

축소모델용 1.2kW 태양광 발전 시스템 개발에 관한 연구

원 유 준
한양대학교
전자전기제어계측공학과

정 진 범
한양대학교
전자전기제어계측공학과

김 희 준
한양대학교
전자컴퓨터공학과

백 수 현
동국대학교
전기공학과

The development of 1.2kW photovoltaic generation system for the simulation model

Yu-Jun, Won

Jin-Beom, Jeong

Hee-Jun, Kim

Soo-Hyun, Baek

Abstract - A study of the photovoltaic generation system tend to concentrate its importance on specific filed such as analysis of photovoltaic characteristic, improvement of a inverter, and controller. In this paper, a practical facility of the photovoltaic generation system and connection of its organization are presnted with process of 1.2kW prototype. From the results of monitoring system which is for reliability and analysis of the photovoltaic generation system, stability of the system was confirmed.

1. 서 론

태양전지를 이용한 태양광 발전은 청정하고 무공무진한 태양 에너지를 바탕으로 하기 때문에 현재 그 활용 범위가 우주에서부터 가정에 이르기까지 광범위하게 확장되고 있는 실정이다. 또한 최근의 환경 친화적 에너지 개발 요구와 맞물려 실용화 단계로 성장하였으며, 수요도 증가하는 추세에 있다. 이처럼 신재생 에너지원으로 각광받는 태양광 발전에 관한 연구는 대학, 연구소 등에서 지속적으로 진행되어 왔다. 그러나 기존의 연구는 태양광 발전 시스템을 구성하는 구성품(예를 들면 인버터, 태양전지, 디지털 제어기)에 대해서만 편중되어 있다. 따라서 실제 태양광 발전 시스템을 구성하는데 있어 요구되는 지리적, 시설적인 측면들에 관한 연구는 부족한 실정이다. 그러나 분산전원용 대용량 태양광 발전 시스템에 대한 시설적 측면의 연구는 공간 및 비용적인 문제로 진행이 어려운 것이 사실이다.

본 연구에서는 발전시스템의 효과적인 구성이 가능토록 하기 위하여 1.2kW로 축소화된 모델을 설계하고, 이를 통해 대용량 태양광 발전 시스템을 구성시 발생할 수 있는 다양한 문제점등을 예측하여 보았다. 또한 일조량 및 온도에 따른 정보를 축소모델로부터 획득하여 유동적인 발전량의 변화 추이를 살펴보고 최적화된 시스템 구성법을 제시하였다. 시간대별, 환경 조건별 발전량 변화를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어를 구성함으로써 발전량 및 시스템 상태를 정보화 하고 원격관리가 가능토록 시스템을 구성하였다.

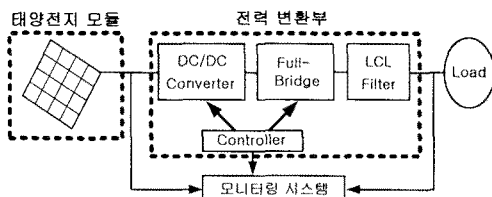


그림 1. 개략적인 태양광 발전 시스템 구성

2. 태양광 발전 시스템의 구성

2.1 태양전지판 및 인버터

태양광 발전 시스템을 구성하는 기본적인 요소로는 그림 1에 나타난 것과 같이 크게는 태양전지 모듈 및 시설물, 전력변환부, 모니터링 시스템 등으로 구분할 수 있다. 태양전지는 광전효과를 이용하여 빛 에너지를 직접 전기에너지로 변환 시키는 반도체 소자로서, 각각 양극과 음극을 갖는 반도체 박막으로 구성되어 있다. 태양전지에서 발전되는 전압 및 전류는 전지판의 크기, 빛의 강도 등에 의해 결정되는데 반도체의 종류 및 구성 형태에 따라 다양한 용량이 존재한다. 일반적으로 발전 시스템에 적용하기 위해서는 모듈화 된 태양전지판이 이용되며 사용하고자 하는 용도에 따라 용량 및 구성을 결정짓는다. 그림 2는 일반 가정의 일일 전력사용패턴과 태양광 발전 시스템의 발전량 추이를 나타낸 것이다. 그림을 보면 사용전력이 적은 시간대역에서 오히려 발전량은 크게 나타나는 것을 알 수 있는데, 이를 효율적으로 이용하기 위해서는 계통연계형을 계통으로 유입시키는 계통연계형 발전 시스템을 구축하는 것이 유리하다. 본 논문에서는 이를 고려하여 계통연계형 태양광 발전 시스템을 구축하였으며, 비용적인 측면을 고려하여, 그림 3과 같이 국내 기업제품을 이용하여 1.2kW로 축소화된 태양전지판 모듈을 구성하였다. 모듈 구성시 각 전지판 사이의 배선이 용이하도록 단자부분을 중앙에 위치하도록 하였다.

