

## 125[W]급 태양광 모듈로 구성된 독립형 태양광 시스템에 관한 연구

황계호\*, 이영식\*, 윤종보\*, 조인수\*, 이봉섭\*\*, 정도영\*\*  
 (주)신성이엔지 기술연구소\*, 강원대학교\*\*

### A study on stand-alone photovoltaic system consisting of photovoltaic module of 125[W]

Gye-Ho Hwang\*, Yeung-Sik Lee\*, Jong-Bo Yun\*, In-Soo Cho\*, Bong-Seob Lee\*\*, Do-Young Jung\*\*  
 Shinsung ENG Co. Ltd, Institute of Technology\*, Kangwon University\*\*

**Abstract** - 본 논문은 임의의 일사량 및 온도 등의 조건에 따라 태양전지의 출력특성을 전기적으로 시뮬레이션하여 여러 회사의 기존 제품 태양전지 모듈의 파라미터와 비교 검토하였고, 또한 이를 바탕으로 태양전지 모듈 어레이를 시뮬레이션하여 최적인 태양전지 모듈 어레이의 규모를 선택하여 독립형 태양광 시스템을 구현하였다.

#### 1. 서 론

고도의 산업성장과 인구증가에 따라 에너지 소비가 급증하고 이로 인해 배출되는 이산화탄소 등 온실가스의 증가는 인류의 미래를 위협하는 존재가 되어 가고 있다. 이에 대한 범지구적 차원의 대책이 논의되고 있는 실정이다. 이러한 차원에서 대체에너지를 이용한 설비는 비교적 높은 초기투자의 장해요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 미국, 일본 및 유럽 등의 선진각국은 정부 주도하에 대체 에너지에 대한 과감한 보급정책과 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

따라서 태양광발전에 대한 연구는 크게 재료적인 측면에서 태양전지에 대한 연구와 응용적인 측면에서 전력변환에 대한 연구가 진행되고 있다. 태양전지에 대한 연구는 전기에너지로의 변환 효율을 상승시키기 위한 연구와 태양전지의 제조단가를 낮추기 위한 연구에 초점을 두고 진행되며, 전력변환 측면에서는 전력변환 효율과 최적제어기법을 통한 변환 효율 및 고성능화에 관심을 집중하여 연구를 하고 있다.

태양광발전 시스템은 태양전지를 설치할 수 있는 넓은 공간이 절대적으로 필요하고 그 공간이 확보되었다라도 태양광 발전이 갖고 있는 특성은 일사량과 온도 등의 변화에 따라서 크게 변화되므로 동일 조건에서의 재현이 불가능하다는 단점이 있다.

이에 본 논문은 임의의 일사량 및 온도 등의 조건에 따라 태양전지의 출력특성을 전기적으로 시뮬레이션하여 여러 회사의 기존 제품 태양전지 모듈의 파라미터와 비교 검토하고, 태양전지 모듈 어레이를 시뮬레이션하여 최적인 태양전지 모듈 어레이의 규모를 선택하여 독립형 태양광 시스템을 구현하고자 한다.

#### 2. 독립형 태양광 시스템

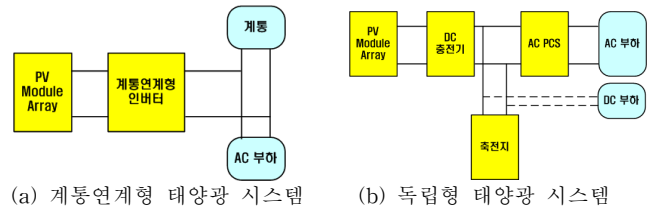
##### 2.1 독립형 태양광 시스템

그림 1은 태양광 발전 시스템에 대한 분류를 보여주고 있다. 그림 1에서 보듯이 크게 상용전력계통 연계유무에 따라 계통연계형 태양광 시스템과 독립형 태양광 시스템과 일부의 경우 풍력발전, 디젤발전 등 타 에너지원에 의한 발전방식과 결합된 하이브리드형 태양광 시스템으로 분류할 수 있다.

