스타트에서 사용되고 있다[6].

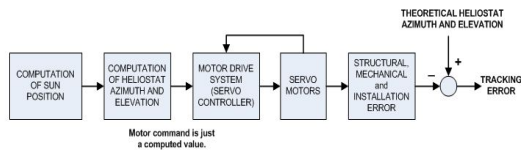


그림 2. 헬리오스타트 제어시스템의 태양추적 알고리즘

그림 2는 본 연구에서 개발하는 헬리오스타트 제어시스템의 태양추적 알고리즘을 도식적으로 나타낸 것이다. 그림에서와 같이, 헬리오스타트 제어시스템의 태양추적 제어는, 개루프 제어시스템(open loop control system)으로서, 우선 현재 시간과 헬리오스타트가 설치된 지점의 위도와 경도를 사용하여 태양의 방위각과 고도각을 계산한다[7]. 헬리오스타트 제어시스템은, 이와 같이 계산된 태양위치를 근거로, 흡수기가 위치하고 있는 태양 탐의 목표지점으로 태양광을 반사시키기 위한 헬리오스타트의 방위각과 고도각을 계

산하고, 태양추적을 위한 서보모터 제어기는 계산된 헬리오스타트의 방위각과 고도각으로 헬리오스타트를 구동시킴으로서 헬리오스타트가 태양추적을 수행하게 된다.

헬리오스타트 제어시스템은, 헬리오스타트의 태양추적 기능의 수행과 더불어, 그림 3에서와 같이, 헬리오스타트가 통합된 태양열 발전시스템의 요소 시스템으로서의 역할을 수행하기 위한 동작 제어를 수행한다. 즉 개별 헬리오스타트 제어시스템은, 헬리오스타트 필드의 통합된 운전을 관리하는 헬리오스타트 필드 제어시스템으로부터 해당 헬리오스타트가 담당해야 하는 흡수기의 반사 목표 지점과 운전 모드 지령을 넘겨받아, 해당 운전 모드에서 요구되는 동작 제어를 수행하며, 헬리오스타트 필드 제어기와와의 통신 두절과 같은 비상 상황에서의 독자적 운전, 헬리오스타트 구동장치의 야간 전원 제어(on/off control) 그리고 헬리오스타트 운전 정보의 보고 등과 같은 기능을 동시에 수행한다.

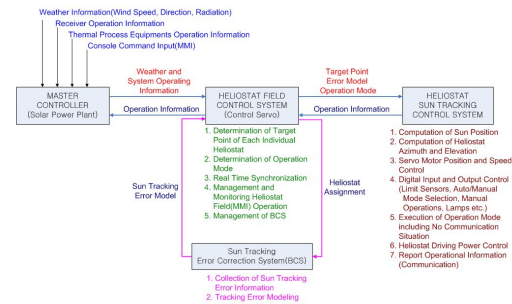


그림 3. 헬리오스타트 제어시스템의 기능 및 역할

헬리오스타트 필드 제어시스템²⁾은, 태양열 발전시스템을 통합 운영하는 주제어기(master controller)로부터 전달되어 오는 기상 정보, 흡수기, 터빈, 발전기, 각종 펌프 및 밸브 등과 같은 태양열 발전시스템을 구성하는 요소 시스템의 동작 상태를 종합적으로 사용하여, 각각의 헬

2) 헬리오스타트 필드 제어시스템의 정보 수집, 취합 및 운전 모드 결정 등을 포함하는 필드 제어시스템의 운영체제 개발에 대한 연구 결과의 발표가 현재 준비 중에 있다.

리오스타트의 태양광 반사 목표 지점과, 동작 개시, 종료, 정상운전, 회피(defocusing), 오차보정(calibration), 원점복귀(zero return) 등과 같은 운전 모드를 결정하고, 이를 개별 헬리오스타트 제어시스템으로 전송하는 제어기이다.

3. 헬리오스타트 제어시스템의 제어기

헬리오스타트 제어시스템의 제어기는 헬리오스타트의 역할과 기능을 실행하기 위한 제어장치로서, 본 연구에서는 그림 4와 같은 구조의 제어기로 개발되었다.

