

고정형 30KW태양광발전시스템 운전특성의 모니터링에 관한 연구

*신영식, *차인수, *최정식, *김동묵, **윤형상, ***윤정필, ****서장수

*동신대학교 수소에너지학과, **(주)퓨전정보기술, **(주)한국에텍, ****송원대학교

A Study on Characteristics Operation of 30KW Photovoltaic System Monitoring Contracture

*Young-Shik Shin, *In-Su Cha, *Jeong-Shik Choi, *Dong-Mook Kim, **Hyung-Sang Yoon, ***Jeong-Phil Yoon, ****Jang-Su Seu

*Dept. of Hydrogen & Fuelcell Tech. Dongshin University, **Fusion Information Tech. co., Ltd.

Korea Etech, *Songwon University

Abstract - 본 논문에서는 고정형 30KW태양광발전시스템 운전특성을 해석하고 이론을 바탕으로 실 시스템을 적용·운용시 시스템의 운전특성 및 발전량을 비교 분석하였다. 장기적인 일사량 측정 데이터 수집을 통하여 그래프화, 모니터링 시스템에 관한 연구를 살펴보았다.

정공이 생겨 전자는 n형 반도체에 정공은 p형 반도체로 이동하여 n층과 p층을 각각 음극과 양극으로 대전시키는 광기전력효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력을 발생하며, 이들 사이에 부하를 연결하면 전류가 흐른다.

1. 서 론

지속적인 경제성장을 위해 필요한 화석에너지의 고갈과 국가 정세에 따른 에너지공급의 불안정성을 극복하기 위하여 장기적인 에너지 수급정책의 수립과 신재생에너지 개발이 절실히 필요하다. 이미 유럽이나 미국 등 선진국과 브라질, 중국 등 후발개도국들이 고유가 및 기후변화 협약에 대비하고자 다양한 친환경적 대체연료 개발에 박차를 가하고 있어, 화석에너지의 수입 의존 비율이 높은 우리나라에서는 그 필요성이 더욱 절실하다고 할 수 있다. 또한 2011년까지 총 1차 에너지 중 신재생에너지 공급비율을 5%까지 늘리려는 정부의 신재생에너지 개발 보급 추진 계획에 따라, 21세기 새로운 산업으로 부각된 태양광발전산업의 기술개발과 보급 확대를 위한 하드웨어 및 소프트웨어의 기술개발이 요구되고 있는 상황이다.

태양광발전산업은 기존의 반도체, 소재, 전기 전자, 건축, 엔지니어링, 화학 산업의 핵심부분과 직접적인 연관성을 가지고 있고, 최근 주목받고 있는 디스플레이 분야와도 밀접한 분야로서 기술개발에 정부의 적극적인 개입과 관련 학회 및 전문가 그룹의 노력 여하에 따라서는 충분히 선진국과 어깨를 같이할 수 있는 기술이기 때문에 국가적 차원에서도 21세기의 신 제조 산업으로서의 기술개발이 필요하다. 기후변화협약 등 전 세계적으로 각종 대기환경 관련 규제와 대두와 함께 지속가능한 에너지원의 개발에 대한 인식이 고조됨에 따라 태양에너지를 필두로 환경 친화적인 재생가능 에너지의 대량보급이 크게 확산될 것으로 전망되고 있다^[1].

태양광발전(PV : Photovoltaic)은 특별한 유지관리, 공해 및 재료의 부식 없이 간단하게 태양광원을 이용하여 전기를 생산하는 기술로 다양한 응용분야에 대한 기술개발이 전세계적으로 급속히 확산되고 있다

2. 본 론

2.1 태양전지의 원리 특성

태양광발전은 태양전지를 사용한 발전방식으로 광기전력 효과를 이용하여 광에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자로서 태양전지의 구조는 반도체 P-N 접합 다이오드로 되어 있다. 그림1 은 태양전지의 원리 및 구조를 나타낸 것으로 반도체에 태양광이 입사되면 가전자대의 전자는 광에너지를 흡수하여 전도대에 유기되어 자유전자가 되고 전자가 여기된 후의 가전자대에는