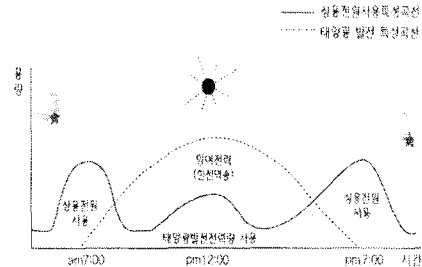


그림 2. 일일 전력 사용량 변화 및 발전량 추이

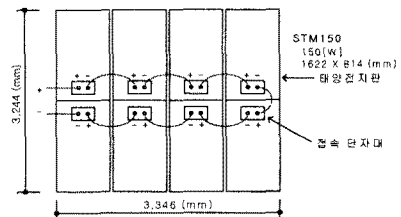


그림 3. 축소모델용 태양전지판 구성 형태

태양광 발전 시스템에 사용되는 전력변환기는 태양전지판에서 발생하는 직류전력을 사용자가 사용할 수 있는 교류전력으로 변환하는 역할을 한다. 이 경우 인버터 회로만 사용되기도 하나 일반적으로 DC/DC 컨버터부와 인버터부가 직렬로 연결된 형태로 구성된다. 이는 태양전지판의 동작 전압이 출력전력에 따라 변하게 되며, 전압이 변하더라도 인버터부의 입력 전압은 일정하게 유지되도록 부스트 형태의 DC/DC 컨버터가 추가된 것이다. 본 논문에서 사용된 태양광 발전 시스템용 전력변환기는 계통연계형 인버터로 넓은 입력범위에서 사용이 가능하도록 설계되었다. 해당 인버터는 최대 출력점 제어(MPPT), 시스템 감시 및 자가진단, 고효율 등의 특징을 갖는다. 또한 컴퓨터 혹은 다른 기기와의 통신이 가능하도록 통신 모듈을 내장시켰으며, 이더넷과 시리얼 인터페이스 중 선택할 수 있다.

2.2 태양전지판 지지 구조물의 설계

선정된 태양전지판을 고정시키는 지지구조물의 설계는 여러 가지 측면에서 중요시되고 있다. 특히 태양전지판의 재질이나 특성뿐만 아니라 구조물의 설치환경, 위치, 제작방법에 따라 태양광 발전량과 효율이 변화되는 특성을 보이므로, 태양광 발전 시스템 구축시 지지구조물의 설계와 시공상 주의점들은 반드시 숙지해야 한다. 먼저 태양전지판 모듈을 설치하기 위해서는 최적의 태양광 입사각을 계산해내야 한다. 이는 태양전지판에 수직으로 햇빛이 조사되도록 함으로써 최대 발전이 가능하도록 하는데 의의가 있다. 따라서 태양광이 태양전지판에 어떤 각도로 입사되는가에 따라 발전량이 변하는 문제를 보완하기 위해서 태양의 움직임에 따라 동시에 태양전지판도 움직이는 추적형 지지구조물이 사용되기도 한다. 그러나 추적형은 태양광을 따라 움직이기 위해서 2개 정도의 모터가 추가되어야 하며, 전체적인 구성이 복잡하고 비용적인 문제가 있어 소용량의 시스템에서는 사용하기 어렵다. 본 논문의 소용량 축소모델을 설계함에 있어서 추적형의 적용은 어렵기 때문에 고정형 지지구조물로 설계하였다.

