

가정용 태양광/풍력 Hybrid 발전시스템의 모니터링에 관한 연구

정병영^{*}, 차인수^{**}, 임중열^{***}

^{*}남부대학교 디지털경영정보학과, ^{**}동신대학교 수소에너지학과, ^{***}남부대학교 디지털정보학과

A Study on Monitoring for based-Photovoltaic/Wind power Hybrid Generation System

Byeoung-Young Jung^{*}, In-Su Cha^{**}, Jung-Yeol Lim^{***}

^{*}Dept. of Digital Management & Information Nambu University

^{**}Dept. of Hydrogen energy Dongshin University

^{***}Dept. Of Digital Information Nambu University

ABSTRACT- The objective of this research is to investigate usage of 3KW photovoltaic-wind power hybrid generation system composed of 500W solar power generator and 400W wind power generator in a parallel circuit. In addition, solar radiation meter and wind monitor have been installed into each generation system to obtain the practical operating data that monitored in monthly, daily and hourly. These data that are independent to weather change and location would provide adequate generation output on average and cope with emergency situation in generation system. In conclusion, based on this study, it could be considered for 3KW combined generation system to be gradually propagated to houses and small-size public facilities.

1. 서 론

본 연구에서는 주택과 소규모 공동이용시설에 점차적으로 보급 확대 될 3KW급 태양광·풍력 복합 발전시스템 구현의 기초 연구로서 상호보완적인 효과를 갖는 태양광 500W와(2직렬 × 5병렬 - 3KW급에 대한 초기 연구단계로서 500W를 한 어레이로 설정 × 6 = 3KW), 풍력400W 2개를 병렬 운전하였다. 이와 더불어 복합발전시스템에 스프링의 탄성에너지를 이용한 전력보상장치를 추가적으로 설치하여 기후 특성상 일시적으로 가정에서 태양광과 풍력에너지가 부족하여 정상적인 발전을 할 수 없을 때 이 장치가 전력을 보상하여 별도의 축전설비 없이 독립적으로 부하에 연속적이고 안정된 전력을 공급하도록 하였다. 또한 Hybrid 발전시스템에 일사관제와 풍향풍속계를 설치하고 센서부를 통하여 모니터링 시스템을 구축함으로써 발전설비의 운전특성을 분석하였다.

2. Hybrid 발전시스템의 구성

복합발전시스템은 태양광발전부, 풍력발전부, 전력보상장치, 제어부, 컨버터, 인버터 등으로 구성되어있다. 그림 1은 복합발전시스템의 전체 구성도이다. 입력부는 500W급 태양광발전부와 풍력발전부로 구성된 복합발전시스템으로 구성되어 있으며, 역류 방지와 보호를 위하여 다이오드와 퓨즈를 사용하였다. 제어부는 기본적으로 컨버터의 스위칭

동작을 위한 PWM 제어를 행하였다. 제어 알고리즘으로 컨버터부는 퍼지 알고리즘을 적용하였으며, 입력값이 저전압 고전류이므로 승압형 컨버터를 채택하여 출력이 24V가 되도록 설계하였다. 인버터는 용량을 1KW로 하였고, 전력 보상장치를 추가하여 발전부의 불연속적인 출력을 보상하였다.

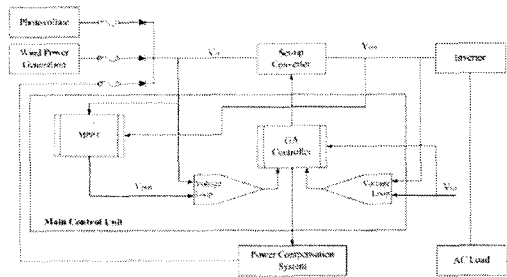


그림 1. 복합발전시스템의 구성도

Fig. 1. The structure of hybrid generation system

2.1 태양광발전부

태양광 어레이는 태양전지 모듈 10개를 2직렬x5병렬로 연결하여 500W급으로 설계하였다. 본 연구에서는 사용된 태양전지 모듈은 삼성 SM-50 다결정형 모듈로써 야간에 전류가 모듈로 역류하는 것을 방지하기 위하여 블로킹 다이오드를 어레이와 시스템 입력단 사이에 설치하였다. 설치된 어레이의 최대 전압은 약 34.2V 그리고 최대 전류는 약 14.5A, 최대 전력은 500W급의 특성을 가지고 있다.

