

태양광 발전시스템 전지모듈의 온라인 감시 진단 시스템 개발

論 文

56P-4-3

On Line Monitoring and Diagnosis Technique for the Array of Photovoltaic Energy System

李 鍾 弼* · 池 平 植** · 卞 相 峻*** · 林 栽 尹†

(Jong-Pil Lee · Pyeong-Shik Ji · Sang-Zoon Byun · Jae-Yoon Lim)

Abstract - The global environment deteriorating which originated from using of fossil fuel is an serious problem for human being to solve. The photovoltaic energy has been considered as a solution. In advanced countries, research and development for photovoltaic(PV) energy system is carrying on. Once installed, a PV array requires maintenance and fault diagnosis other than an occasional cleaning.

In this research, the proposed system monitor and diagnosis the output of PV array by on-line for maintenance of PV power plant. The validity of proposed system is verified using sample system.

Key Words : PV system, PV array, On-line monitor, Fault diagnosis

1. 서 론

우리나라의 전력 수요는 급변하는 산업 구조 및 주거용 부하의 대용량화에 따라 매년 두 자리 수의 증가율을 보이고 있다. 이와 같이 급증하는 전력 수요를 충족시키기 위해서는 장기전원 개발계획 등에 따라 전력설비의 확충 및 신설이 지속적으로 이루어지고 있으나, 화석 연료와 같은 에너지 자원은 한정적이며, 전원설비에 대한 환경문제 및 입지확보 문제 등으로 인해 새로운 형태의 에너지원 즉, 대체에너지에 대한 관심이 고조되고 있다.

또한, 기후변화협약에 따라 온실가스 감축 의무 부담으로 친환경 대체 에너지 확보가 시급한 실정으로 정부에서는 국내에서 소비하는 에너지 중 대체 에너지 공급비율을 2010년까지 5%로 목표 설정하여 각종 기술 개발 및 보급 사업을 추진 중에 있으며, 전력산업의 경쟁체제에서 태양광 발전 및 풍력발전, 연료전지 발전 등은 분산전원의 도입을 가속시키는 주요 원인이 되고 있다.

2004년부터 공공기관에서 발주하는 연면적 3,000㎡ 이상의 신축건물에 대해 총 건축비의 5% 이상을 대체에너지로 설비, 설치해야 하는 의무화 제도가 확정되었으며 이에 따라 대체에너지 관련 분야에 대한 투자와 보급이 나날이 증가되고 있는 실정이다.

특히, 장래의 청정에너지 공급원으로 기대되고 있는 태양 에너지는 태양열을 이용하는 급탕, 난방 등과, 태양전지를 이용하여 직접 전기에너지로 변환시켜주는 태양광 발전으로 대별할 수 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 태양광 발전은 광전효과를 이용하여 전기에너지로 직접 변환되는 무한의 친환경 청정에너지로 다양한 어레이의 구성으로 발전규모 선택이 용이하고, 유지보수가 용이하고 무인화가 가능하며, 설치를 위한 공간 제약이 적고 부하 밀집 지역에 설치 가능하므로 송배전에 따른 전력 손실 또한 대단히 적지만 전력생산이 지역별 일사량에 의존하고 에너지 밀도가 낮아 큰 설치면적이 필요하고 초기 투자비가 높다는 특징이 있다[1-2].

독일 지구변동 보고회의에서는 에너지 예측 결과를 발표하였는데 이에 따르면 2050년까지 총에너지의 25%, 2100까지 70%까지 태양광 발전에 의해 공급될 것으로 보고하고 있다. 또, 선진국에서는 시장 개척과 고용증대 및 에너지, 환경에 기여할 목적으로 태양광 발전을 국가 주도로 대규모 보급 사업을 전개하고 있으며, 이와 병행하여 중앙 및 지방정부, 전력회사, 공공기관 등에서 다양한 지원제도를 시행하고 있다. 외국의 경우 태양전지 생산량은 1987년 이후 매년 10% 이상씩 증가하고 있으며, 미국, 일본, 유럽의 선진국이 대부분을 차지하고 있으며 이들 선진국들은 21세기 태양광 발전시장을 선점하기 위하여 기술 개발과 시장 창출을 위한 개발 투자를 아끼지 않고 있는 실정이다[3-6].

