

태양광발전시스템의 효율적 운영을 위한 모니터링 프로그램 구현

윤창대*, 문현호*, 서종완*, 서희석**, 신명철*
성균관대학교*, 두원공업대학

Implementation of a Monitoring Program of the Grid-connected Photovoltaic System for its Efficient Operation

Chang-Dae Yoon*, Hyun-Ho Moon*, Jong-Wan Seo*, Hui-Suk Suh**, Myong-Chul Shin*
Sungkyunkwan University* Doowon Technical College**

Abstract - 현재 전력계통분야에서 신재생에너지원을 이용한 분산전원 (DG, Distributed Generation)이 확대 보급됨에 따라 이에 대한 기술의 높은 신뢰성 및 경제성이 높아지고 있는 시점이다. 이에 따라 분산전원의 효율적 운영을 위한 모니터링 장치의 필요성이 또한 증대되고 있다. 본 논문에서는 신재생에너지원 중 대표적인 태양광발전시스템의 현재 상태 (전압, 전류, 전력, 위상, 주파수)를 계통의 모니터링을 위해 제작한 ATmega 128 (AVR)이 내장된 Power Line Data Acquisition Board와 현재 널리 통용되는 GUI시스템인 LabVIEW[®]를 이용하여 컴퓨터를 통한 태양광발전시스템을 모니터링 하는 프로그램을 구현하고자 한다.

2. 본 론

2.1 태양광 발전 시스템

본 논문에서 측정하고자 하는 태양광발전시스템은 성균관대학교내 전기에너지 신기술연구센터 (AEIRC)의 분산전원용 전력기기 및 최적기술 운용기술 개발 과제사업의 일환인 산학협력에 의해 도입된 10kW급 시스템으로써 전체적인 태양광 어레이의 구성 모습은 그림1과 같다.

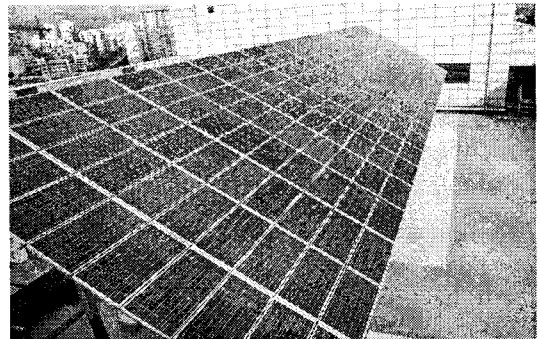


그림 1 태양광 발전용 Array

1. 서 론

경제성장과 산업 및 사회생활의 고도화와 함께 증가하는 전력수요에 대한 대응방안으로 화석연료의 의존도가 높은 국내의 경우 국제 환경규제에 의한 온실가스 배출량 감축 및 동결은 산업 활동의 위축을 가져오게 된다. 이에 따라 환경을 국가의 산업 생산 활동과 연계시키고자 하는 선진국과의 경쟁에서 많은 어려움이 따를 것으로 예상되고 있다.

이와 같은 상황에서 현재 배전계통에 소형 열병합발전, 태양광발전, 풍력발전, 연료전지발전, 전력저장시스템 및 비상용 동기발전기와 같은 소 용량의 전력기기를 분산 배치하는 발전설비 (분산전원: Distributed Generation) 도입이 선진국 중심으로 추진되고 있으며, 이런 다양한 형태의 분산전원의 도입으로 기존의 전력시스템에 대한 기술 개발에 중점을 두어야 할 시점이 되었다[1]. 여러 분산형 전원시스템 중 태양광발전 (PV, Photovoltaic)은 현재 선진국과의 기술격차가 크게 없어 정부에서도 추진 중인 중요사업 중 하나로서 실증연구를 토대로 하여 태양광 주택 10만호 보급사업도 추진 중에 있다[2]. 특히 태양광발전 시스템은 기존의 화석연료나 원자력을 사용하는 발전방법과는 달리 공해가 없는 친 환경적 발전요소로써 각광 받고 있는 소규모 발전시스템이다.

이런 태양광 발전시스템의 보급과 발전을 위해서는 현재 운영되어지는 태양광 발전시스템의 데이터에 대한 분석과 사용자 중심의 HMI(Human Machine Interface)시스템의 개발 및 도입이 필요하다.