2.2 풍력발전부

풍력발전기는 구성 요소별 기능을 살펴 볼 때, 3개의 날개, 허브, 동력전달장치, 발전기로 구성되어있다. 날개의 구조는 직경이 1.15m로 바람의 속도 에너지를 기계적인 회전 운동 에너지로 변환하여 정격 출력이 발생되도록 자동으로 트위스트 하는 피치 제어 구조로 되어 있고, 바람의 세기에 따라 날개의 형상이 변화하여 바람의 힘을 조절하는 기능, 발전기의 회전수를 제어하여 강풍에 의한 장애를 방지할 수 있다. 동력전달장치는 발전기로부터 충분한 전력을 일으킬 수 있도록 회전 속도를 증속하여 발전기에 전달하고, 발전기는 기계적인 회전 운동에너지를 전기에너지로

변환시켜준다. 시동풍속은 2.7 [m/sec]이고 최대 출력은 600 [W]이며, 정격출력은 12.5 [m/sec]에서 450 [W]이다.

2.3 전력보상장치

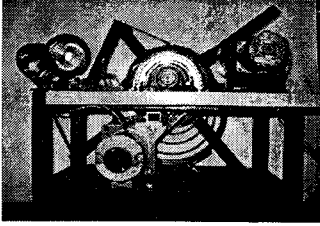


그림 2. 전력보상장치 사진

Fig. 2 Power compensation apparatus

태양광/풍력 복합발전시스템으로부터의 출력은 서로의 역전류를 방지하기 위한 다이오드를 통하여 제어회로로 전달된다. 마이크로프로세서(PIC16F84)를 사용한 제어회로에서는 기준전압과 비교하여 기준전압보다 출력이 높으면 컨버터와 인버터를 통하여 부하에 전력을 공급함과 동시에 전력보상장치의 DC 모터를 구동하여 스프링을 감아둔다. 만약 일시적인 기상 조건의 변화로 출력이 기준전압 24V 보다 낮아지면 감아두었던 스프링이 풀리면서 DC 발전기를 구동하여 전력을 보상한다. 스프링의 탄성에너지를 이용한 전력보상장치는 DC 모터(TD8025G-12, 12[V], 25[A], 25[W], 300[rpm])와, 스프링(STC-5), 제어회로, 회전센서 등으로 이루어져 있다. 최대전력은 240W, 최대전압 24V, 최대 전류는 10A이다.

3. 웹기반 모니터링시스템

그림3은 본 시스템에서 제안된 모니터링 시스템의 구성도를 보여주고 있다. 모니터링 시스템의 감시대상은 태양전지 어레이와 전력변환회로, 기타 주변환경 요소이며, 제어대상은 계통 연계형 인버터이다. 모니터링 시스템은 우선 크게 3부분으로 나눌 수 있다. 각종 센서나 계측 장치로부터 데이터를 수집하거나 제어하기 위한 계측 및 제어 부분, 필드의 데이터 계측 및 제어 모듈로부터 데이터를 수집하여 처리하기 위한 필드 서버부분, 필드 서버의 데이터를 취합하여 시스템 통합 관리를 위한 중앙 통합 시스템 부분 등으로 분류할 수 있다.

그림 4에서 모니터링 시스템에 의한 데이터 처리 과정을 보여주는 바와 같이 서버의 DB를 원격지에서 TCP/IP를 통해 원격으로 모니터링 및 제어가 가능하도록 하였다.