한편, 국내에서는 1987년 대체에너지 기술개발 촉진법 제정 이후 태양광 발전 기술을 범국가적인 연구사업으로 분류하여 본격적으로 정부 주도로 연구 개발에 착수하여 독립형 태양광 시스템의 경우 도서 벽지 등에, 계통연계형 태양광 시스템의 경우 정부의 시범사업으로 정부 산하 기관 20여 개소에 설치 운영 중에 있다.

이러한 태양광 발전 시스템에 대한 연구개발은 활발하게

* 正 會 員 : 忠 北 大 學 電 氣 工 學 科 博 士 課 程

** 正 會 員 : 忠 州 大 學 電 氣 工 學 科 助 教 授 · 工 博

*** 正 會 員 : 大 德 大 學 마 이 크 로 로 봇 학 과 副 教 授 · 工 博

† 교신저자, 正 會 員 : 大 德 大 學 電 氣 科 教 授 · 工 博

E-mail: jyylim@ddc.ac.kr

接 受 日 字 : 2007 年 8 月 22 日

最 終 完 了 : 2007 年 10 月 9 日

진행되고 있고 그 결과 태양전지 모듈, 축전기, 전력 변환 장치 등 핵심요소 기술은 확보된 상태이나 태양광 발전의 양산 기술과 시스템 이용 기술이 미흡하고 특히 태양광 발전의 핵심이 되는 태양전지 고장시 이를 진단할 수 있는 장치의 개발 등 태양광 발전시스템의 급격한 보급 확대에 따른 유지 보수 및 고장 이상 진단 기술 등의 확보가 시급하다.

따라서, 본 연구에서는 독립형 및 계통 연계형 태양광 발전시스템의 전력 공급 신뢰성을 향상시키기 위해 태양광 발전시스템의 태양전지모듈 동작 상태를 온라인으로 감시하고, 이상 유무를 진단하는 온라인 감시진단 시스템을 개발하고자 한다. 대규모 태양광 발전시스템을 구축했을 때 태양전지 모듈의 출력을 원거리에서 온라인으로 상시 감시하여 이상 진단을 수행함으로써 태양광 발전 시스템의 성능을 최상의 상태로 유지 할 수 있는 태양광 발전시스템 전지모듈의 온라인 감시 진단 시스템을 구축하고 실증 실험을 통해 그 타당성을 제시하였다.

2. 제안된 태양전지모듈의 온라인 감시진단 시스템

2.1 시스템 개요

본 연구에서 구축하려는 시스템은 태양전지 모듈의 출력을 온라인 상태로 측정하여 모듈의 이상 여부를 진단하는 시스템으로 그림 1과 같이 태양전지 모듈, Data Logger, Power Controller, Battery, Inverter 등으로 구성되어 있다.

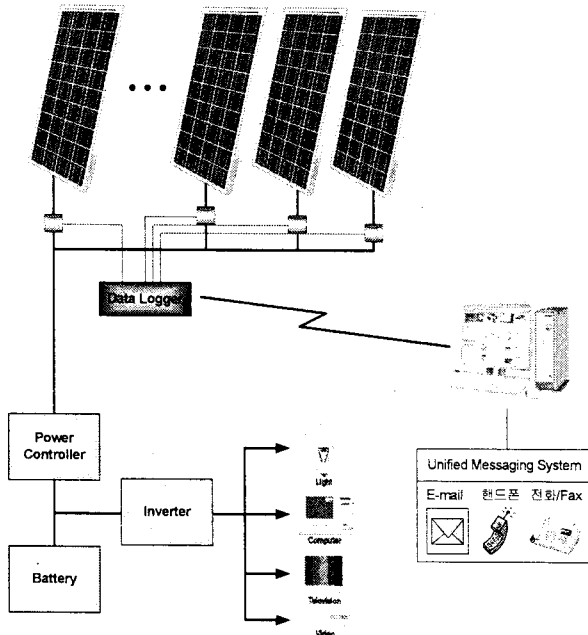


그림 1 태양전지 모듈의 온라인 감시진단시스템의 개요
Fig. 1 Schematic of on-line monitoring and diagnosis system in PV system

