

태양광 발전시스템의 월별 일사량과 전력량 분석

신현만¹, 최용성¹, 황종선², 이경섭¹
¹동신대학교, ²전남도립대학

Analysis of Irradiation and Power per Each Months of Photovoltaic Systems

Hyun-Mahn Shin¹, Yong-Sung Choi¹, Jong-Sun Hwang², Kyung-Sup Lee¹
¹Dongshin University, ²Jeonnam Provincial College

Abstract - The economic growth and highly industrialized society have increased the demand for electricity power. As a result, concerns were focused on the energy resource scarcity and global warming. That is why the photovoltaic generation system to address these concerns has been in the spotlight recently. In this thesis, a utility interactive photovoltaic generation system was operated experimentally for the purpose of promoting the spread of the photovoltaic generation system in the future. Also, the effect of the type of array structure has on the performance of the photovoltaic generation system was evaluated quantitatively and by analyzing the comprehensive operating characteristics, the following results were obtained.

In the demo system operated for a year, the average irradiation was measured to be 455,076 [W/m²] and the maximum irradiation to be 626,622 [W/m²] in May, up 171,546 [W/m²] or 38[%] compared with the average irradiation. The minimum irradiation was observed to be 294,022[W/m²] in December, down 161,054 [W/m²] or 35[%] compared with the average irradiation. The generation power in situation where there is plenty of irradiation was more than the average one, and the generation power in the fixed system amounted to 32[%], the single-axis tracker to 37[%], and the dual-axis tracker to 39[%]. The generation power in situation where there is little irradiation was less than the average one, and the generation power in the dual-axis tracker amounted to 41[%], the single-axis tracker to 40[%], and the fixed system to 36[%].

1. 서 론

우리나라는 에너지 부존자원이 빈약하여 총 에너지의 90[%] 이상을 수입에 의존하고 국내 에너지 소비의 60[%] 이상을 차지하는 석유는 전망 수입하고 있으며 에너지원별 수급에 있어서도 1960년대는 주로 무연탄과 신탄이 주종을 이루었으나 근래에 경제규모가 확대되어 산업구조의 고도화로 수입에너지인 석유, 유연탄, 천연가스, 원자력이 위주로 수급체계가 바뀌고 있다. 따라서 에너지원의 수입의존도와 석유의존도는 더욱 심화되고 있으며 이러한 추세는 앞으로도 계속될 전망이다. 최근 친환경적이고 지속 가능한 자원개발을 위한 그린라운드와 기후 협약 등의 발표로 지구온난화 문제 에너지 사용규제와 에너지 효율 기준 설정 등 국제적으로 규제가 강화되고 있으므로 에너지 부존자원이 빈약한 우리나라에서

의 에너지 기술개발은 제2의 생산기술로서 세계에너지 환경 변화시 우리 경제에 미치는 충격을 최소화할 수 있는 대응능력을 갖추어야 한다.

특히 에너지의 소비가 큰 우리나라와 같은 국가는 다가올 그린라운드에 대처하여 청정에너지원의 확보와 에너지이용 효율 제고를 위한 기술개발이 필요하며 이러한 시점에서 무한정 무공해의 태양광 에너지를 직접 전기에너지로 변환시켜서 전기를 얻는 태양광 발전이 각광을 받고 있다 [1] [6]. 이러한 태양광 발전 기술은 1954년 미국의 Bell Lab.에서 태양전지가 개발되어 1958년 인공 위성 Vanguard 호의 보조전원으로 사용됨으로써 1960년대의 냉전시대에 우주용 전원으로 실용화되었으며 1970년대에 들어 두 차례 석유파동을 거치면서 석유자원의 제한된 부존량과 지역편중성에 따른 위기를 극복하기 위하여 석유를 대체할 수 있는 새로운 미래 에너지원으로서의 지상용 태양광 발전시스템이 선진국을 중심으로 개발되기 시작하였다.

사용전원의 송전이 불가능한 외딴 지역의 전원 또는 휴대용, 군사용 전원 등 특수한 용도의 시장이 형성되었다. 1980년대에는 유가하락에 따른 상대적인 경제성의 열세 때문에 태양광발전의 개발과 보급 열기가 한때 주춤하였으나 1990년대에 들어서 환경문제가 심각하게 대두됨에 따라서 환경 친화적 에너지 기술로서 각광받게 되었으며 지속적인 기술개발로 인한 저가 고효율 태양전지의 개발과 최근의 급격한 유가의 상승으로 인한 상대적 경제성 증가로 인해 태양광 발전이 석유를 대체할 수 있는 미래 에너지로 인식되고 있다 [7]~[10].