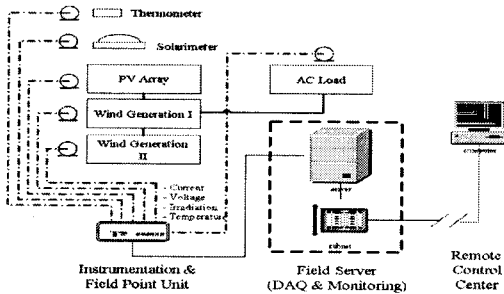


그림 3. 제안된 모니터링 시스템 구성도

Fig. 3 Proposed block diagram of monitoring system

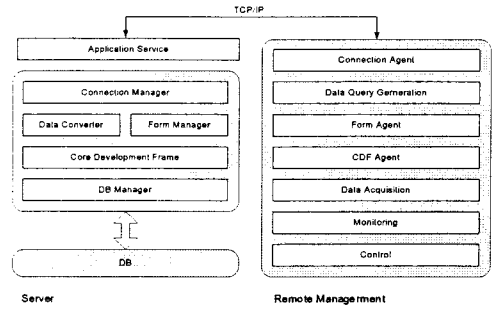


그림 4. 데이터 처리 과정

Fig. 4 Data management process

3.1 소프트웨어

본 시스템에서 원격모니터링을 위한 소프트웨어는 NI LabVIEW를 사용하였다. National Instrument에서 만든 LabVIEW는 그래픽화한 Icon을 이용하여 프로그램을 작성하는 Language이다. 다른 Text 기반의 언어들, 예를 들어 요즘 많이 사용되고 있는 Visual C++, Visual Basic, Boland C, Delphi 같은 언어들과 비교하여 가장 큰 차이점은 User Interface 뿐만 아니라 Source Code 또한 그래픽화한 환경으로 이루어져 있다는 것이다. 즉, LabVIEW는 그래픽화한 User Interface와 Source Code를 제공하고 있으며 컴퓨터기반의 자동제어와 계측을 최적화된 언어이다.

그림5는 본 연구에서 구축한 웹 기반 모니터링 시스템의 메인화면이다. 구성은 실험에 쓰인 500W 태양광발전시스템의 출력 전압·전류, 400W 풍력1과 풍력2의 전압·전류를 기본으로 하여 풍향·풍속, 온·습도, 일사량 등으로 되어있다. 또한 각 발전 시스템의 발전 현황을 한눈에 알아볼 수 있도록 발전 전력량을 나타내었다.

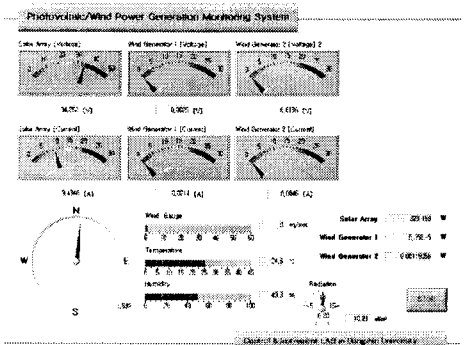


그림 5. 모니터링시스템의 메인화면

Fig. 5 Configuration of monitoring system

3.2 하드웨어

하드웨어는 크게 계측부, 데이터 로거기, 데이터 처리기로 구분되고. 계측부는 DC 전압, DC 전류, AC 전압, AC 전류, 일사량, 온도를 측정할 수 있는 센서로 구성되며 데이터 로거기는 전기신호 센서에서 들어오는 전기신호를 디지털신호로 변환시켜 통신 프로토콜에 의하여 데이터 처리기로 보내주는 역할을 한다. 데이터 처리기에서는 이런 이산화 된 신호를 실측데이터로 변환하게 된다. 그림 6은 모니터링시스템의 계측부를 보여준다.