즉, 일조량에 따라 직류 전류를 출력하는 태양전지모듈과 출력 전압, 전류를 정밀 측정하는 센서부, 측정된 신호를 유·무선 신호로 실어 보는 유·무선 송신모듈, 유·무선 신호를 수신하는 유·무선 수신모듈, 수신된 신호에 의해 데이

터를 생성하는 Data Logger, 이상 진단 및 온라인 감시, 측정데이터의 데이터베이스 등을 구성하는 중앙처리장치와 태양전지모듈 전원 제어부, 태양전지 모듈에서 발생한 직류를 저장하는 축전기, 직류를 교류로 변환하여 부하에 공급하는 인버터 등으로 구성되어 있다

일반적으로 태양전지 출력은 일사량 변동에 따라 크게 변화하는 특성을 가지고 있다. 따라서 태양의 고도를 고려하여 태양광이 태양전지에 수직으로 입사하도록 지면에서 45°각도의 구조물을 제작하여 태양전지 모듈을 고정하였다.

태양전지의 출력전압은 0~20.8[V]로 데이터 취득을 위해 A/D변환에 의해 0~5[V]범위로 제한하기 위해 본 연구에서는 홀 효과를 이용한 전압, 전류센서를 이용하여 출력 전압, 전류를 정밀하게 측정 한 후, 측정된 자료를 무선통신을 통해 중앙처리장치로 송신하여 태양전지 모듈의 출력을 상시 감시할 수 있는 시스템으로 구성하였다.

2.2 제안된 이상 진단 알고리즘

중앙처리 장치에서는 태양전지 모듈의 출력, 즉 측정된 전압, 전류 자료를 근거로 모듈의 이상 유무를 진단하게 되는데, 일조량 변화에 의한 출력감소와 모듈 이상에 의한 출력감소를 판별해야 하므로 현재 표준 출력을 계산한 후 기상 조건 등의 자료를 참조하여 각 모듈의 출력을 비교하는 방식을 이용한다. 그림 2에 이상 진단 알고리즘을 나타내었다.

한편, 제안된 알고리즘에 따라 태양광 발전시스템에 이상이 발생하면 이상으로 판명된 모듈에 대해서는 그 모듈의 위치와 상태를 출력하고 데이터베이스에 저장하게 된다. 또 시스템에서 발생하는 이상상태 및 진단사항을 UMS(Unified Messaging System)에 의해 음성사서함, 팩스사서함, 유선전화 및 휴대폰 연결기능, 문자전송기능 등을 제공할 수 있도록 하였다.

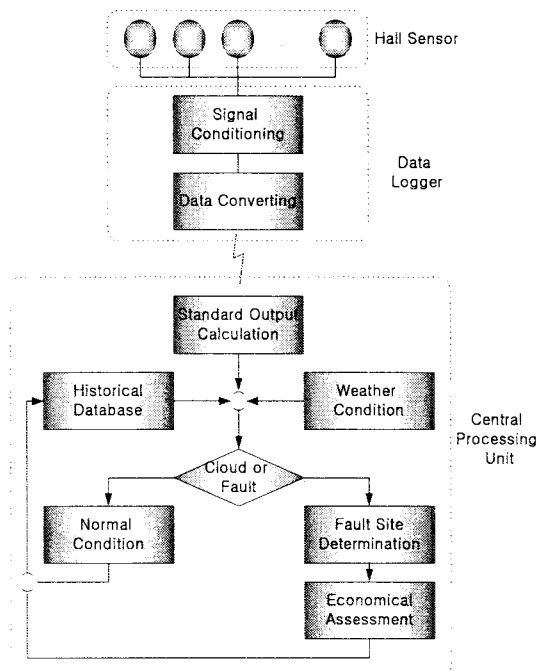
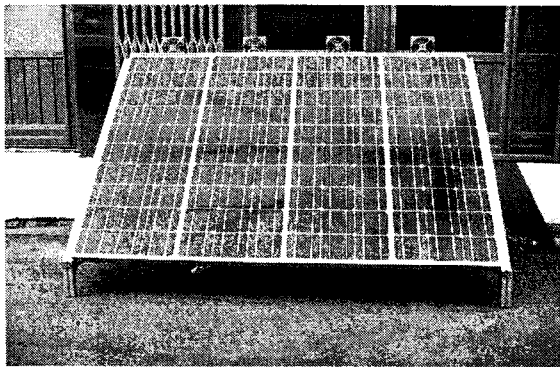