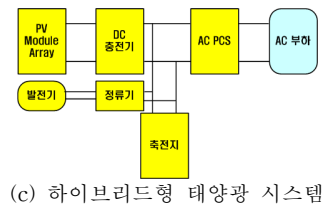
태양광 발전시스템은 일사량과 온도 등에 의존하여 직류전력을 발전하는 태양전지와 발전된 전력을 부하에 공급하기 위한 부하 매칭의 기본 기능을 요구하고 있다. 이러한 기본기능은 일사량에 의존하여 직류전력을 발전하는 태양전지 어레이, 발전한 전기를 저장하는 전력저장 축전지 기능, 발전한 직류를 교류로 변환하는 인버팅 기능과 전력품질 및 보호 기능을 갖는 PCS(Power Conditioning System)기능, 전력계통이나 다른 전원엔 의존 백업기능, 발전된 전력을 공급하기 위한 대상부하로 구성되고 있다.

그림 2는 독립형 태양광 발전시스템을 부하대상에 따라 분류를 보여주고 있다. 그림 2에서 보듯이 DC부하만 사용하는 경우와 AC/DC부하를 사용할 경우에 대한 태양광 발전시스템을 보여주고 있다.

독립형 태양광 시스템(Stand-alone PV system)은 계통선이 공급되지

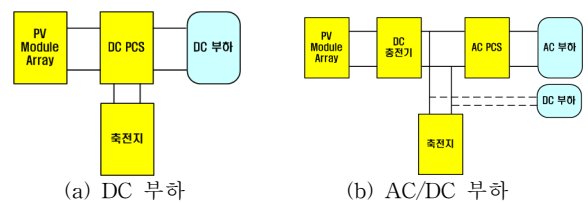


(a) 계통연계형 태양광 시스템 (b) 독립형 태양광 시스템



(c) 하이브리드형 태양광 시스템

#### <그림 1> 태양광 발전시스템의 분류



(a) DC 부하 (b) AC/DC 부하

#### <그림 2> 독립형 태양광 시스템의 블록도

않는 산간벽지, 도서지역, 등대, 중계소 등에 전력을 공급하기 위한 시스템으로 주간에 발생시켜 사용하고 남은 전력을 축전지에 저장하였다가 야간에 사용하게 되며, 부하의 종류와 시스템의 구성에 따라서 직류부하용, 교류부하용, 보조발전기 보완형 시스템으로 분류가 된다.

본 논문에서는 교류부하를 갖는 독립형 태양광 발전시스템을 구축하고자 한다.

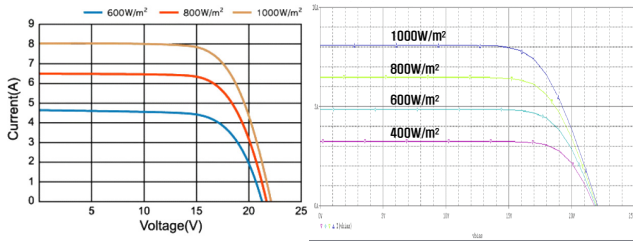
##### 2.2 태양전지 모듈 시뮬레이션

태양전지는 광기전력 효과(Photovoltaic effect)를 이용하여 태양(빛) 에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 반도체 소자이며, 태양전지를 조합하여 태양전지 모듈이 되고, 태양전지모듈을 조합하여 태양전지 모듈 어레이를 구성한다.

태양 전지의 발전특성은 여러 가지 환경적 요소 중에서 특히 셀의 온도와 일사량에 가장 의존적이다. 일사량의 증가는 같은 동작점에 대해서 출력 레벨이 상승하게 되고 일사량이 감소하면 출력은 감소하게 된다. 이는 일사량과 태양전지 단락전류와의 관계에 기인하게 된다. 또한 온도에 의해서도 태양전지의 출력이 변화하는데 그 변화하는 양상은 일사량 변동시와 달리 온도가 상승할수록 태양전지 개방전압이 하강하게 되고 결과적으로 V-I 곡선은 온도상승에 따라 P-V곡선은 왼쪽으로 이동하는 경향이 된다.