그림 4는 제작된 지지구조물의 전체적인 형상과 크기가 나타난 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 지지구조물은 일정한 경사각을 지니고 기울어진 형태이다. 고정형 지지구조물의 경우 설치지역의 태양 남중고도 측정을 통한 최적 입사조건으로부터 이에 해당하는 기울기로 지지구조물을 경사지게 만들어야 될 필요가 있다. 그러나 태양의 남중고도는 연간 지속적으로 변화하고 있으므로 연평균 남중고도를 구하는 것이다.

연 평균 남중고도를 구한 후 이에 맞는 입사각을 구하면 최적의 입사조건을 갖게 되는데, 남중고도는 위도에 따라 다르므로 태양전지판이 설치되는 장소의 정확한 위도가 얼마인지 알아야 한다. 최근 주변에서 쉽게 볼 수 있는 위치안내 서비스인 GPS 툴을 이용하면 설치 위치의 위도 및 경도 정보를 쉽게 알아 낼 수 있다. 위치정보를 알게 되면 그림 5와 같은 방법으로 태양의 남중고도의 계산이 가능해진다. A~K 각 문자는 다음과 같은 의미를 갖는다.

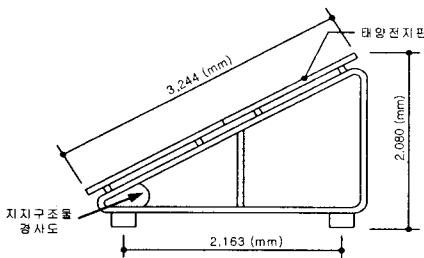


그림 4. 태양전지판 지지구조물 구조

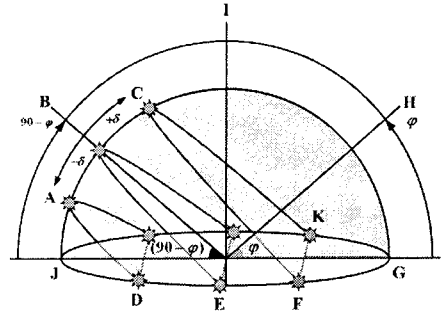


그림 5. 태양의 남중고도 계산법(ϕ :위도)

- A : 동짓날의 최대 남중고도 = 태양적위 - δ (23.5)
- B : 춘, 추분날의 최대 남중고도 = 태양적위
- C : 하짓날의 최대 남중고도 = 태양적위 + δ (23.5)
- D : 동짓날의 일출 위치
- E : 춘, 추분날의 일출 위치
- F : 하짓날의 일출 위치
- K : 하짓날의 일몰 위치

여기서 동짓날과 하짓날의 태양 남중고도 차가 최대 47도가 나는 것에 주의해야 한다. 이는 고정형의 경우 동짓날과 하짓날 중 어느 하나를 기준으로 하여 입사각을 설정한 경우 여름과 겨울 한 계절에서만 최적화된 발전량이 발생함을 의미한다. 따라서 고정형 지지구조물을 이용한 태양광 발전 시스템의 경우 연평균 남중고도에 각을 맞추는 것을 기본으로 한다.

물론 주변 지형물의 위치나 환경조건이 다를 수 있으므로 약간의 변화는 있겠지만 대부분 춘, 추분시기의 태양의 남중고도를 평균으로 본다. 또한 이처럼 춘, 추분 시기의 남중고도에 맞추어 태양전지판 지지구조물의 경사를 주는 이유는 여름철 장마로 인한 일조량의 감소, 겨울철 폭설로 인한 호된 날 증가 등이 나타나기 때문이기도 하다. 춘, 추분시기인 봄, 가을의 경우 연평균 남중고도에 가까우면서도 맑은 날씨가 장시간 유지되는 경우가 많으므로 태양광 발전 측면에서는 유리하다고 할 수 있다.