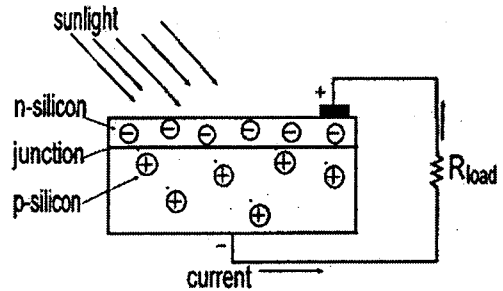


Fig.1 The basic principle of solar cell

태양전지는 한 개의 이상적인 다이오드와 I_{ph} 의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 접촉저항 및 표면층의 시트(sheet)저항 등을 표시하는 직렬저항 R_s 와 병렬저항 R_{sh} 를 고려해야 한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자 수는 지수 함수적으로 감소한다. 그림2 는 빛이 조사 될 때 광기전력의 효과(photovoltaic effect)를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다. 여기서 I_{ph} 는 입사된 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 외부로부터 방해받지 않을 때 폐회로를 통해 흐르는 광기전류이고, I_d 는 암전류로서 I_{ph} 와는 반대 방향이다. 병렬저항 R_{sh} 는 이상적인 다이오드 특성에서 벗어나 일정한 상수 저항으로 표시되는 누설저항을 나타내며, R_s 와 R_L 은 각각 전지 내부에 존재하는 직렬저항과 외부에서 걸어주는 부하저항을 나타낸다.

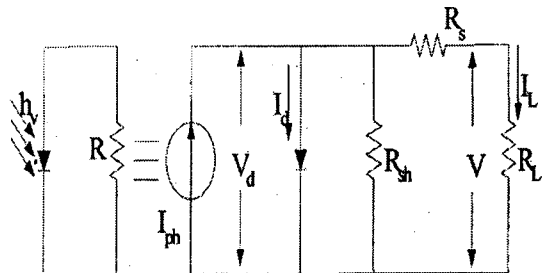


Fig.2 The equivalent circuit of solar cell

2.2 모니터링 시스템의 구성

지난 수십 년 동안 전 세계적으로 신·재생에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 중에서 가장 유력한 신·재생에너지원인 태양에너지를 적용시킨 발전설비가 설치되어 왔다. 태양광 발전설비의 특징은 설치비용이 타 발전설비에 비해 매우 높으므로 태양전지와 축전지의 용량을 부하량에 따라 최적화 시키는 과정이 필수적이며 이를 위해서 태양광 발전 설비가 설치될 장소의 온도 및 일사량 등의 환경데이터에 대한 세부적인 지식과 유사하게 설치된 발전 시스템의 동작특성의 결과를 필요로 하게 되므로 데이터를 분석, 취득하기 위한 목적과 동작중의 상태를 실시간으로 모니터링하기 위한 목적으로 많은 데이터취득시스템이 개발되어 왔다. 이러한 연구결과 태양광 발전을 이용한 시스템의 동작특성을 모니터링 하기 위한 목적으로 사용된 데이터취득시스템을 다음 그림3 과 같이 구성하였다.