그림 3(a)는 경동솔라사의 태양전지 모듈(KD-6125)의 일사량에 따른 V-I 출력특성을 보여주고 있으며, 표 1은 KD-6125의 전기적인 특성과 제품규격을 보여주고 있다.

표 2는 여러 회사의 태양전지 모듈 제품의 카달로그 파라미터 값을 나타내고 있다. 본 논문은 표 2에서 보듯이 각 제품별 파



(a) 카탈로그 (b) 시뮬레이션

〈그림 3〉 태양전지의 일사량에 따른 V-I 출력특성

〈표 1〉 전기적인 특성 및 제품규격

정격출력(Wp)	125W	크기(mm)	1505x670x38(LxWxH)
정격전압(Vmp)	17.2V	무게	12.2kg
정격전류(Imp)	7.3A	태양전지	6" Poly-Crystalline Silicon(156x156mm)
개방전압(Voc)	21.6V	전자개수	36장
개방전류(Isc)	8.05A	시스템전압	1000V
출력허용오차	-3% ~ +5%	허용오차	-3% ~ +5%

〈표 2〉 태양전지 모듈 제품모델의 카탈로그 파라미터 값

Item	경동솔라 (KD-6125)	에스에너지 (SM-165PS)	에스에너지 (SM-175MQ)	Isofoton사 (IS-75:해외)
정격출력(Wp)[W]	125	165	175	75
정격전압(Vmp)[V]	17.2	25.55	35.29	17.3
정격전류(Imp)[A]	7.3	6.46	4.96	4.34
개방전압(Voc)[V]	21.6	7.25	5.40	21.6
단락전류(Isc)[A]	8.05	32.55	44.50	4.67

라미터를 가지고 태양전지의 모듈 시뮬레이션에 적용하여 시뮬레이션 값과 비교 분석하여 태양전지 모듈의 시뮬레이션의 신뢰성을 검증하고자 한다.

그림 4는 태양전지의 발전원리를 토대로 P-N접합 태양전지의 등가 회로를 보여주고 있다. 그림 4에서 보듯이 발전을 하는 전류원과 다이오드 등가화 모델링을 할 수 있으며, 이를 통해 광조사시 부하에 출력되는 전류 I를 구하면 식 (1) 과 같다.

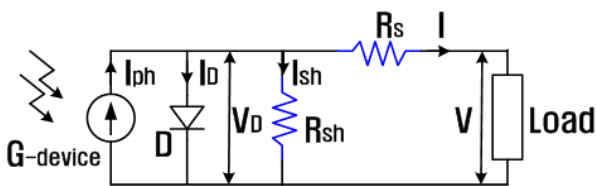
$$I = I_{ph} - I_0 \left[ e^{\frac{q(V + IR_s)}{nKT}} - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

태양전지 모델링 방법은 매개변수형과 보간형에서 변형된 방법이 존재한다. 매개 변수형 태양전지를 모델링하기 위해서는 제조상수 및 여러 가지 상수가 필요하다. 여기에서 매개변수형 모델은 일사량과 온도 외의 이론적 파라미터를 이용할 수 있다는 특징이 있다.

그림 3(b)는 경동솔라 제품의 시뮬레이션을 보여주고 있다. 표 3은 시뮬레이션을 통한 값과 데이터 값의 오차율을 보여주고 있다. 모듈 시뮬레이션의 오차율이 2%이하임을 알 수 있다.

표 4는 표 2의 파라미터를 태양전지 모델링에 적용하여 시뮬레이션한 값을 보여주고 있다. 오차율을 줄일 수 있는 방법은 제작상의 파라미터를 제작사에서 얻어 파라미터에 접근하면 오차율을 상당히 줄일 수 있다. 본 논문에서는 범용적인 모델링으로 하여 대략적인 타사 제품에서의 시뮬레이션 값의 오차율이 양호함을 알 수 있다.

