

선형 프레넬 반사판 태양열 발전시스템의 설계 및 제작

김 하 늘 · 김 종 규*

한국에너지기술연구원 태양열융합연구실

Design and Manufacture of Linear Fresnel Reflector Solar Thermal System

Haneol Kim · Jongkyu Kim*

Solar Thermal Convergence Laboratory, New and Renewable Institute,

Korea Institute of Energy Research, Daejeon 34129, Korea

(Received 2018.06.11 / Accepted 2018.11.01)

Abstract : In this study, design and manufacture of LFR (Linear Fresnel Reflector) system was performed for solar thermal absorption cooling. The LFR system was designed considering the expansion and convenience to be installed according to the cooling capacity of the applicable building. Twelve LFR modules with a total reflection area of 204 m² were installed. The automatic tracking system was applied to track the sun during the daytime.

Key words : 선형 프레넬 집광기(Linear Fresnel Reflector), 태양열(Solar thermal), 구조물(Structure)

1. 서 론

파리 기후 협정 및 온실가스 감축으로 인해 전 세계적으로 신재생에너지 기술이 많이 연구되고 있다. 그 중 태양열발전은 지난 몇 년 동안은 미국과 유럽을 중심으로 개발되어 왔다.¹⁾ 최근에는 연간 직달 일사량이 높은 중동 및 아프리카 지역도 태양열 산업에 관심을 갖기 시작하였고 시제품 개발 등 실제 연구 및 개발이 진행되고 있다.^{2,3)}

특히 중동지역 중 사우디아라비아에서는 고온 건조한 기후로 인해 전체 전기 소비 중 약 70%가 공조 및 냉방에 사용되며 여름 동안의 소비량이 겨울과 비교해 2 배에 달한다.⁴⁾ 이에 사우디아라비아는 연간 직달일사량이 높은 지역으로 태양에너지를 이용한 냉방 기술에 대한 연구가 진행 중이며 추후 이에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다.^{5,6)}

이에 따라 본 논문은 태양열을 이용하여 흡수식 냉방을 하기 위해 집광부 구조물의 설계 및 제작에 대한

연구를 진행하였다. 태양열 발전은 집광방식에 따라 구유형, 접시형, 중앙 흡수기형, 선형 프레넬형으로 구분된다. 본 연구에서는 이중 중고온의 열을 획득하기에 적합하고 생산단가와 운영비가 저렴한 선형 프레넬 방식인 LFR(Linear Fresnel Reflector)을 선정하였다.

1.1 LFR 태양열 발전시스템

LFR은 Fig. 1과 같이 1축 태양 추적시스템으로 초점이 맞춰진 폭이 좁고 긴 거울들을 통해 고정된 흡수기에 태양열을 집광하여 열을 공급하는 시스템이다.

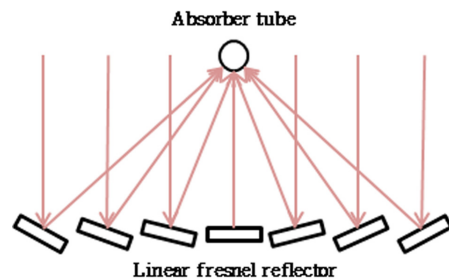


Fig. 1 Schematic of linear fresnel reflector

*Corresponding author, E-mail: rmokim@kier.re.kr

LFR의 최대 집광비는 30 정도이며, 흡수기에 물을 가열할 경우 약 60~400 °C 정도의 온도를 얻을 수 있다.

2. 구조물 설계

LFR 시스템은 태양추적 중심축의 설치 방향에 따라 남-북, 동-서 방향으로 분류되는데, 이에 따라 흡수부에 집광되는 시간대별 열유속 분포 특성의 차이가 생긴다. 본 연구에서는 일조 시간동안 흡수되는 열량을 일정하게 유지하기 위해 남-북을 축으로 구동되는 LFR 시스템을 설계하였다. 추후 냉방장치의 열원공급이 주목적이므로 시스템 구성은 확장성, 편리성 등을 고려하여 냉방 용량에 맞게 연결이 가능하도록 모듈 및 규격화 설계를 수행하였다.

설계의 기본개념은 중앙의 흡수기를 중심으로 좌측 5단, 우측 5단, 총 10단의 LFR을 2열로 배치했고, LFR 각 단의 축 중심 간격은 660 mm가 되도록 일정하게 배치한 것을 1 Module(집광면적: 17 m²)로 설계하였다. LFR 각 단은 각각 평면거울 2장(길이 - 1,700 mm, 폭 - 250 mm) 씩으로 구성되어 있어 총 20 sun(10단 x 2 sun)의 집광비를 갖도록 설계하였다. 평면거울 2장으로 구성된 각 단은 흡수기에 집광 초점이 모아질 때 하나로 중첩시키기 위해 반사각 조절이 가능하도록 설계하였다.

구동부는 4 Module당 1대의 BLDC 모터를 이용하여, Slewing Drive(1대), Single Worm Reducer (4대) 순서로 동력이 전달되어 태양을 추적할 수 있도록 구성하였다. 이때 LFR의 모터 용량은 회전속도, 각 감속기의 개별 효율을 고려한 전체 감속효율, 각 연결부의 마찰계수를 반영하여 식(1)를 통해 계산하였다. 이를 통해 안전율 1.2를 고려하여 구동부 모터 용량은 50 W/1-Module로 선정하였다.

$$H_{kw} = \frac{T \times N}{97,400 \times \eta_t} \quad (1)$$

흡수기는 4 m 높이에 25 A 배관 8개를 Fig. 2와 같이 설치하였다. 열유속 분포가 낮은 외곽부분은 예열을 위하여 양쪽으로 4개의 배관이 설치되고 흡수기 중앙부는 높은 열유속 분포로 증기발생을 위하여 4개의 배관을 배치하였다.