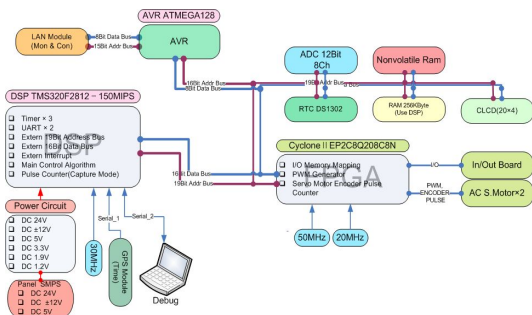


그림 4. 헬리오스타트 제어시스템의 제어기 구조

제어기는 우선 제어기의 동작 모드를 결정하는 자동/수동 운전 선택 스위치를 포함하여, 헬리오스타트의 수동 운전에서 사용되는 14개의 각종 스위치 신호입력부, 헬리오스타트의 동작 상태를 표시하기 위한 LED 및 LCD 출력부, 헬리오스타트 방위각 및 고도각 구동축에 설치되어 있는 리미트 센서(limit sensor)와 근접 센서 신호 입력부, 주변 기기 구동 제어를 위한 릴레이(relay) 출력부, 그리고 태양추적장치의 구동 모터로 사용되는 AC 서보모터의 속도 및 위치 제어를 위한 서보모터 제어부로 구성되어 있다.

제어기는 태양위치계산 등에서 요구되는 시간 제공을 위하여 실시간 발생기(RTC, real time clock)를 가지고 있으며, 헬리오스타트 펄드 제어시스템과의 통신을 위한 TCP/IP

프로토콜 사용 LAN 통신포트를 가지고 있다. 아울러 제어기는 헬리오스타트가 설치되어 있는 지점의 위도 및 경도, 목표지점, 헬리오스타트 방위각 및 고도각의 현재 위치 등과 같은 헬리오스타트 운전의 중요 정보를 정전 등과 같은 비상 상황으로부터 보호하기 위한 NVRAM(nonvolatile RAM)을 가지고 있으며, 각각의 제어기에서 독립적으로 시간 동기(real time synchronization)가 필요한 경우에 사용하기 위한 GPS 모듈 연결용 직렬통신 포트 그리고 향후 확장성을 고려한 12비트 8채널의 A/D 변환기를 가지고 있다.

또한 헬리오스타트 제어시스템의 제어기는, 태양위치계산, 헬리오스타트 방위각 및 고도각 계산, 서보모터 제어 등과 같은 많은 계산의 실시간 처리를 위하여 중앙처리장치로서 DSP(TMS320F2812)를 사용하고 있으며, 아울러 회로의 간소화를 위하여 DSP 내부의 128K × 16 플레시 롬(flash rom)을 사용하고, 데이터 메모리의 부족을 해결하고자 256Kbyte의 SRAM을 사용하였다.

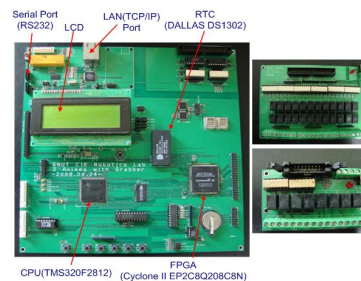


그림 5. 헬리오스타트 제어시스템의 제어기

2개의 서보모터 위치 및 속도 제어를 위한 펄스 발생기와 서보모터 엔코더 펄스 카운터 그리고 32비트의 디지털 입·출력(24비트 입력, 8비트 출력)을 위한 로직은 FPGA를 사용하여 구현하였다. 헬리오스타트 방위각과 고도각 구동을 위한 서보모터의 엔코더는 단위 회전 당 2048 펄스를 생성하며, 구동축의 감속비가 최대 60,000:1 이하인 것을 고려하여 FPGA에 구현된 엔코더 펄스 카운터를 32비트로 설정하였다. 아울러 제어기는

서보모터 정·역 회전 제어신호와 같은 서보모터 제어신호의 생성을 위하여 MC3487을 사용하였으며, 엔코더 펄스 입력을 위하여 MC3486을 사용하였다. 그림 5는 GPS 모듈 이 장착되어 있지 않은 헬리오스타트 제어시스템의 제어기이다.

4. 헬리오스타트 방위각 및 고도각 계산

헬리오스타트로 입사되는 태양광을 흡수기의 목표지점으로 반사시키기 위한 헬리오스타트의 방위각 A_H 와 고도각 α_H 의 계산은, 현재시간의 태양 방위각 A 및 고도각 α , 헬리오스타트 반사면 중심의 좌표 $H_e(e_H, n_H, z_H)$ 그리고 목표지점의 좌표 $T(e_T, n_T, z_T)$ 를 사용하여 계산된다.

