

태양광·풍력 복합발전시스템의 기상조건에 따른 발전특성

강기환*, 정영석, 유권종, 정명용, 송진수
한국에너지기술연구소 태양광발전연구팀

Generation of electricity Characteristics with Weather Conditions of Photovoltaics-Wind Power Hybrid System

Gi Hwan Kang*, Young Seok Jeong, Gwon Jong Yu, Myung Woong Jeong, Jin Soo Song
Photovoltaic research team, Korea Institute of Energy Research

Abstract - The PV-Wind hybrid system was installed in the island where the solar and wind energy was compensated each other. The installed hybrid system, 10kWp-PV and 10kW-wind capacity, was monitored with the varying solar intensity and wind speed, under the minimum capacity of the storage battery.

1. 서 론

무한정, 무공해의 태양광발전 및 풍력발전은 현재 대체에너지로서 가장 각광을 받고 있으며, 미국, 일본, 유럽을 중심으로 실용화 보급이 정부차원에서 적극적으로 추진되고 있다. [1,2,3]

그러나 태양광발전 및 풍력발전은 무한정, 무공해의 청정에너지원이라는 장점을 갖고 있는 반면에 일사량 및 풍속등의 기상조건 변동에 따라서 출력이 불안정하다는 단점을 갖고 있다. 따라서 독립형 전원 시스템으로는 안정적인 전원을 공급하는데 여러 가지 문제점을 내포하고 있으며, 이러한 문제점을 해소하기 위하여 거대한 용량의 전력저장설비를 갖추어야 하고, 태양광·디젤, 풍력·디젤 등 보조발전장치를 추가로 갖추어야 한다.

이러한 문제의 해결책으로써 태양에너지와 풍력에너지의 변동패턴이 서로 상반되는 장소에 있어서는 태양광발전과 풍력발전을 복합화 함으로써 시스템 전체의 출력을 안정적으로 지원하여 태양광발전과 풍력발전의 상호보완효과를 얻을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 일사량 및 풍속의 기상조건이 서로 상반되는 도서지역에 태양광 10kWp, 풍력 10kW를 설치하여, 축전지의 용량을 최소화하고, 일사량 및 풍속의 기상변화에 따른 태양광발전 및 풍력발전의 실증 실험 결과를 바탕으로 발전전력의 변화를 관찰하였으며, 일사량 및 풍속의 상호보완효과를 이용한 복합발전시스템의 도서지역 전원으로서의 적용 타당성에 대해서 살펴 보았다.

2. 복합발전시스템 구성

태양광·풍력 복합발전시스템의 구성은 크게 태양전지, 풍차, 축전지 및 전력변환장치등의 주변장치로 구성되며, 기타 계측을 위한 계측장치도 포함할 수 있다.

그림 1은 본 연구에서 설계하여 설치되어 있는 제주(월령)의 태양광·풍력 복합발전시스템의 구성도를 나타내고 있다.

그림에서 보는바와 같이 본 연구에서 설계한 태양광·풍력 복합발전시스템의 구성은 태양전지 어레이 10kWp(삼성전자(주) SM-53)와, 10kW급 풍력발전기(WestWind), 축전지 122kWh(세방전지(주)), 직교류 변환장치, 충방전제어기, 풍력발전기의 AC/DC 변환기, 모의부하 등으로 구성되어 있으며, 또한 시스템의 정상적인 동작상태를 감시할 수 있는 원격리 계측시스템도 설치하여 실시간 데이터 감시 및 데이터 송수신이 가능

하게 하였다. 태양전지 어레이 및 풍력발전기는 각각 역류방지 다이오드와 충방전제어기를 통하여 축전지에 연결하였다.

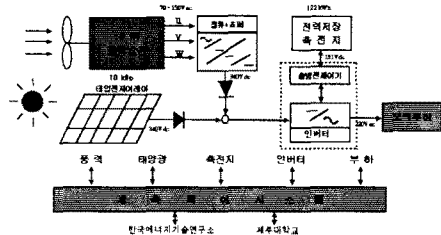


그림 1. 복합발전시스템의 구성도

축전지는 2V 340Ah의 연축전지를 60개 직렬과 3개 병렬로 접속하여 120V 1020Ah로 하여 122.4kWh로 구성하였다.

모의부하는 50호 미만의 소도시지역을 대상으로 하고 있기 때문에 도서지역 부하패턴을 고려하여 그림 2에서와 같은 부하패턴으로 모의부하시스템을 설계제작하였으며, 일일 소비전력은 1가구당 대략 6kWh를 기준으로 하여 10가구가 거주하는 도시를 상정하여 일일 소비전력량을 약 68kWh로 운전하게 하였다.