그림 2 제안된 이상 진단 알고리즘
Fig. 2 Proposed diagnosis algorithm of PV system

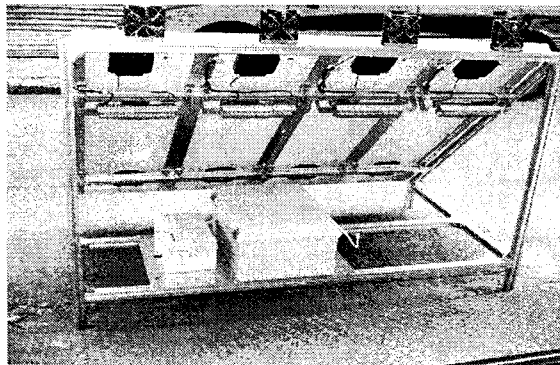
3. 샘플 시스템 제작

3.1 샘플 시스템의 하드웨어 제작

태양전지 모듈의 온라인 감시 및 이상 진단을 위해 그림 2에서 제시한 알고리즘을 적용하여 실증시험을 위한 샘플 시스템을 제작하였다. 제작된 샘플 시스템은 그림 3에 보이는 것처럼 태양전지 모듈을 전면에 배치하고 후면의 모듈의 출력부분에서 전압, 전류를 측정된 후 무선 통신 시스템을 이용해 중앙처리장치로 데이터를 송신하도록 구성하였다.



(a) 전면부



(b) 후면부

그림 3 샘플 시스템
Fig. 3 Sample PV system

샘플 시스템의 세부 사양은 표 1과 같다. 태양전지 모듈에서 발생한 전기 에너지는 패널 뒷면의 저항부하와 상부의 팬에서 소비시키도록 하였다. 각 태양전지 패널의 출력부분에 전류 센서를 위치시켜 패널의 출력 전류를 감지 한 후에 DAQ(Data Acquisition) 모듈에서 디지털 값으로 변환시키고 변환된 디지털 값을 통신모듈을 통해 중앙처리장치로 송신한다. 대규모 태양광발전소의 경우 매우 많은 수의 태양전지 모듈로 구성되므로 일정한 숫자의 태양전지 모듈로 그룹화해서 진단하게 되는데, 본 연구에서는 각 모듈을 하나의 그룹으로 가정하여 시제품을 제작하였다. 샘플 시스템에서는 측정부와 중앙처리 장치 사이의 거리가 멀지 않아 통신모듈로 블루투스 통신 방식을 사용하였으나 거리가 먼 경우에는 RF방식을 사용하는 편이 더욱 적당할 것이다[7].

표 1 샘플 시스템의 일반 사양

Table 1 | Sample PV system specifications

품목	사양
태양전지 모듈	<ul style="list-style-type: none"> - M O D E L : GMG 01430 - POWER(TYPICAL±10%) : 43 WATTS - CURRENT : 2.95 AMPS - VOLTAGE : 14.6 VOLTS - SHORT CIRCUIT CURRENT : 3.32 AMPS - OPEN CURCUIT VOLTAGE : 18 VOLTS
전류 센서	<ul style="list-style-type: none"> - Type-code : PP1A02-12 - Rated Current (F.S.) : 02A - Linear Range : 04A - Diameter of Primary Conductor : 0.5mm - Output Voltage : ±4V ±1% at If
DAQ	<ul style="list-style-type: none"> - 아날로그입력 분해능 : 12비트 (입력신호를 0~4,095 수치로 분해 판독) - 아날로그입력 채널수 : 8채널 - A/D컨버터 변환클럭 : 200KHz (A/D컨버터 내부 시리얼 클럭 주파수) - 통신방식 : RS232 전이중 ASCII(문자) 시리얼통신 - 통신전송속도 : 최소4,800bps ~ 최대115,200bps(보레이트스위치 조정에 따라 가변)
무선통신	<ul style="list-style-type: none"> - 작동범위 : 120m이내 - 블루투스프로토콜 : RFCOMM, 12CAP, SDP - 주파수 : 2.4 GHz - 인증 : CE, FCC, BLUETOOTH SIG PLANNED - 인터페이스 : 9핀 DSUB - 통신속도 : 1200~115200 BAUD - SIZE : 95×30×16(mm)