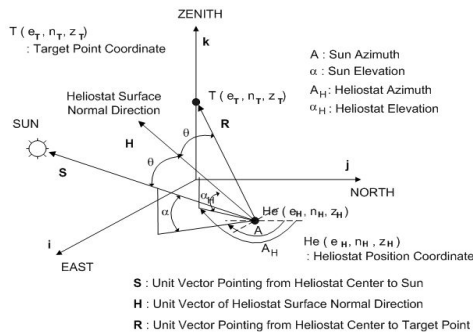


그림 6. 헬리오스타트 방위각(azimuth) 및 고도각(elevation)

그림 6은 태양으로부터 입사되는 태양광을 흡수기의 목표지점으로 반사시키기 위한 헬리오스타트의 방향을 나타내는 헬리오스타트 방위각과 고도각을 표시한 것이다. 그림에서와 같이 헬리오스타트 방위각 A_H 는 헬리오스타트가 설치되어 있는 지점의 정북 방향으로부터 헬리오스타트 반사면의 법선 벡터가 지표면에 투영되어 형성되는 선분까지의 각도로 정의되며, 헬리오스타트 고도각 α_H 는 지표면과 헬리오스타트 반사면의 법선 벡터가 이루는 각도로 정의된다.

헬리오스타트의 방위각과 고도각 계산을 위하여, 우선 헬리오스타트 반사면 중심 위치 H_e 로부터 목표지점 T 를 향하는 단위 벡터

R , 태양을 향하는 단위 벡터 S , 그리고 헬리오스타트 반사면의 법선 방향을 표시하는 단위 벡터 H 를 각각 다음과 같이 정의한다.

$$R = \frac{(e_T - e_H)\mathbf{i} + (n_T - n_H)\mathbf{j} + (z_T - z_H)\mathbf{k}}{\sqrt{(e_T - e_H)^2 + (n_T - n_H)^2 + (z_T - z_H)^2}} = R_e\mathbf{i} + R_n\mathbf{j} + R_z\mathbf{k} \quad (1)$$

$$H = H_e\mathbf{i} + H_n\mathbf{j} + H_z\mathbf{k} = \cos\alpha_H \sin A_H \mathbf{i} + \cos\alpha_H \cos A_H \mathbf{j} + \sin\alpha_H \mathbf{k} \quad (2)$$

$$S = S_e\mathbf{i} + S_n\mathbf{j} + S_z\mathbf{k} = \cos\alpha \sin A \mathbf{i} + \cos\alpha \cos A \mathbf{j} + \sin\alpha \mathbf{k} \quad (3)$$

또한 헬리오스타트 반사면의 법선을 기준으로 헬리오스타트로 입사되고 반사되는 태양광의 입사각과 반사각을 나타내는 각 θ 는 단위벡터의 내적(dot product)의 정의에 따라 다음과 같이 정의된다.

$$\cos(2\theta) = \mathbf{S} \cdot \mathbf{R} = R_e S_e + R_n S_n + R_z S_z = R_e \cos\alpha \sin A + R_n \cos\alpha \cos A + R_z \sin\alpha \quad (4)$$

헬리오스타트 법선방향을 표시하는 단위 벡터 H 는 그림 7에서와 같이 단위 벡터 R 및 S 로부터 다음과 같이 표시될 수 있다.

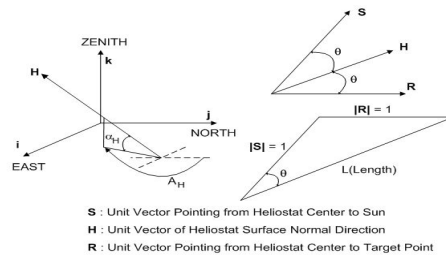


그림 7. 헬리오스타트 법선 방향 단위 벡터

$$1^2 = 1^2 + L^2 - 2L \cos\theta \rightarrow L = 2\cos\theta \quad (5)$$

$$H = \frac{\mathbf{R} + \mathbf{S}}{2\cos\theta} = \frac{(R_e + S_e)\mathbf{i} + (R_n + S_n)\mathbf{j} + (R_z + S_z)\mathbf{k}}{2\cos\theta} \quad (6)$$