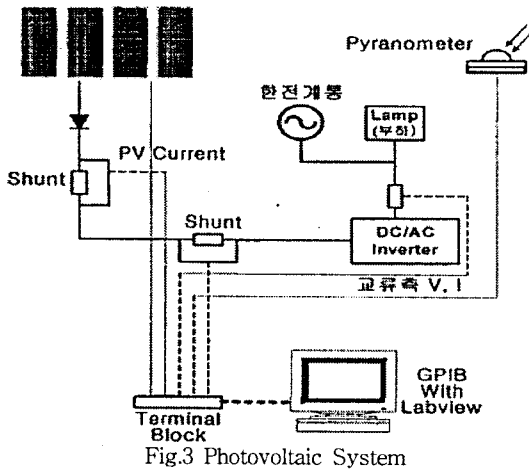


Fig.3 Photovoltaic System

본 연구에서의 태양광발전 모니터링 시스템은 태양광발전 시스템의 운전 데이터를 감시제어하기 위해 실증연구 단지에 설치된 태양광발전 시스템에 데이터 로거기를 설치하고 이 데이터 로거기로부터 전송되어지는 각종 데이터를 중앙감시 모니터링 시스템의 소프트웨어에서 분류, 분석하여 시스템의 상태를 CRT와 웹을 통해 실시간으로 감시하며 시스템의 동작을 원격으로 제어하는 시스템이다. 이러한 형태의 데이터취득시스템은 다양하게 제안되었으나 공통적으로 마이크로컨트롤러 기반의 데이터취득시스템에서 취득된 데이터를 직렬통신을 통해서 전송하게 되고 센서의 수가 예상보다 많아지며, 데이터 로거기가 너무 빨리 떨어지거나, 다수의 시스템으로 구성된 모니터링 시스템을 통해 감시제어 해야 하는 경우에는 적용하기 곤란한 문제점이 있다. 특히 외국에서 가져오는 감시제어 시스템은 너무 많은 비용이 필요함에도 불구하고 이런 다양한 기능을 수행하지 못하고 있다. 또한 웹을 통한 원격제어나 2차 중앙 서버를 통한 통합 감시제어 구축 시 모두 다른 프로토콜이나 데이터 저장방식에 따른 호환성 결여로 인하여 통합감시제어 구축에 어려움을 가져올 수 있다. 이렇게 다양한 모니터링 기능을 수행할 수 있는 태양광발전 모니터링시스템의 특징은 다음과 같다.

- 사용자 인터페이스 등이 용이하여 각종 차트나 시스템 블록 다이어그램 등의 제작이 용이
- X.25와 V.25 프로토콜로 감시 신호를 받아 처리가 가능하며 프로그램 내부에서 원격 컨트롤러의 제어가 가능
- 별도의 연구 개발자를 위한 프로그램과 완벽한 연동성을 제공

- 향후 PDA 등 별도의 단말기를 이용한 모니터링 프로그램과 완벽한 연동성을 제공
- Windows 기반의 컴퓨터 운영체제에서 완벽한 호환성을 제공
- 개발용 계측장비 등과 호환성을 제공
- 프로그램 상 시그널 검출을 위한 포트제한이 없어야 함
- Add On 형태의 소프트웨어 옵션 추가가 가능
- 실시간 다중 감시가 가능

본 연구에서 모니터링시스템은 사용자가 운영하는 컴퓨터와 원격리에 위치하는 각 설비로부터 감시제어 데이터를 수집하고 전송하는 시스템으로 구성되며, 운영자는 직접 현장설비에 가지 않더라도 연구동의 제어실에 위치한 컴퓨터를 통하여 각 설비의 전력 상태를 감시하고 운영에 필요한 제어를 할 수 있다. 또한 현장에 있지 않더라도 어디서든 웹을 통해서 감시제어 할 수 있으며, 2차 서버, 클라이언트에 데이터 공유 기능이 가능하여 통합 감시제어장치에 쉽게 링크할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 설비를 자동제어하고 데이터를 가공하여 컴퓨터에 저장하는 기능을 담당할 뿐만 아니라 수집된 데이터의 다양한 분석이 가능하도록 소프트웨어와 하드웨어가 서로 연결되어 운영할 수 있도록 개발 되었다.