태양광 발전은 다른 발전방식과는 달리 연료비가 불필요하고 대기오염이나 폐기물 발생이 없으며 발전부위가 반도체 소자이고 제어부가 전자제품이므로 기계적인 진동과 소음 등의 공해가 전혀 없는 에너지원이다. 그러나 태양광 발전은 에너지 밀도가 낮아 일사량, 온도, 계절 등 기상조건의 작은 변화에도 발전량의 편차가 심하고 출력이 불안정하여 상용전원과의 연계나 별도의 축전설비 또는 발전설비 없이 독립적으로 사용하기에는 다소 무리가 있다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 1년 동안 실증운전을 통한 종합적인 운전특성 데이터, 태양전지 어레이 출력의 전압 전류, 교류 전력 및 전력량, 일사량 및 모듈의 온도, 외기온도 등 분석기간 동안 수집된 운전 데이터를 이용하여 태양이 태양전지 모듈에 입사되는 각과 발전량 즉 태양전지 어레이 형태와 발전량과의 상관관계를 정량적으로 규명하여 태양광 발전시스템의 설계 및 시공의 최적화가 이루어질 수 있도록 하였다.

2. 시료 및 실험방법

태양전지 어레이의 구성형태는 고정식의 경우 경사각

이 남향 31°이고 일축 추적식은 태양전지 어레이가 동에서 서로 태양을 추적하도록 하였으며 양축 추적식은 태양의 위치를 동서남북 모든 방위에서 추적이 가능하도록 프로그램 추적 방식으로 설계 하였고 모니터링 결과는 1년을 기준으로 분석하였다.

모니터링 기간 동안의 기후조건 확인을 위해 기상청(www.kma.go.kr) 자료를 사용하였으며 이때의 일조시간 등은 전라남도를 기준으로 하였고 외기온도, 일조량, 출력전압 및 전류값은 모니터링 결과를 기준으로 하였다.

태양광 발전시스템의 실증시험을 위한 운전 특성분석을 위해서 태양전지 어레이는 태양전지 모듈(SHARP NE-Q7E3E, 167[W], 34.6[V], 4.83[A], 12.8[%]) 24개를 연결하여 구성하였으며 INVERTER는 FRONIUS IG-30, 2500[W] INDOOR TYPE 2대를 연결하여 5[kW]로 구성하여 설치하였다.

본 연구에서 일사량의 단위가 $[W/m^2]$ 이므로 설치된 태양광 발전의 설치 면적에 대한 일사량과 태양광 발전의 $1[m^2]$ 의 단위로 환산하여 $1[m^2]$ 당 태양광 발전에 받는 일사량으로 생산되는 발전량을 비교해야 하나 일사량과 태양광 발전의 상관관계만을 비교·분석하였으며 교류전력과 일사량 온도의 상관관계를 비교하기 위해서 $1[Wp]$ 단위로 환산하여 곡선을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 전남 지역에서 1년간 실증운전을 통해 측정된 일사량으로서 평균 일사량은 $455,076 [W/m^2]$ 로 측정되었다. 최대일사량은 5월로서 $626,622 [W/m^2]$, 평균 일사량보다 $171,546 [W/m^2]$, 38[%]가 더 많은 양으로 측정되었으며, 최저 일사량은 평균 일사량보다 $161,054 [W/m^2]$, 35[%]가 적은 $294,022 [W/m^2]$ 량으로 측정된 12월이 가장 낮은 것으로 관측되었다.

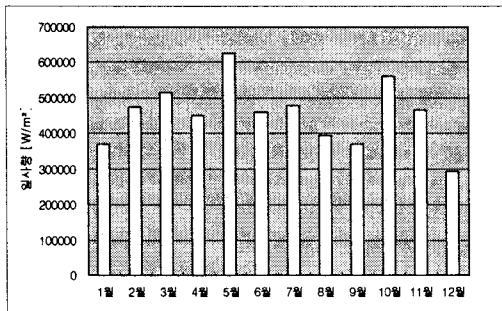


그림 1. 월별 일사량 곡선
Fig 1. Irradiation curves by months

그림 2는 1년중 일사량과 발전량을 비교한 곡선으로서 평균 발전량은 고정식 $105,745 [Wh]$, 단축 추적식 $124,004 [Wh]$, 양축 추적식 $148,093 [Wh]$ 이며, 최대 발전량은 최대일사량을 기록한 5월달에 고정식은 평균 발전량보다 $33,904 [Wh]$, 32[%], 단축 추적식은 평균 발전량보다 $45,925 [Wh]$, 37[%], 양축 추적식은 평균 발전량보다 $57,107 [Wh]$, 39[%] 높았다. 발전량이 작은 달은 일사량이 가장 작은 12월 달에 고정식은 평균 발전량보다 $37,610 [Wh]$, 36[%], 단축 추적식은 평균 발전량보다 $49,530 [Wh]$, 40[%], 양축 추적식은 평균 발전량보다 $60,661 [Wh]$, 41[%]가 낮았다.

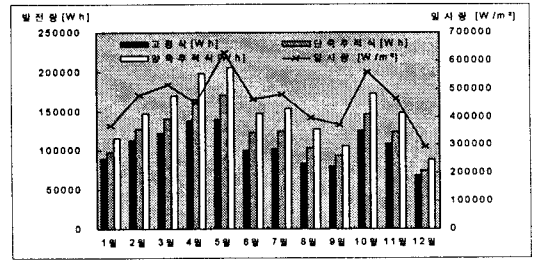


그림 2. 월별 일사량과 전력량 곡선
Fig 2. Irradiation and power curves by month

또한 상대적으로 발전량이 6, 7, 8, 9월에 낮은 이유는 장마철과 흐린 날씨가 지속되는 경우가 많았었다. 상기에서 보는 바와 같이 일사량이 많은 경우 발전량은 평균 발전량 보다 고정식(32[%]), 단축 추적식(37[%]), 양축 추적식(39[%]) 순서로 더 많았으며, 일사량이 적은 경우 발전량은 평균 발전량보다 양축 추적식(41[%]), 단축 추적식(40[%]), 고정식(36[%])의 순서로 작아지는 것을 알 수 있었다.