헬리오스타트 방위각과 고도각은 식 (2)와 식 (6)으로부터 다음과 같이 표시된다.

$$\sin\alpha_H = \frac{R_z + \sin\alpha}{2\cos\theta} \quad (7)$$

$$\sin A_H = \frac{R_e + \cos\alpha \sin A}{2\cos\theta \cos\alpha_H} \quad (8)$$

$$\cos A_H = \frac{R_n + \cos\alpha \cos A}{2\cos\theta \cos\alpha_H} \quad (9)$$

헬리오스타트 방위각과 고도각은, 우선 현재 시간의 태양 방위각 A 와 고도각 α , 그리고 헬리오스타트 반사면 중심 위치 $H_c(e_H, n_H, z_H)$ 와 목표 지점의 좌표 $T(e_T, n_T, z_T)$ 를 식 (4)에 대입하여 태양광의 헬리오스타트로의 입사각 또는 반사각을 나타내는 θ 를 계산하고, 이로부터 고도각 α_H 를 식 (7)로부터 식 (10)과 같이 계산하며, 마지막으로 $0^\circ \sim 360^\circ$ 범위의 방위각 A_H 계산을 위하여 $\sin^{-1}()$ 또는 $\cos^{-1}()$ 함수 대신 식 (8)과 식 (9)에서 얻어진 $\sin A_H$ 및 $\cos A_H$ 값을 식 (11)에서와 같이 $\text{atan2}(y,x)$ 함수를 사용하여 계산한다.

$$\alpha_H = \sin^{-1}\left(\frac{R_z + \sin\alpha}{2\cos\theta}\right) \quad (10)$$

$$A_H = \text{atan2}(\sin A_H, \cos A_H) \quad (11)$$

5. 헬리오스타트 제어시스템 동작 시험

계산된 헬리오스타트 방위각과 고도각으로 헬리오스타트를 이동시키기 위하여, 우선 그림 8에서와 같은, 방위각과 고도각 구동축에서 모터의 위치를 사용하는 모터 좌표계(엔코더 좌표계)의 정의가 필요하다. 본 연구에서는 방위각과 고도각 구동축의 감속비를 30,000:1로 설정하였으며, 따라서 헬리오스타트의 각도를 1° 변화시키기 위해서는 모터 엔코더 값이 170,666 만큼 변화되도록 하는 것이 필요하다. 이는 만약 헬리오스타트가 그림 10에서와 같이 야간 또는 바람으로부터

헬리오스타트를 보호하기 위하여 사용되는 정지위치(parking position, $A_H = 180^\circ, \alpha_H = 90^\circ$)로부터 80° 의 방위각(A_H)과 20° 의 고도각(α_H)을 갖는 위치로 이동하는 것이 요구되면, 이는 모터 엔코더 좌표계의 값을 방위각에서 모터를 정회전 시킴으로서 0으로부터 17,066,600의 값을 갖는 위치로, 그리고 고도각에서 모터의 역회전을 통하여 15,359,940으로부터 3,413,320의 값을 갖는 위치로 이동하게 하는 것이다.

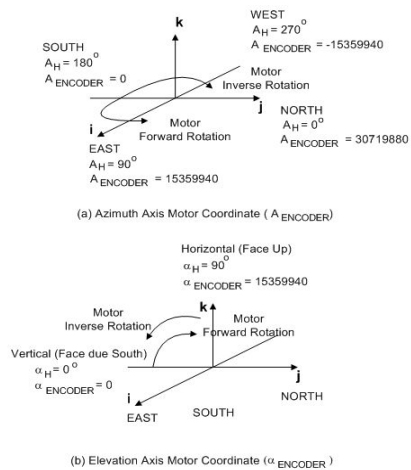


그림 8. 헬리오스타트 구동축 모터 좌표계

그림 9는 헬리오스타트 제어시스템의 동작 시험을 위한 모의 시험장치이다³⁾. 헬리오스타트 제어기의 동작 시험을 위하여, 우선 헬리오스타트 제어기가 헬리오스타트 필드 제어시스템으로부터 전송되어 오는 운전 모드를 신뢰성 있게 구현하는 지를 확인하였다. 이는 현재 임의의 위치에 있는 헬리오스타트가 LAN 통신을 통하여 전송되어오는 헬리오스타트 필드 제어시스템의 운전 모드 지령에 따라, 그림 10에서와 같은 원점 복귀(zero return, $A_H = 180^\circ, \alpha_H = 0^\circ$)를 수행하고 원점 복귀 동작이 완료된 이후 모터의 엔코더 값

3) 개발된 제어시스템의 실증 시험용 헬리오스타트가 현재 제작 중에 있어, 모의 시험 장치에 의한 동작 시험을 수행하였다.