그림 5는 태양전지의 온도, 일사량에 따른 출력특성을 알아보기 위하여 경동솔라사가 제조한 다결정 실리콘 재질의 125[W] 용량인 KD-6125 태양전지의 P-V, I-V 시뮬레이션특성을 보여주고 있다. 그림 5에서 보듯이 실제 MPPT에서 태양전지 모듈의 최대 출력이 125.86[W]이고 이에 대한 파라미터는 표 3에 보여주고 있다.



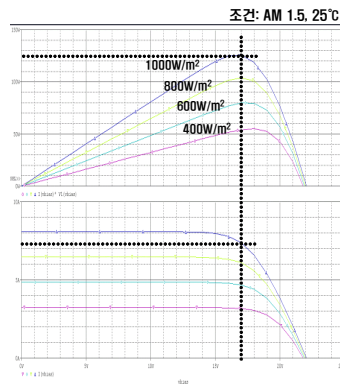
〈그림 4〉 태양전지의 등가 회로

〈표 3〉 경동솔라사 모듈제품(KD-6125) 데이터와 시뮬레이션 값

Item	카탈로그	시뮬레이션	오차율(%)
정격출력(Wp) [W]	125	125.858	0.686
정격전압(Vmp) [V]	17.2	17	1.16
정격전류(Imp) [A]	7.3	7.4034	1.416
개방전압(Voc) [V]	21.6	21.955	1.643
단락전류(Isc) [A]	8.05	8.02	0.372

〈표 4〉 태양전지 모듈 제품모델의 시뮬레이션 값 및 오차율

Item	에스에너지 (SM-165PS)		에스에너지 (SM-175MQ)		Isofoton사 (IS-75:해외)	
	시뮬레이션	오차율(%)	시뮬레이션	오차율(%)	시뮬레이션	오차율(%)
정격출력(Wp) [W]	164.899	0.061	174.07	0.53	75.460	0.613
정격전압(Vmp) [V]	23.994	6.09	34	3.655	17	1.73
정격전류(Imp) [A]	6.8714	6.368	5.1197	3.22	4.4388	2.276
개방전압(Voc) [V]	7.22	0.41	5.37	0.556	21.95	1.62
단락전류(Isc) [A]	32.91	1.106	44.85	0.787	4.64	0.64



〈그림 5〉P-V, I-V 출력특성 〈그림 6〉 독립형 태양광 시스템 실제사진

그림 6은 경동 솔라사의 125[W] 태양전지 모듈 2개를 직렬로 접속하여 독립형 태양광 시스템을 실제 구현한 사진을 보여주고 있다. 그림 6에서 보듯이 125[W]급 태양전지 모듈 2개를 직렬로 접속하고 배터리가 24[V]로 구성되도록 구현하였다.

### 3. 결 론

본 논문은 임의의 일사량 및 온도 등의 조건에 따라 태양전지의 출력특성을 전기적으로 시뮬레이션하여 여러 회사의 기존 제품 태양전지 모듈의 파라미터와 비교 검토하였다. 그 결과로 시뮬레이션 값과 파라미터 값의 오차율이 2%이하로 양호함을 알 수 있었다. 또한 이를 바탕으로 태양전지 모듈 어레이를 시뮬레이션하여 최적의 태양전지 모듈 어레이의 규모를 선택하여 독립형 태양광 시스템을 구현하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] F. Nakanishi, T.Ikegami, K. Ebihara, S. Kuriyama, Y. Shoit, "Modeling and Operation of a 10kW Photovoltaic power generator using equivalent electric circuit method", Photovoltaic specialists conference, conference record of the twenty-eighth IEEE, pp.1703-1706, Sept. 2000.
- [2] L. L. Bucciarelli, "The Energy associated with the use of maximum power tracker in a 100kW peak power system", IEEE PV Specialists conference, 1980.
- [3] R. Katan, V. G. Agelidis, C. V. Nayar, "Pspice modeling of photovoltaic arrays", International Journal Electrical Engineering Education, pp.319-332, Oct, 1995.
- [4] 이 준신, 김 경혜, "태양전지공학", 그린도서출판사.