본 논문에서 설치장소로 지정한 곳은 건물의 옥상으로 주변 지형물의 영향을 덜 받도록 선정되었다. 주변에 높은 건축물이 있을 경우, 이로 인한 그림자 발생이나 안개발생, 풍속이 집중됨으로 인해 발생할 수 있는 온도 영향 등의 문제가 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이에 대한 영향을 최소화하기 위하여 건물 옥상을 이용하였다. 설치 예정 장소의 위치 정보는 GPS를 이용하여 측정하였으며 동경 126.50, 북위 37.17의 결과를 얻었다. 그러나 이 결과를 적용하여 얻은 경사각보다 실질적으로 약간 낮게 설치하였다. 이는 설치장소가 '경기도 안산시' 지역으로, 서해안에 붙어 있어 여름철 일조 시간이 겨울에 비해 비교적 많고, 바닷바람이 강해 시설물에 영향을 미칠 수 있으므로 약 30도 정도의 경사각을 갖도록 조정하였다.

2.3 모니터링 시스템의 설계 및 적용

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 축소모델을 설계하고 실제 설치 후 측정을 통하여, 시스템의 특성 및 동작 상태, 향후 발생할 수 있는 문제점들에 대한 예측을 목적으로 한다. 따라서 시스템에 대한 전반적인 정보가 실시간적으로 정보화 되어 저장되어야 할 필요성이 있다. 시스템 정보 즉, 태양광 발전 전력량, 태양전지판의 출력전압, 전류, 인버터의 출력 전압, 전류, 계통으로부터 주어지는 전력량 등 많은 정보들이 데이터화 될 필요성이 있다.

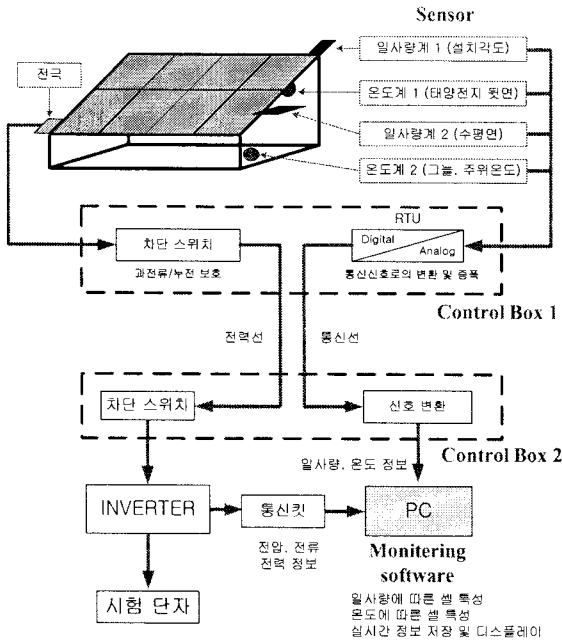


그림 6. 모니터링 시스템 구성

또한 설치장소의 환경에 따른 영향 분석을 위해서 태양광의 일사상태, 주위 온도 등에 대한 정보가 부가적으로 필요하다. 이와 같은 많은 정보를 실시간으로 획득하고 처리하여 사용자가 쉽게 관리 및 인식이 가능하도록 해주는 것이 바로 모니터링 시스템이다.

모니터링 시스템은 크게 하드웨어 구성과 소프트웨어 구성으로 나누어진다. 하드웨어 구성은 일사량계, 온도계등과 같은 센서류와 더불어 디지털 신호변환기, 통신킷 등의 기계적 구성품들을 의미한다. 일사량계는 설치된 태양전지판에 조사되고 있는 태양광량을 측정하기 위해 태양전지판과 동일한 각도로 기울어진 일사량계와 수평면에서 측정되는 태양광량을 알 수 있는 일사량계로 구성된다. 설치 시 주변의 시설물이나 태양전지판 자체에 의한 그림자가 영향을 주면 안 되므로 일정 높이 이상의 위치에 설치하는 것이 일반적이다.

설치장소의 요소 중 중요 부분인 온도 데이터는 두개의 온도계를 이용하여 획득하는데, 태양전지판 뒷면에 온도계를 직접 접촉시켜 놓음으로써 전지판의 온도 정보를 얻으며, 다른 온도계를 근처에 위치시켜 주위 온도를 측정할 수 있도록 한다. 이 때 주의할 점은 접촉 온도계의 경우 접촉면이 확실하게 태양전지판과 닿았는지 확인해야 하며, 습기 등으로 인해 접촉상태가 불량해지는 일이 없도록 하여야 한다. 또한 주위 온도를 측정하기 위한 온도계는 태양광에 직접적으로 노출되어 영향 받지 않도록 설치해야 한다.