을 방위각과 고도각에서 각각 0으로 설정하는 기능, 임의의 자세 또는 일몰 추적 종료 위치로부터 정지위치로 이동하는 기능, 정지 위치로부터 일출 최초 기동 위치 또는 요구되는 임의의 위치로 이동하는 기능 등을 반복적으로 수행한 후, 지령된 엔코더 값과 동작 완료 후 모터 엔코더 값을 비교함으로써 확인하였으며, 실험 결과 3000RPM의 모터 회전 속도로 요구되는 거리만큼 이동하였을 경우, 최대 ± 20 펄스($\pm 0.00012^\circ$)이내의 오차를 가지고 지령된 지점으로 도달하는 것이 확인되었다.

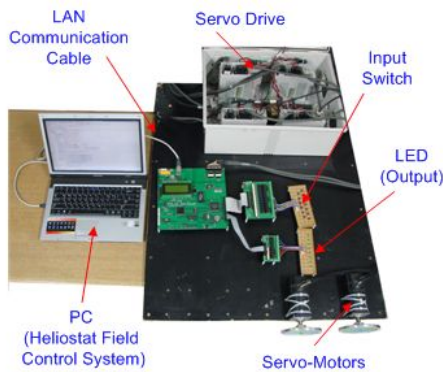


그림 9. 헬리오스타트 제어시스템의 모의 시험 장치

또한 헬리오스타트 제어시스템의 태양추적 기능을 확인하기 위하여, 년 중 낮의 길이가 가장 긴 하지(2008년 6월 21일)에, 그림 11에서와 같이 93m 높이에 흡수기가 설치되어 있는 태양 탑의 정북 100m 지점에 위치한 헬리오스타트가 일출(중국 북경 오전 4시 44분 26초) 이후 30분이 경과한 시간부터 일몰(중국 북경 오후 7시 51분 38초) 30분 전까지 헬리오스타트로 입사되는 태양광을 흡수기로 반사시키기 위해 요구되는 헬리오스타트의 자세가 정확하게 제어되는 지를 확인하였다. 이를 위해 우선 제어기의 RTC를 2008년 6월 21일로 설정하고, 최초 정지위치에 있는 헬리오스타트가 일출 이후 30분이 경과하여 헬리오스타트 필드제어시스템으로부터 동

작 개시 지령을 전달 받아 일출 최초 기동 위치(헬리오스타트 방위각 108.129° , 고도각 38.03° , 방위각 구동축 모터 엔코더 좌표 12265936, 고도각 구동축 모터 엔코더 좌표 6490427)로 이동한 후, 태양위치 변화에 따라 헬리오스타트 방위각 또는 고도각이 각각 독립적으로 현재 위치를 기준으로 0.05° 이상 변화되는 것이 요구되면, 헬리오스타트 제어시스템은 해당 모터를 최대 속도 3000RPM으로 구동함으로써 헬리오스타트가 태양 추적이 이루어지도록 하였다.