2.3 실험 및 결과

본 연구에서 태양광발전 시스템의 운전특성에 관한 실험 및 결과는 다음과 같다. 그림 4은 태양전지의 특성 모니터링을 위한 블록도이며, 그림 5는 실시간 모니터링 (오류 4시정) 트랜드 화면이다. 이론상 320.4[V], 95.2[A]가 산출되었지만, 모니터링에 의한 실측 데이터는 312[V], 75.3[A], 그리고 23.6kW가 측정되었다. 이것은 실측값이 이론상 값의 약 73%에 해당하는 것으로 실측일이 12월 겨울인 점과 기상조건이 좋지 않다는 점을 감안하면 PVIB 시스템이 안정적으로 설계되어 있음을 알 수 있다. 또한 그림 6는 PV어레이, 인버터 및 계통의 실시간 상태와 보고서로서, 사용자가 편하게 접근할 수 있도록 사용자 인터페이스를 간소화하여 비전문가도 손쉽게 비교하고 문제점을 찾을 수 있도록 하였다. 또한 데이터베이스화된 데이터를 그래프로 표현하여 시스템을 분석하는데 용이하도록 하였다. 특징으로는 기존에는 시스템 구동 이상 시 시스템 전체를 확인하여 문제를 해결해야 하므로 관리에 소요되는 시간과 비용이 큰 반면, 본 모니터링 시스템은 문제가 발생하는 부분과 그 이유를 찾을 수 있게 관리자로 하여금 실시간으로 인터넷을 통한 발전현황 확인이 가능하도록 설계하여, 효율적이고 경제적인 유지 및 보수가 가능하다는 이점을 갖고 있다. 그림 7은 2007년 1년간에 걸쳐 수집된 PVIB시스템의 모니터링시스템 결과를 보여주고 있다. 결과치를 분석해보면, 5월 한 달의 발전량이 4379.6kW를 기록함으로써 최고치를 나타낸 반면, 11월달의 발전량은 592.4kW를 기록하여 최저치를 보였다. 11월 달 발전량(592.4kW)은의 이상적인 발전 환경 하에서 본 태양광발전시스템(30kW)의 약 2일 정도의 발전량임을 짐작할 수 있는데, 그 이유는 태양광발전이 기상상태에 따라 크게 영향을 받는 건 사실이지만, 여기서 도출된 문제점은 발전을 위한 기상환경보다는 한전계통 지락 또는 태양전지 전전압 현상에 따른 빈번한 인버터 ON/OFF 오작동 등에 의해 시스템 동작에 있어 악영향을 미친다는 것이다. 또한 모니터링시스템의 구축에 필요로 하는 일사량계 및 온도계 등은 외부에 설치하기 때문에 잦은 고장이 날 수 있으므로 정확한 데이터를 추출하기 위해서는 그 장치들에 대한 각별한 주의가 요구된다.

결론적으로 태양광 발전시스템은 이상적인 발전을 위한 기상상태도 중요하지만 근본적으로 시스템의 주변장치(한전과의 계통 설비, 인버터 및 데이터수집장치)의 신뢰성 확보가 더욱 중요하다고 사료되며, 그에 대한 연구와

원천기술 확보가 절실하다. 더욱이 태양광발전분야에서 각광받고 있는 분산전원방식을 고려한다면 시스템을 비롯한 그 주변장치의 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