본 논문에서는 10kW급 계통 연계형 태양광 발전시스템의 구성요소를 살펴보고 대표적인 AVR인 ATmega 128로 구성된 Power Line Data Acquisition Board[3]를 제작하고, 이를 사용하여 측정된 데이터와 현재 널리 통용되어 사용되는 GUI (Graphical User Interface) 프로그램 LabVIEW[®] 7.1을 기반으로 하여 태양광 발전 시스템과 상호 연동하는 프로그램을 구성하여 태양광 발전시스템의 운영상황을 실시간 모니터링 하였다.

비교적 소규모의 용량을 가지는 10kW급 계통연계형 태양광 발전시스템은 태양광을 받아 직류전기를 발생시키는 50Wp 용량의 태양전지 총 220개의 모듈이 20대씩 11개의 군으로 이루어져 있으며 독립된 11개의 군에는 각각의 출력단에 역전류 방지 다이오드, 차단 스위치 등으로 구성된 분전함인 설치되어 있고 이를 통하여 연구실 내의 3상 4선식 인버터에 연결되어 있다. 이 인버터를 통하여 교류로 변환된 태양광발전 시스템의 출력전압은 건물 내의 분전반에 연결되어 부하설비에 전력을 공급한다[1]. 이곳에 사용된 태양전지는 국내 기업에서 개발된 효율 14%이상의 단결정 실리콘 Cell이 사용되었으며 모듈 1매당 태양전지 36장으로 구성되어 총 사용용량은 7920장이다. 아래의 표 1은 10kW급 계통연계형 시스템에 사용된 태양전지 모듈의 특성을 나타낸 것이며 이 모듈을 보호하는 태양전지 모듈 프레임은 경량의 냉간 압연 강관 또는 경금속 특수 알루미늄 재질로써 밀봉 처리되어 습기 침투를 방지하도록 되어있다. 또한 단락전류 부족에 따른 역바이어스 전압경감과 모듈단진, 그늘에 의한 발전출력 감소를 줄이기 위하여 태양전지모듈 내부에 By-pass 다이오드가 부착되어 있다. 표 2는 10kW급 계통연계형 태양광 발전설비에 사용된 인버터의 사양을 나타낸다.

표 1 태양전지 모듈의 특성

구분	성능	비고
개방전압(V_{oc})	$21.0 \pm 10\%$	AM1.5, $100mW/cm^2$ $25^\circ C$ 기준
단락전류(I_{sc})	$3.17 \pm 10\%$	
최대출력(P_{max})	$50.0 \pm 10\%$	
최대출력시 전압(V_{max})	$17.1 \pm 10\%$	
최대출력시 전류(I_{max})	$2.92 \pm 10\%$	
태양전지 모듈 효율(%)	12.0	
외형크기(mm)	$445 \times 985 \times 35$	
중량(kg)	5	

표 2 태양광 발전설비에 사용된 인버터의 사양

구분	항목	규격	비고
사양	운전방식	전압형 전류제어방식	
	전력제어방식	최대전력추종방식	
직류 입력	정격전압	344 VDC	
	연계가능전압범위	± 10 이내	
	입력전압범위	DC 280V - 426V	
계통 조건	상수/형태	3상 4선식	
	전압	AC 220V / 380V	
	주파수	60Hz	
발전 출력	출력용량	10KVA	
	변환효율	90% 이상	정격출력시
	과부하 능력	110% 미만 10분	
	부하의 역률	0.95 이상	
	정전시인버터정지	600ms 이내	
기구	기기소음	60dB 이하(1M 거리에서)	
	냉각방식	강제공냉식	
	D x W x H	$550 \times 600 \times 146mm$	
	무게	250kg	
기타	보호기능	인버터 과전압 / 과전류	
		출력 단락 시 시스템 보호	
		시스템 과열보호	
		원격 Alarm 점검 출력(Optional)	

2.1.1 10kWp급 태양광 발전시스템의 기본구성

그림2는 10kWp급 계통 연계형 태양광 발전시스템 제어반의 구성도를 보여주고 있다. 설치된 태양전지 어레이를 통해 발생한 직류전류를 교류전류로 변환시키는 IGBT를 사용한 10kVA급 PWM 방식의 인버터와 이를 저압계통에 연계시키는 계통 보호시설 등으로 구성되어 있으며 이 설비는 추후에 연료전지, 소형 디젤 발전기, 또는 다른 분산형 전원을 연계시킬 수 있도록 설계되었다. 그림에서의 적색 라인은 태양광 발전설비가 현재 계통형 인버터로 동작되는 것을 의미하며 유사시에는 독립적인 운전도 가능할 수 있게 한다.