3.2 모니터링 프로그램

모니터링 프로그램의 주요기능은 모듈상태현황을 램프(LED)로 표시하고 모듈의 출력전압, 전류, 전력 등의 값을 출력하면서, 모듈에 이상이 발생 시 이상 상태를 화면에 출력함과 동시에 로그파일로 저장하게 된다.

그림 4에 모니터링 서버 설정화면을 나타내고 있으며, 여기에서는 프로그램의 시작, 메인화면, 시리얼포트 설정, 보정등을 수행할 수 있으며, 그림 5에 태양전지의 전압, 전류, 전력 등을 모니터링 할 수 있는 측정 방법과 태양전지 모듈의 이상상태와 통신상태의 이상 유무를 출력하는 LED로 구성된 모니터링 서버의 실행화면을 나타내었다. 모니터링 프로그램의 메인화면 좌측 상단에 주 메뉴를 배치하고 중앙에 모듈들의 상태를 시각적으로 표현하는 한편 하단에 각 모듈의 구체적인 상태와 출력 값 등을 문자와 숫자로 표시하여 사용자에게 가장 익숙한 유저 인터페이스가 되도록 GUI를 설계하였다.

“로그”메뉴에서는 각종 이벤트 발생 시 자동 저장된 로그파일을 불러서 확인해 볼 수 있도록 하였고, “설정” 메뉴를 통해 센서의 출력이나 통신 상태 등에 관한 각종 소프트웨어적인 셋업을 가능하게 하였다[8].

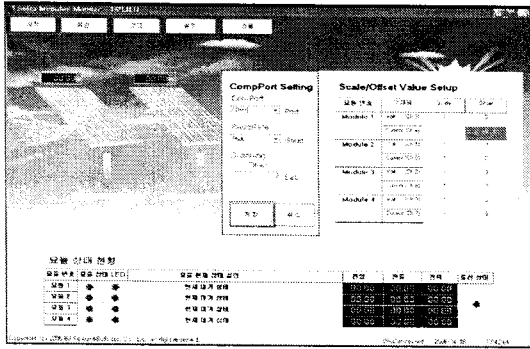
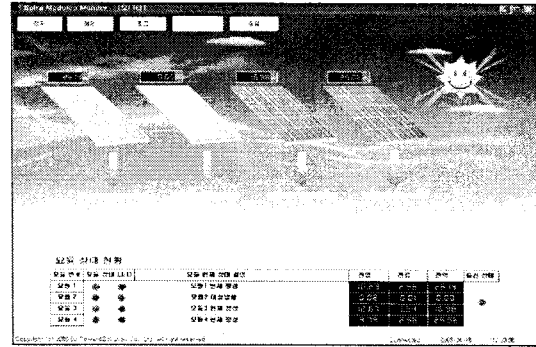