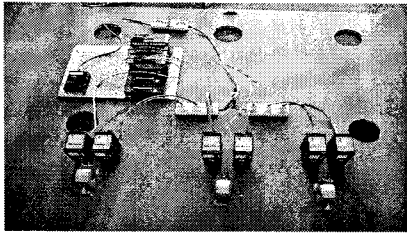


그림 6. 모니터링시스템의 계측부
Fig. 6 Measurement part of monitoring system

4. 실험 및 고찰

그림 7은 모델링된 태양전지 어레이의 전압, 전류, 전력 특성곡선을 보여주고 있다. 최대 전력점에서의 전압은 34.2[V], 전류는 14.6[A], 전력은 약 500[W]가 산출되었다. 그러나 실제 실험에서는 약 32[V]~37[V]의 전압과 8[A]~12[A]의 전류가 출력되었는데 이것은 부하 가변이나 태양광발전시스템 설계시 내부저항에 의한 손실에 의한 것으로 판단된다.

그림 8은 위와 같은 500W 태양전지 어레이 6개를 직렬로 연결하여 3KW급 태양광발전시스템을 모델링한 하루간의 운전특성과 일사량에 따른 운전특성을 분석하였다. 출력전압은 200V, 출력전류가 15A이 되도록 구성하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과 DC 전압과 전류 그리고 출력전력은 일사량에 따라서 선형적으로 증가함을 보여주고 약 87%의 발전 효율을 보여줌을 알 수 있다.

그림 9는 본 연구에서 사용된 풍력발전시스템의 출력을 Mathematica를 사용하여 시뮬레이션하고 Origin으로 나타낸 특성곡선이다.

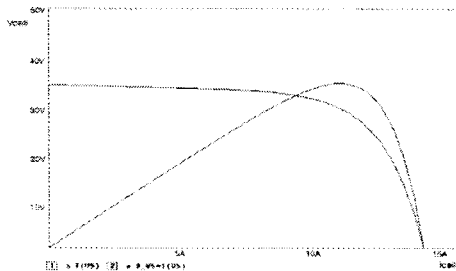


그림 7. 500W 어레이의 전압(Vcell)-전류(Icell) 특성
Fig. 7 V-I properties of solar cell array

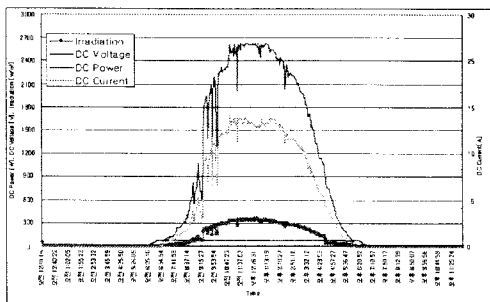


그림 8. 하루 3KW 어레이의 운전 특성
Fig. 8 Operation property of 3KW array for a day

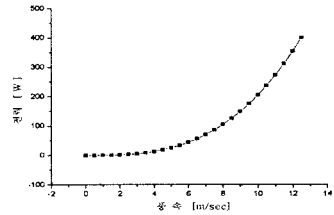


그림 9. 풍속에 따른 출력 특성
Fig. 9 Operation property of wind power generation according to wind speed

다음은 복합발전시스템의 출력을 하루 동안 모니터링하여 각 발전시스템별로 분류하여 나타내었다. 그림 10은 태양광발전시스템의 하루 출력 전압과 두개의 풍력발전시스템의 출력 전압을 나타낸다. 그림에서와 같이 500W태양광어레이는 약 37V의 전압이 10시간 정도 출력됨을 알 수 있었다.