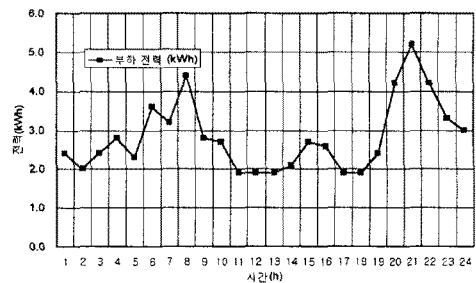


그림 2. 모의 부하 패턴

3. 실증실험

본 실험에서는 일사량과 풍속의 기상조건에 따라서 태양광 및 풍차의 발전전력과 충방전전력 그리고 부하전력의 변화를 비교하였다.

그림 3은 맑고 바람없는 날의 기상조건에 따른 태양광·풍력 복합발전시스템 계반 특성을 보여주고 있다. 일사량의 변화에 따라서 태양광발전전력도 함께 변화하는 것을 알 수 있으며, 풍력발전은 풍속 3.5m/sec 이하에서는 발전량은 Zero이고, 그 이상에서는 풍차 발전

기의 기동에 의해서 약간의 발전전력을 공급하나, 풍속이 최고 4.1 m/sec로써 거의 발전을 못하고 있다.

또한 일사량이 양호한 주간에는 태양광발전 전력이 곧바로 부하에 연결되어 우선적으로 부하에 전력을 공급하고, 잉여전력은 그림 3의 축전지 충전전력 곡선에서 보는바와 같이 주간에는 최고 5.7 kWh를 축전지에 충전하고 있다.

그림 3의 실험결과에서 이날 하루동안의 태양광발전량은 38.4 kWh이고, 부하전력량은 73.8 kWh이다. 이때 축전지 충전전력은 19.7 kWh이고, 방전전력은 67.0 kWh이다. 부하전력량에 비해 축전지 충전전력량이 많은 이유는 부하전력량에 포함되지 않는 주변장치 전원 및 계측장비 전원에 사용되는 전력이고 나머지는 주변장치 자체의 소비전력이다.

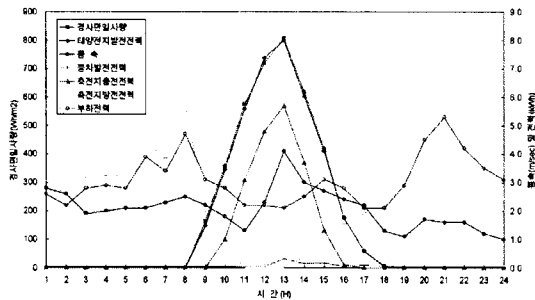


그림 3. 맑고 바람없는 날의 태양광·풍력 복합발전시스템 운전 특성

그림 4는 흐리고 바람이 좋은날의 기상조건에 따른 태양광·풍력 복합발전시스템 제반 특성을 보여주고 있다.

축전지 충전상태가 매우 양호해서 주간에는 일사량이 최고 321 Wh/m²으로써 태양전지의 발전전력도 어느정도 공급할 수 있다고 판단되나, 전혀 발전량을 공급하지 못하고 있으며, 풍속은 평균 9.4 m/sec로 하루 24시간 동안 매우 바람이 좋은 날의 실험 결과이다. 풍속과 비교해서 풍차발전전력이 적은 편인데 이것은 축전지의 만충전상태에서 부하량에 따라서 풍차발전전력을 공급하고 나머지 잉여전력은 더미부하에 공급하고 있다.

따라서 그림에서 보듯이 풍차발전전력 곡선과 부하전력의 곡선이 거의 같은 패턴으로 변하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 이런현상은 축전지의 만충전상태에서 축전지에 의존하지 않고 풍차 발전전력만으로도 곧바로 부하에 전력을 공급할 수 있기 때문인 것으로 보인다.

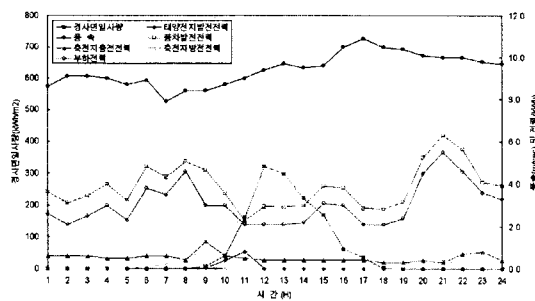


그림 4. 흐리고 바람좋은 날의 태양광·풍력 복합발전시스템 운전 특성

이날 하루동안 풍차발전량은 92.8 kWh이고, 부하전력량은 73.1 kWh, 축전지 충전전력 12.4 kWh, 방전전력 3.0 kWh로써 풍차발전량 만으로도 하루 종일 부하

에 안정적으로 전력을 공급하였다.