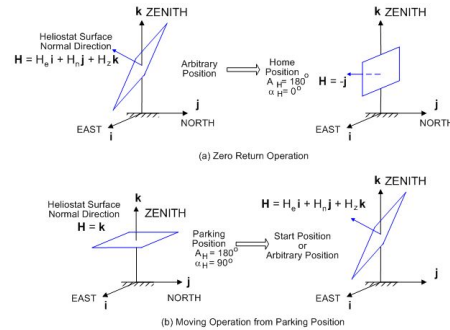


그림 10. 원점 복귀 및 초기 기동 또는 임의 위치 이동

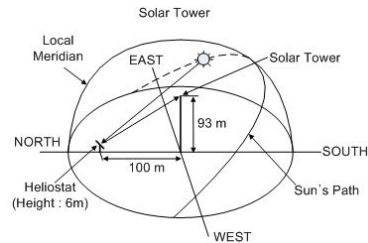


그림 11. 흡수기 및 시험용 헬리오스타트

그림 12와 그림 13은 2008년 6월 21일 일출 최초 기동 위치로부터 일몰 추적 종료 위치(헬리오스타트 방위각 251.844° , 고도각 38.041° , 방위각 구동축 모터 엔코더 좌표 -12261328, 고도각 구동축 모터 엔코더 좌표 6492305)까지 헬리오스타트가 태양추적을 수행하는 동안, 모터 방위각 구동축과 고도각 구동축 엔코더 좌표계의 계산 값(지령 값)과 동작이 완료된

이후의 실제 엔코더 값의 차, 즉 엔코더 좌표계에서의 위치 오차를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 헬리오스타트 제어시스템은 일중 변화하는 태양 위치 추종을 위한 헬리오스타트의 위치를 신뢰성 있게 제어하고 있는 것으로 확인되었으며, 최대 위치 오차는 ± 44 펄스($\pm 0.00026^\circ$) 이내인 것으로 나타났다.

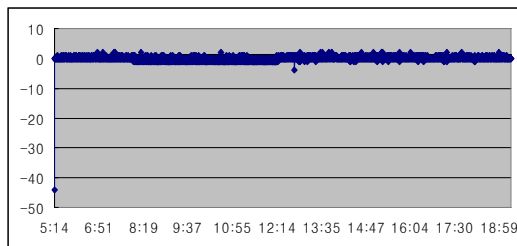


그림 12. 방위각 위치 오차 (방위각 구동축 엔코더 좌표계)

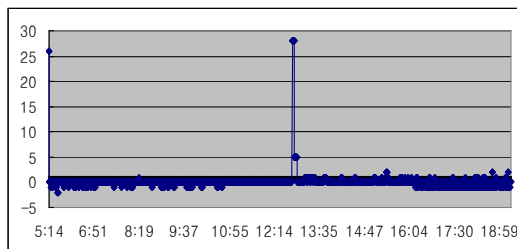


그림 13. 고도각 위치 오차 (고도각 구동축 엔코더 좌표계)

6. 결 론

본 연구는 1MW급 탑형 태양열 발전시스템의 통합 제어시스템 개발을 위한 중간 단계 연구 결과로서 헬리오스타트 제어시스템의 개발에 관한 것이다.

본 연구에서는, 우선 탑형 태양열 발전시스템의 통합 제어시스템의 구조를 설정하고, 설정된 통합 제어시스템에서 헬리오스타트 제어시스템이 담당하여야 하는 기능 및 역할을 정의한 후, 이의 실현을 위한 저가형 전용제어기를 개발하였다. 아울러 헬리오스타트의 태양추적 기능을 포함하는 헬리오스타트

제어시스템의 운영 체계를 개발하였다.

개발된 헬리오스타트 제어시스템은 모의 시험 장치를 사용한 동작 시험을 통하여, 시스템의 동작과 요구되는 기능이 신뢰성 있게 구현되었음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 서울산업대학교 기성희 해외파견 연구교수 지원으로 중국과학원 전공연구소(IEE, CAS)에서 수행되었음.

참 고 문 헌

1. Geyer, M., IEA Solar Power and Chemical Energy Systems, Solar PACES Annual Report 2006, April 2007
2. Zhifeng Wang, "The Design of 1MW Solar Thermal Power Plant in Beijing, China", ISES Solar World Congress 2007, Beijing, China, 2007. 9. 18~21
3. Zavoico A, "Solar Power Tower : Design Basis Document", Report No. SAND2001-2100, Sandia National Laboratories, 2001
4. PIER : California Energy Commission, "Renewable Energy : Solar two central receiver", Consultant Report, October 1999
5. Zaibel, R., Dagan, E., Karni, J., and Ries, H., "An Astigmatic Corrected Target Aligned Heliostat for High Concentration", Solar Energy Materials and Solar Cells, 37, 1995, pp.191~202.
6. Chen, Y. T. et al, "Nonimaging Focusing Heliostat", Solar Energy, Vol. 71, No. 3, 2001, pp.155~164.
7. Park, Y. C. and Kang Y. H., "Computation of Sun Position for the Sun Tracking Control System of Solar Concentrator", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 18, No. 4, 1998, pp. 87~94