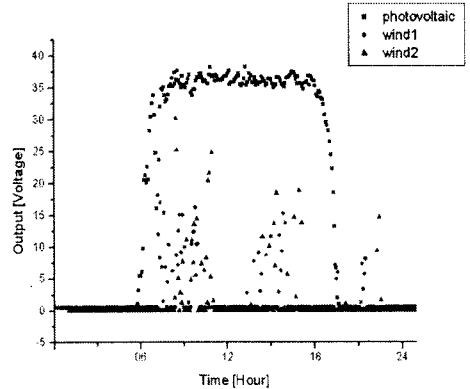


그림 10. 하루 동안 복합발전시스템의 모니터링 결과
Fig. 10 The result of monitoring for hybrid generation system for a day

또한 두개의 풍력발전이 약 10m정도 떨어져 발전을 하므로 거의 동일한 시간대에 출력을 보이고 있지만 풍력1이 더 많은 발전을 하고 있음을 보여준다. 따라서 풍력발전은 태양광발전과 비교하여 지역적 또는 계절적인 요소가 크게 작용한다는 사실을 알 수 있다. 그리고 같은 위치에서도 풍력발전기가 하나일 때보다 두개 또는 수개의 풍력 발전을 병렬 운전시킴으로써 아주 단속적인 발전 특성을 조금이나마 보충하여 줌을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 가정 및 공동이용시설에 적용될 3KW급 태양광발전시스템과 이와 상호보완적인 효과를 갖고 있는 풍력 발전을 연계한 도시형 복합발전시스템으로, 500W 태양광발전과 400W의 풍력발전기 2기를 병렬 운전하여 운전특성을 분석하였다. 3KW급에 대한 선행 연구 단계로서 이를 바탕으로 하여 3KW의 태양광발전시스템을 설계하여 운전특성을 시뮬레이션 함으로써 시스템 모델링 및 표준을 정립하였다. 또한 간헐적이고 단속적인 두 에너지원의

특성상 일정한 전원을 공급하기 위한 전력보상장치를 추가하여 보상특성을 분석하였다.

또한 각 발전시스템에 일사량계와 풍향풍속계 등을 설치하고 시스템의 구동특성을 데이터베이스화하기 위하여 웹기반의 원격모니터링 시스템을 구축함으로써 발전설비의 발전량과 운전특성을 분석하였다. 그 결과 시스템의 운전성능을 웹을 통해서 실시간으로 성능을 비교할 수 있었고 대용량의 경우에도 많은 채널을 사용할 수 있고 다양한 측정(온도, 습도, 풍속 등)에 적용될 수 있고, 호환성이 우수하다. 또한 중앙에서 원격지의 제어할 수 있으며, GUI화하여 비전문가도 쉽게 이해할 수 있도록 하였고, 운전, 관리, 보수, 유지비용을 최소화 할 수 있다는 결론을 내릴 수 있었다.

향후, 본 시스템에서 실행된 이론분석과 시뮬레이션, 원격 모니터링을 바탕으로 구축된 데이터를 통해 보다 효율적인 시스템 설계에 대하여 연구를 진행할 예정이며 시스템 설계가 최적화된다면 이를 계기로 친환경사업이며 에너지 대란에 능동적으로 대처하기 위한 주택 및 공동이용 시설 태양광/풍력 보급에 있어 큰 역할과 실용화에 기여할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박세준 외 5인, (2004) 독립형 소형 태양광/풍력 복합발전시스템의 출력안정화를 위한 보조 전력보상장치개발에 관한 연구, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 24, No. 3, 2004
- [2] Jung-Yeol Lim, Byeong-Bok Kang, In-Su Cha. (2002) A Study on the Characteristic of the Combined Generation System by Solar and Wind Energy with Power Storage Apparatus for the Geographical Features. Journal of Power Electronics, Vol 2, No. 1, January 2002
- [3] Jeong Il Lee, Jang-Su Suh, Byeong-Bok Kang, In-Su Cha. (2002) Development of combined generation systems that power storage apparatus is applied. KIEE. Vol. 51P, No 4, DEC. 2002
- [4] Gwonjong Yu, Jinsoo Song, (1995) "Development of Power Converter for Photovoltaic System", Japan-Korea Joint Seminar on TECHNICAL DIGEST PHOTOVOLTAICS, pp. 247-254, 1995.