일사량이 많다는 것은 날씨가 맑아서 일사조건이 좋은 것을 의미하며 전체 일사량 중에서는 적당 일사량 비율이 커지게 되어, 경사각이 큰 부분에서 일사량이 많아지는데 그림 3에서 보는 바와 같이 맑은날 일사량이 $800 [W/m^2]$ 이상에서는 고정식과 단축추적식의 교류전력이 거의 유사함을 알 수 있다.

일사량이 급속하게 감소하는 경우는 구름이 낀 흐린 날씨를 의미하며, 일사조건 또한 불량한 경우 이므로 전체일사량 중에서 산란 일사량이 커지게 되어 수평면 일사량이 많아지게 되는데 실증운전에서는 그림 5-4와 같이 일사량이 $200 [W/m^2]$ 이하에서는 고정식, 단축추적식, 양축추적식 모두 발전량이 작고 발전 패턴이 유사함을 알 수 있었다.

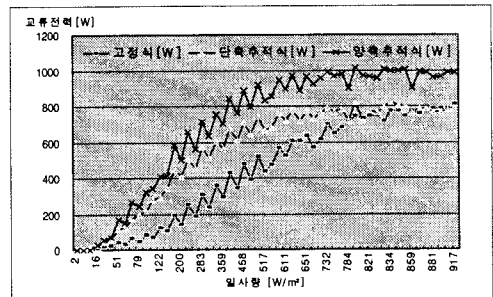


그림 3. 맑은날 일사량과 교류전력 변화 추이 곡선
Fig 3. Irradiation, AC power curves with clear day

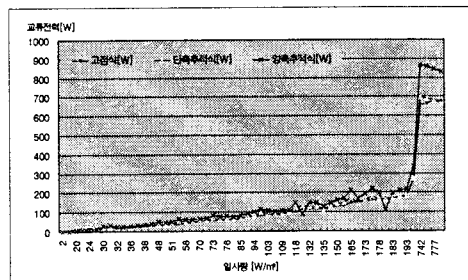


그림 4. 흐린날 일사량과 교류전력 변화 추이 곡선
Fig 4. Irradiation, AC power curves with cloudy day

4. 결 론

본 논문에서는 1년간 계통 연계형태양광 발전시스템을 실증 운전하여 외부조건 이 태양광 발전시스템의 성능에 미치는 영향을 정량적으로 평가 제시하였으며 종합적인 운전특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1년간 실증운전을 통해 측정된 평균 일사량은 455,076 [W/m^2], 최대일사량은 5월로서 626,622 [W/m^2], 평균 일사량보다 171,546 [W/m^2], 38[%]가 더 많은 양으로 측정되었으며 최저 일사량은 평균 일사량보다 161,054 [W/m^2], 35[%]가 적은 294,022 [W/m^2]량으로 측정된 12월이 가장 낮은 것으로 관측되었다.

일사량이 많은 경우 발전량은 평균 발전량 보다 고정식(32[%]), 단축 추적식(37[%]), 양축 추적식(39[%]) 순서로 더 많았으며 일사량이 적은 경우 발전량은 평균 발전량보다 양축 추적식(41[%]), 단축 추적식(40[%]), 고정식(36[%]), 순서로 작아지는 것을 알 수 있었고 일사조건이 좋은 경우에 전체 일사량 중에서는 직달 일사량 비율이 커지게 되어 경사각이 큰 부분에서 일사량이 많아지는 데 맑은날 일사량이 800 [W/m^2] 이상에서는 고정식과 단축추적식의 교류전력 변화 추이가 유사함을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송길영, 최신발전공학, 동일출판사, pp.503~510 (2000).
- [2] 한국화학공학회, 에너지공학, 교보문고, pp.418~427 (1996).
- [3] 원자력발전백서 ['04 산업자원부, 한국수력원자력(주)]
www.khnp.co.kr
- [4] 박윤동, 에너지, 대영사, pp.36~37 (2000).
- [5] 에너지 경제연구원, "에너지 수요전망", 제10권 1호(2008)
- [6] 하백현, 에너지공학개론, 자원 및 응용, 청문각, pp.119~120 (2004).
- [7] 박창휘, 에너지 변환 공학, 태양전지, 김영사, pp.68~70 (1986)
- [8] 이순형, 태양광 발전시스템의 계획과 설계, 기다리, pp.7~12 (2008).
- [9] 신재생에너지 설비의 지원, 설치 관리에 관한 기준, 산원자원부 고시 제 2006-9호.
- [10] 박규홍, 전력발생공학, 동일출판사 (2001).