그림 5는 일사량 및 풍속이 모두 적은 날의 태양광·풍력 복합발전시스템의 제반 특성을 보여주고 있다. 일사량이 최고 576 Wh/m²으로 태양광발전량은 최고 6 kWh를 나타내고 있으나 하루동안의 태양광발전량은 33.6kWh로써 일일 태양광발전량으로써는 부족한 양을 나타내고 있다.

또한 풍속은 최고 3.8 m/sec를 나타내고 있으며, 하루 평균 2.2m/sec로 풍차발전기를 기동시키기에는 적은 풍속을 나타내고 있다.

풍차 발전량은 이날 최고풍속 3.8 m/sec에서 약 500Wh의 발전량을 나타내었고, 이날 하루동안 2kWh의 발전량을 나타내었다.

따라서 부하전력은 태양전지 및 풍차에 의존하기보다는 축전지에 의존하여 일사량이 있는 주간시간에 약 5시간을 제외하고는 축전지에서 전력을 공급받고 있다. 이날 축전지의 충전전력은 12.9kWh이고, 방전전력은 63.0kWh로써 부하전력 72.0 kWh를 축전지에서 약 88% 가량 전력을 공급받고 있는 것을 알 수 있다.

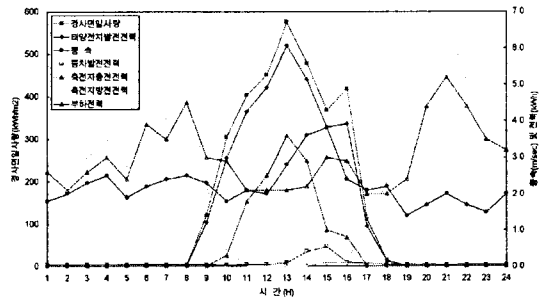


그림 5. 흐리고 바람없는 날의 태양광·풍력 복합발전시스템 운전 특성

그림 6은 일사량도 양호하고 풍속도 좋은 날의 태양광·풍력 복합발전시스템의 제반 특성을 보여주고 있다. 이날의 기상조건은 본 시스템이 설치된 제주(월령)의 평상시의 기상조건이며, 일사량이 부족한 오전에는 풍속이 좋고 주간시간에는 일사량이 양호하고, 오후 7시부터 풍속이 줄어드는 기상조건을 갖고 있다.

이날 최고풍속은 7.7 m/sec를 나타내었고, 하루평균 5.8 m/sec를 나타내었다. 일사량은 최고 576 Wh/m²으로써 아주 좋은 일사조건은 아니다.

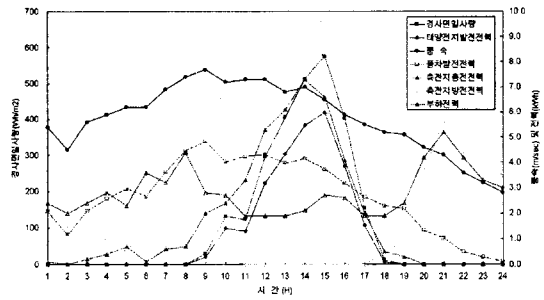


그림 6. 맑고 바람좋은 날의 태양광·풍력 복합발전시스템 운전 특성

그림에서 보는것과 같이 1시에서 11시까지 부하전력은 풍력발전전력에 의존하고, 일사량이 좋은 주간시간의 오전 9시부터 오후 5시까지는 태양광 및 풍차의 발전전력이 부하에 공급하고 남은 잉여전력을 축전지에 공급하여 충전하고 있다. 이날 태양광은 27.5 kWh의 발전량

를 나타내었으며, 풍력발전량은 64.4 kWh, 부하량은 67.8 kWh를 나타내었다.

축전지 충전전력량은 42.7 kWh, 방전전력량은 31.4 kWh로서 축전지 총방전효율 73.5 %의 양호한 발전특성을 나타내었다.

그림 7은 일주일 동안 일사량 및 풍속이 상호보완되는 실측데이터를 보여주고 있다. 주간에는 일사량이 좋고, 일사량이 없는 시간대에는 풍속이 좋아서 일반적으로 하루동안의 발전전력으로 부하에 안정적인 전력을 충분히 공급할 수 있는 곡선을 보여주고 있다.