그림 4 모니터링 설정화면
Fig. 4 Setting screen on monitoring



(b) 이상진단 상태

그림 6 샘플 시스템의 동작 시험
Fig. 6 Operating characteristic test of sample PV system

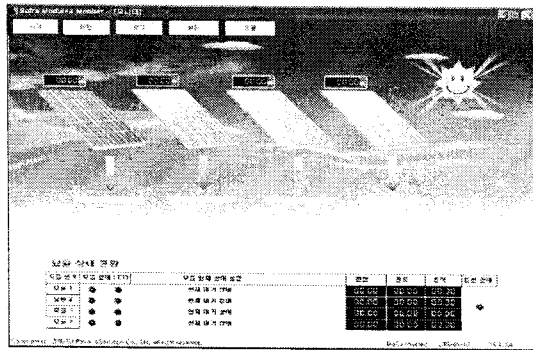
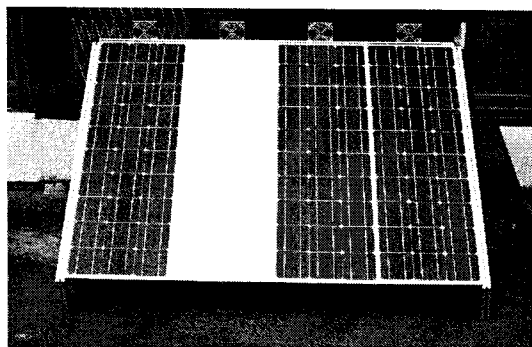


그림 5 모니터링 초기화면
Fig. 5 Initial screen on monitoring

3.3 특성 시험

제안된 방법의 타당성을 입증하기 위해 제작된 샘플 시스템의 특성시험을 수행하였다. 그림 7 (a)에 보이는 것처럼 인위적으로 2번째 태양광 모듈의 고장을 상정하기 위해 흰 천으로 태양전지 모듈의 일사량을 차단하였다. 그 결과 그림 2에서 제안한 알고리즘에 의해 그림 (b)와 같이 모니터링 프로그램에 확인한 결과 모니터링 프로그램에서 이상 발생 모듈의 위치와 출력값이 표시되며 이벤트 로그파일에 이상 발생 시간, 모듈명 등이 저장됨을 확인하였다. 또한, UMS에 의해 관련 책임자에게 문자메일이 전송되는 등 체계적 이벤트 관리가 이루어짐을 확인 할 수 있었다.



(a) 패널 상태

참고 문헌

- [1] 이흥주, 태양광 발전시스템의 최대 출력치 추종을 위한 디지털 재설계기반 PWM퍼지제어기 개발, 산업자원부, 2006. 3
- [2] 홍성민 외, 지역별 태양광 발전시스템의 모니터링을 위한 통합 모니터링 시스템 구축 및 운영 분석, 산업자원부, 2005. 9
- [3] 林 正和, 太陽光發電システムの最新動向及び今後の展望, 生産と電気, 2005. 3
- [4] 牛 山泉, 次のステップに進む太陽光発電, 風力発電, OHM社, 2004. 11

- [5] Robot Peltier, Photovoltaics in a new light, Power, 2004,1/2
- [6] IEA/PVPS, Trends in Photovoltaic Applications, IEA/PVPS Task 1 Report, August 2002
- [7] Razavi, Behzad, Theodore S.Rappaport., "RF MICRO ELECTRONICS", Prentice Hall, 1998
- [8] 오성권, C프로그램에 의한 퍼지모델 및 제어시스템 개발, 내하출판사, 2002. 1

저 자 소 개



이 중 필 (李鍾弼)

1970년 12월 14일생. 1996년 충북대학교 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

E-mail : jolious@ddc.ac.kr



지 평 식 (池平植)

1964년 3월 5일생. 1994년 충북대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업(공학석사), 1998년 동대학원 전기공학과 박사과정 졸업(공학박사), 현재 충주대학교 전기공학과 조교수

E-mail : psji@chungju.ac.kr



변 상 준 (卞相峻)

1962년 6월 5일생. 1988년 청주대학교 공대 전자공학과 졸업 1990년 동대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 1999년 동대학원 전자공학과 졸업(공학박사), 현재 대덕대학 마이크로로봇과 부교수

E-mail : szbyun@ddc.ac.kr



임 재 윤 (林栽尹)

1961년 8월 4일생. 1984년 충북대 공대 전기공학과 졸업, 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1995년 홍익대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1999~2000 Texas A&M Univ. 방문교수, 2006 ~2007 Univ. of Victoria 방문교수, 현재대덕대학

전기과 교수

E-mail : jyylim@ddc.ac.kr