설계된 LFR 집광시스템의 반사 및 집광은 Fig. 3과 같으며 실제 제작된 시스템의 치수는 Table 1에 나타내었다.

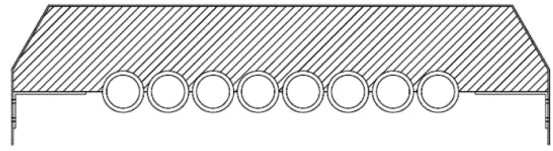


Fig. 2 Schematic of LFR absorber

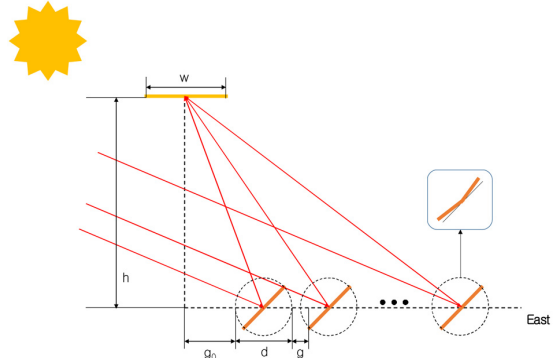


Fig. 3 Schematic of LFR system

Table 1 Design factor of LFR

명칭		값 (추분 16시 기준)
흡수기	높이, h	4 m
	폭, w	0.5 m
	초기 위치, g ₀	0.56
	반사판 사이거리, g	0.66
	폭, d	0.5
반사판	거울 각도 1(중심부), θ ₁	0.89o
	θ ₂	0.86o
	θ ₃	0.81o
	θ ₄	0.76o
	θ ₅	0.70o

3. 구조물 설치

기초공사는 현재 태양광 설치에 많이 사용되고 있는 에코파일을 이용하는 방식으로 나사못 형식의 파일을 지면에 박고 그 위에 구조물을 설치하는 방식으로 Fig. 4와 같다. 4 Module 당 13개의 에코파일이 필요하며 총 12 Module을 설치하기 위해 총 39개의 에코파일을 설치하였다. LFR 구조물의 기본 틀인 H빔은 설치된 에코파일 위에 설치하였다.

전체 H빔 기초의 폭은 7.4 m이고 길이는 약 48 m이며, 미리 천공된 볼트 구멍 위치에 LFR 프레임의 순차



Fig. 4 Foundation of LFR structure



Fig. 5 LFR concentration system

적으로 부착하였으며 반사면과 집광면을 설치하면 Fig. 5와 같다. LFR 집광시스템의 반사거울 면적은 총 204 m² 이며 각 부품 및 프레임은 외부환경에서의 산화방지를 위해 분체도장 공정이 적용되었다. 흡수기 튜브는 태양열 흡수율은 높이기 ThurmaloX 사의 Solar Collector Coating 페인트를 도장 하였다.



Fig. 6 LFR control system

태양의 위치변화에 따라 빛을 반사하여 흡수기에 집광할 수 있도록 설치 위치의 위도와 경도를 고려하여 Fig. 6과 같이 추적제어시스템을 구성하였다.

4. 결론

태양열을 이용한 흡수식 냉방을 위한 집광부 구조물의 설계 및 제작에 대한 연구를 진행하였다. 집광 방식은 중고온의 온도 획득 가능하고, 상대적으로 개발 및 제작비용이 저렴한 LFR 발전을 적용하였다. 추후 적용 건물의 냉방 용량에 맞게 설치가 가능하도록 확장성 및 편리성을 고려하여 Module화(집광면적: 17m²)를 하였다. 실제 시제품은 12 Module을 제작 및 설치하였다. LFR 반사부의 면적은 총 204 m²이며, 시간에 따라 반사부의 거울이 태양을 추적하여 흡수기에 집광시킬 수 있도록 자동 추적시스템을 적용하였다.

추후, 집광부의 열유속 분포 및 광학 효율을 평가하기 위한 시뮬레이션 및 측정 실험과 같은 후속 연구를 진행할 예정이다.

References

- 1) Z. Wang, Prospectives for China's solar thermal power technology development, *Energy*, 35 (11), p. 4417~4420, 2010.
- 2) Abu-hamdeh, N. H., and Alnefaie, K. A, Design considerations and construction of an experimental prototype of concentrating solar power tower system in Saudi Arabia, *Energy Conversion and Management*, 117, p. 63~73, 2016.
- 3) Islam, T., Huda, N., Abdullah, A. B., and Saidur, R., A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies : Current status and research trends, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91(November 2017), p. 987~1018, 2018.

- 4) Demirbas, A., Hashem, A. A., and Bakhsh, A. A., The cost analysis of electric power generation in Saudi Arabia The cost analysis of electric power generation in Saudi Arabia, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 0(0), p. 1~6, 2017.
- 5) Zell, E., Gasim, S., Wilcox, S., Katamoura, S., Stoffel, T., Shibli, H., ... Al, M, ScienceDirect Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia. Solar Energy, 119, p. 422~438, 2015.
- 6) Al-ugla, A. A., and Said, S. A. M, Techno-economic analysis of solar-assisted air-conditioning systems for commercial buildings in Saudi Arabia, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, p. 1301~1310, 2016.