3. 시스템 구성 및 모니터링 결과

설계된 발전 시스템을 구성하고 모니터링을 통하여 설계 동작 상태를 살펴보았다. 그림 7은 태양전지판 설치 전/후의 사진이다. 설치 전 태양의 남중고도가 높은 시간대에서 주변 건물로 인한 그림자 영향이 없도록 선정되었다. 또한 후면과 측면에 건축물이 있는 곳을 선정하여 바람으로 인한 시스템의 불안정성 야기 문제를 최소화 하였다. 태양전지판은 설계와 같이 8개의 모듈을 경사형 지지물에 고정하는 방식을 채택하여 비용적인 측면에서 유리하도록 구성하였다.

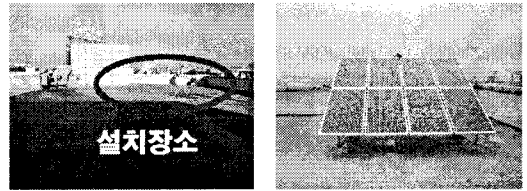


그림 7. 태양전지판의 설치 전/후

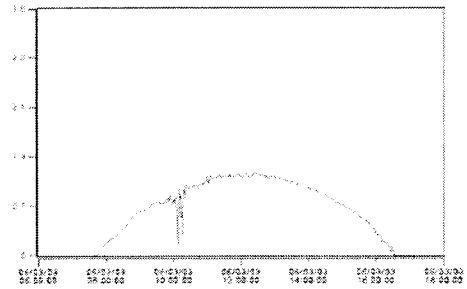


그림 8. 태양전지 일일 발전량 변화 추이

그림 8은 태양전지로부터 발전되는 전력의 일일 변화 추이를 나타낸 파형으로 모니터링 시스템을 통하여 측정되었다. 남중고도가 높은 정오시간대에 최대 1.1kW 까지 상승하는 것을 확인할 수 있다. 측정일 오전시간대에 구름의 영향으로 발전 전력량이 순시적인 변화를 보이는 것도 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 축소모델을 구축하여 시스템 설계 시 고려해야 하는 부분과 실제 설치를 통한 적용성에 대해 살펴보았다. 또한 모니터링 시스템을 구축하여 현재의 시스템 상태를 실시간으로 데이터화하고 저장함으로써 향후 태양광 발전 시스템 개발에 유용한 정보 제공이 가능하도록 하였다. 구성된 태양광 발전 시스템의 축소모델을 통해 얻어진 설계 및 보완점들과 모니터링 된 정보를 이용하여, 향후 대응량의 태양광 발전 및 분산형 전원으로서의 발전 시스템 구축에 대한 응용이 가능할 것으로 사료된다. 또한 무선 모니터링 시스템 구축 및 인터넷을 통한 원격관리 시스템이 개선, 적용된다면 관리 및 보수에 필요한 인력 및 시간이 절약되어 태양광 발전 시스템의 전반적인 경쟁력이 상승할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] D. Thevenard, "Performance monitoring of a northern 3.2kWp grid-connected photovoltaic system", *IEEE photovoltaic specialists conference*, pp.1711-1715, Sep. 2000.
- [2] K. Yoshioka, T. Saitoh, T. Yamamura, "Performance monitoring of a building-integrated photovoltaic system in an urban area", *Photovoltaic Energy Conversion, 2003. Proceedings of 3rd World Conference* pp.2362 - 2365, May. 2003.
- [3] J. H. So, Y. S. Jung, G. Y. Yu, J. Y. Choi, J. H. Choi, "Monitoring and Analysis of 3kW Grid-Connected PV System for performance Evaluation", *KIEE Trans. Electrical Machinery and Energy Conversion System*, Vol. 5-B, No. 1, pp.57-62, 2005