2.2 Power Line Data Acquisition Board

태양광발전시스템의 실제운영 상황을 측정하기 위하여 본 논문에서는 전기에너지 신기술 연구센터에서 제작한 GBT Acquisition Board를 사용하였으며 이는 대표적인 AVR인 ATmega128을 사용한 것으로 계통의 아날로그 입력을 받아 디지털 16-bit출력을 내도록 하여 태양광 발전 시스템을 실시간으로 측정할 수 있도록 한 것이다. 전체적인 Power Line Data Acquisition Board의 사양은

표 3과 같으며 그림 3은 제품이 구성되어 있는 모습을 설명해 주고 있으며 이 그림은 전압용 보드를 나타내고 있다[3].

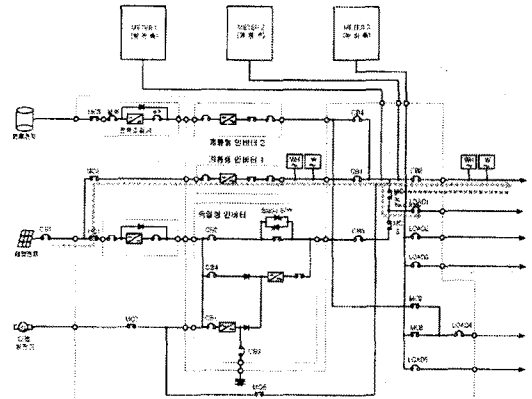


그림 2 10kWp급 계통연계형 태양광 발전시스템의 제어반

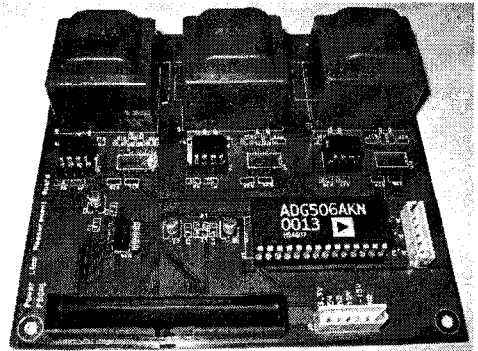


그림3. Power Line Data Acquisition Board(전압용)

표3. Power Line Data Acquisition Board 사양

변류비_CT	2500:1
변류비_PT	220:10
Analog MUX	16Ch
ADC	Bipolar Analog Input 16Bit ADC
Comm W/PC	RS232C 115.2kbps
Data rate	92160bps

2.3 시스템 측정 및 연계

아래의 그림 4는 실험을 하기 위해 구성한 태양광 발전설비의 모습을 간략히 그림으로 표현한 것이다. 태양광 발전추과 한전측, 그리고 부하가 사용하는 전력량을 비교하기 위해 태양광 제어반과는 별도로 3개의 전력량계를 사용하였으며 부하로는 백열전구로 구성된 모듈과 전기히터 등을 사용하였다.

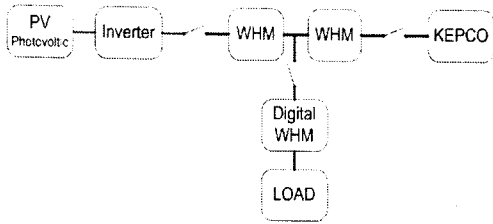


그림 4 태양광발전시스템 구성도

구현된 모니터링 프로그램으로 측정된 태양광 발전시스템의 주 위치는 시스템의 PV Array측 (DC출력이며 Array의 2차측), 시스템의 발전 전원측 (AC출력, 인버터 2차), KEPCO측 (기존의 내선선로 측, MCCB 2차)으로 이곳에서 측정된 데이터들은 DAQ보드를 거쳐 LabVIEW[®] 장치에 연계되어 시스템의 현재 상태를 모니터링 한다.

측정보드는 측정된 값을 16-bit로 변환하여 데이터를 전송하며 모니터링 프로그램은 전송된 16-bit데이터를 10진수로 변환하여 각각의 데이터로 분리하여 출력한다.

2.4 Monitoring Program

태양광발전시스템의 실시간 모니터링을 위하여 대표적인 GUI프로그램인 LabVIEW[®] 7.1을 사용하여 프로그램을 구현하였다.