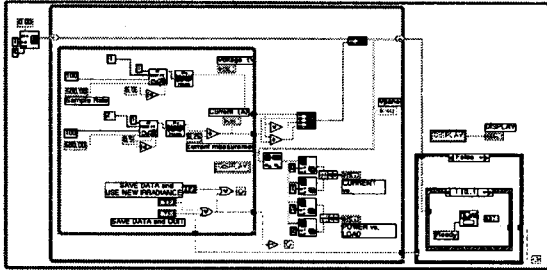


Fig.4 Monitoring block diagram of PV array

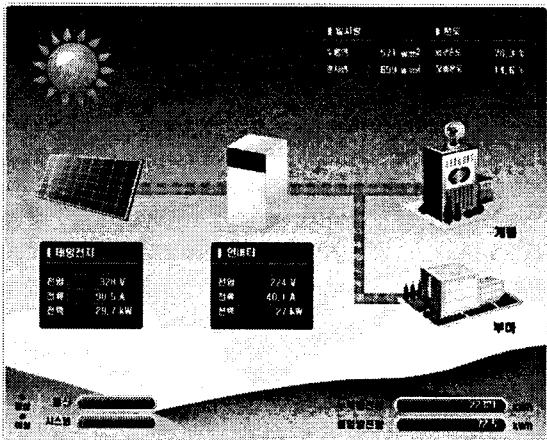


Fig.5 Monitoring block diagram of PV array

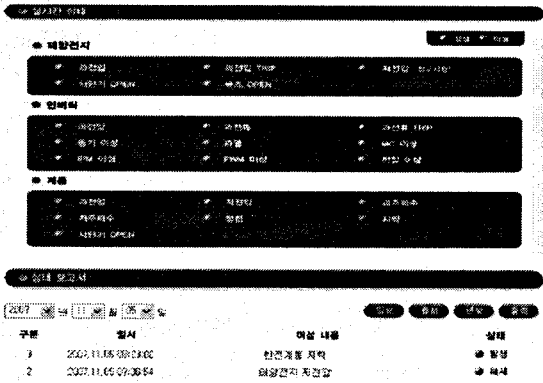
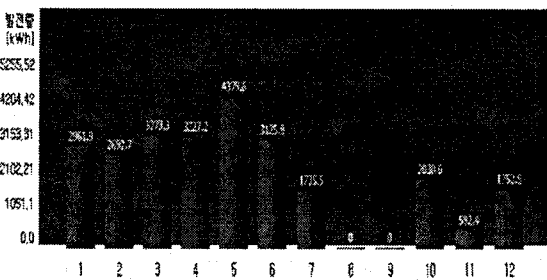


Fig.6 Real-time condition and report of monitoring



구분	태양광발전				계통전력				합계			
	발전량 [kWh]	발전효율 [%]	발전단가 [원/kWh]	발전비용 [원]	발전량 [kWh]	발전효율 [%]	발전단가 [원/kWh]	발전비용 [원]	발전량 [kWh]	발전효율 [%]	발전단가 [원/kWh]	발전비용 [원]
1월	233	47%	7.6	1768	2256	22.47	37.8	853	2489	24.94	434.19	1079.0
2월	289	52%	7.1	2041	2096	22.51	41.7	874	2915	24.82	1077.07	
3월	180	34%	7.9	1422	1802	22.57	45.9	824	2224	23.78	2100.04	
4월	172	32%	8.2	1410	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
5월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
6월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
7월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
8월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
9월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
10월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
11월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
12월	174	32%	8.1	1409	1638	22.68	48.6	798	2208	23.92	1028.76	
합계	233	47%	7.6	1768	2256	22.47	37.8	853	2489	24.94	1079.0	

Fig.7 PVIB System Power Generation situation

3. 결 론

본 동신대학교는 수려한 친환경적 환경에 사업을 추진하는 일환으로 계통연계형 30kW 태양광발전시스템을 다중이용시설물인 도서관의 옥상에 설치하였다. 또한 교육기관 및 국제회의가 자주 열리는 만큼 가장 합당한 태양광발전의 대외적인 홍보 및 에너지의 절감적인 측면에서 태양광발전 사업을 계획하게 되었다. 친환경적 보전 및 태양광발전시스템설비의 특징인 잉여전력을 기저부하로 활용하여 기부하는 태양광발전시스템설비가 담당하고 변동부하는 한국전력의 전원설비가 담당하도록 시스템을 구축하여 태양광발전시스템의 운용 효과의 극대화에 초점을 맞춰 진행하였다.

본 설비의 기대효과와 과급효과로는 자연환경보전과 도서관의 전력수급에 기여함과 동시에 자연친화적 설치환경 조성, 효율적 관리 및 운영, 전력의 품질관리 및 효율적인 조직운영관리, 친환경적인 에너지에 대한 지역주민의 교육과 신재생에너지의 보급 및 확대 등에 크게 기여할 것이라고 사료된다. 앞으로 시스템으로부터 얻어지는 데이터를 바탕으로 하여 분석 및 고찰함으로써 이 지역의 활용 가능한 타 발전방식(바이오, 풍력 및 소수력 등)과 비교 분석하고, 이 지역에 대한 태양광발전의 타당성과 미래의 신재생에너지로의 도약, 그리고 혁신도시의 에너지클러스터 구축에 대하여 이바지 할 것으로 예측된다.

본 논문은 동신대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

[참 고 문 헌]

- [1] 송진수 외, "농어촌 전하사업을 위한 태양광풍력 복합발전시스템 개발(1)", 한국에너지기술연구원, 1997