본 논문에서 구현된 모니터링 프로그램은 앞에서 언급하였듯이 PV Array측, 발전 전력측, KEPCO측의 현재 상태를 모니터링하고 PV Array측은 크게 PV의 전압값, 전류값, 전력값을 모니터링 하며 추가적으로 일사량, 모듈온도, 외부온도를 측정한다. 일사량과 모듈온도, 외부온도는 기존에 설치된 센서로부터 입력받는 값들이다. 발전전원측은 기본적으로 3상의 전압, 전류, 전력 값을 모니터링 하며 추가적으로 유효전력, 주파수, 발전효율값을 모니터링 한다.

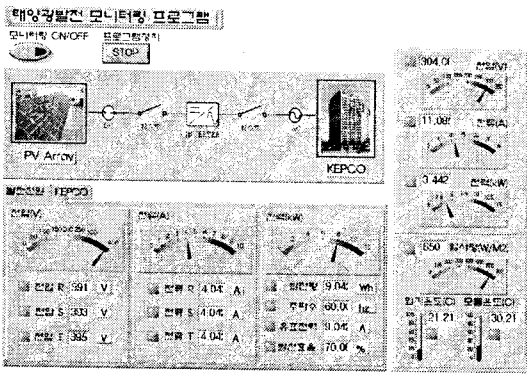


그림 5 Monitoring Program User Interface

위의 그림 5는 본 논문에서 구현한 모니터링 프로그램의 User Interface 화면으로 프로그램 실행 전 모든 측정값의 한계값을 지정하여 현재측정값이 한계값을 초과하였을 경우 사용자가 그 사항을 인지할 수 있도록 LED로 출력할 수 있도록 하였다. 그림 6은 위 모니터링 프로그램의 Source Code 화면이며 프로그램 전체 중 일부만을 나타내고 있다.

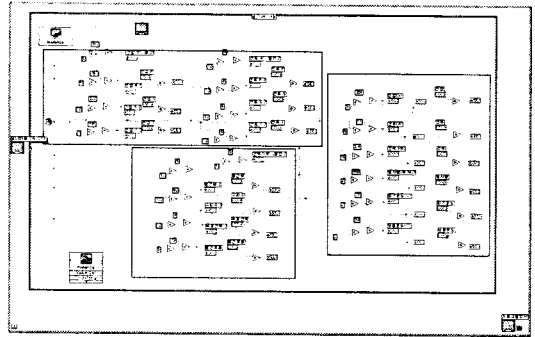


그림 6 Monitoring Program Source Code

3. 결 론

본 논문에서는 신재생에너지원 중 바로 보급이 가능하며 대표적이라 볼 수 있는 태양광 발전시스템의 현재 상태를 모니터링하는 프로그램을 구현하였다. 각 데이터의 측정 지점에는 전기에너지 신기술 연구센터에서 제작한 Power Line Data Acquisition Board를 사용하여 데이터를 취득하였으며, 이 데이터는 LabVIEW[®] 프로그램을 이용하여 구성된 모니터링 프로그램을 통해 태양광 발전설비의 계통운용자에게 전달된다. 분산전원의 수요가 점차 증가함에 따라 본 논문에서 구현된 HMI는 앞으로 요구되는 모니터링 프로그램에 일조를 할 것으로 보이며, 본 논문에서는 기본적인 데이터의 모니터링에 대해서만 언급하였지만 현재 태양발전 출력현황, 온도, 인버터 현황, 발전전력공급 현황 등을 시간대별로 구분하여 저장하고 출력하는 기능과 태양발전기 외에 보유하고 있는 다른 분산전원 (연료전지, 소형 동기발전기)에 대한 모니터링 프로그램도 제작하고 있는 중이다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축 지원 사업으로 수행된 논문입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 성균관대학교, "전기에너지 신기술 연구센터 1,2차년도 종합보고서", 대학 전력연구센터 육성·지원 사업 보고서, 산업자원부, 2004
- [2] T.Sufiura, T. Yamada, H. Nakamura, M Umeya, K Sakutam, and K. Kurokawa, "Measurements, analyses and evaluation of residential PV systems by Japanese monitoring Program", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol issues75 Issues3-4 1pp.767-779, 2003
- [3] 윤병돈, 서종완, 신명철, "분산전원의 안정화를 위한 보호계전기용 실시간 모니터링 시스템 설계에 관한 연구", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2006
- [4] 한국에너지기술연구원, "태양광발전 용어집", 산업기술기반 조성사업, 산업자원부, 2006
- [5] Roger Messenger, "Photovoltaic Systems Engineering", CRC press
- [6] "LabVIEW[®] 한글교육매뉴얼", 한국 National Instruments, 2003
- [7] 광두영, "컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW[®]", 도서출판 ohm사, 2004