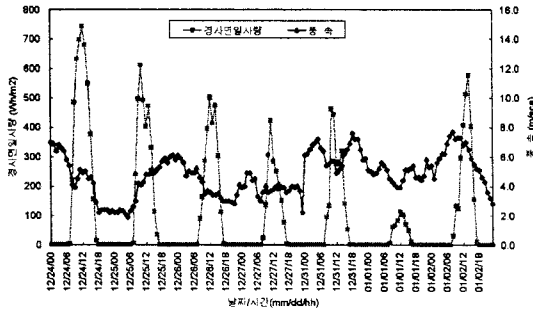


그림 7. 일주일 동안의 일사량 및 풍속의 상호보완적인 기상조건

그림에서 보는바와 같이 본 시스템이 설치되어 있는 제주(월령)의 경우 일사량 및 풍속이 서로 상호보완되는 상관성을 뚜렷하게 나타내고 있는데, 이러한 상호보완 효과를 이용하여 하루 종일 축전지 및 부하전력에 발전전력을 공급하므로써 축전지의 용량을 최소화 할 수 있고, 상호보완적인 기상조건이 있는 소도시 지역의 경우 24시간 안정적인 전력을 공급할 수 있다고 판단된다.

그림 8은 그림 7의 기상조건에 대한 일주일 동안의 태양광발전 및 풍력발전전력의 상호보완효과를 나타내고 있다. 태양광 및 풍력발전의 곡선도 그림 7의 일사량 및 풍속의 곡선과 일치하게 나타내어 주고 있다. 그림 7과 그림 8의 곡선이 일치하는 것은 축전지의 총 발전이 안정적으로 이루어 지고 있다고도 볼 수 있다.

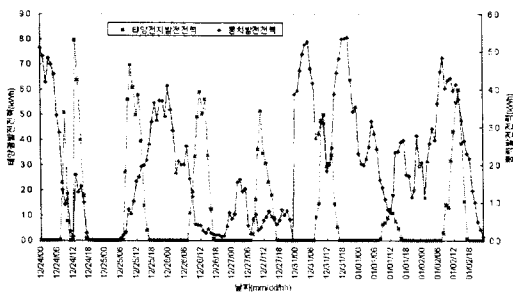


그림 8. 일주일 동안의 태양광 및 풍력의 상호보완적인 발전특성

그림 9는 일주일 동안의 태양광 및 풍력발전전력에 대한 복합발전전력의 변화를 나타내고 있으며, 그림 10은 일주일 동안의 복합발전전력에 대한 부하전력의 실증 실험결과를 나타내고 있다.

그림 9에서 보는바와 같이 태양광발전전력 및 풍력발전전력의 합은 복합발전전력으로 그림 10에 나타난 복합발전전력은 일주일 동안 상호보완적으로 시스템에 발전전력을 공급 하므로써 안정적으로 부하전력을 유지하고 있다.

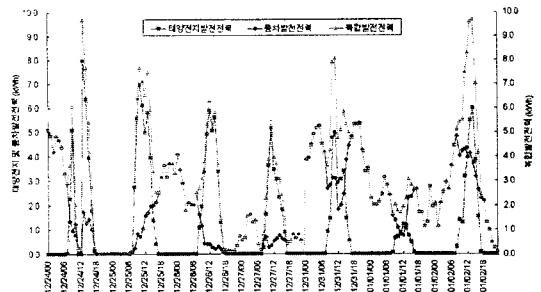


그림 9. 일주일 동안의 태양광·풍력 복합발전전력특성

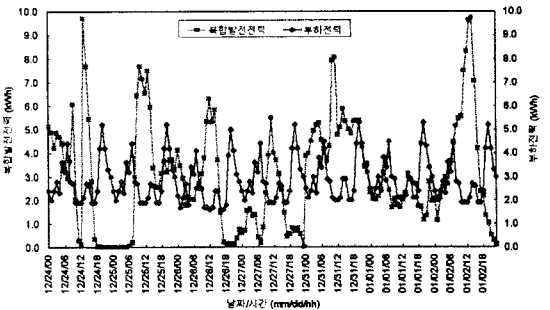


그림 10. 일주일 동안의 복합발전 및 부하전력 특성

4. 결 론

일사량 및 풍속의 기상조건에 따라서 태양광 및 풍력 발전의 제반특성을 관찰하였다.

하루동안의 실증실험 결과에서 일사량의 기상조건이 양호하지 못할 경우 풍력 단독운전만으로 부하에서 요구되어지는 전력 송전이 가능하였으며, 풍속의 기상조건이 양호하지 못할 경우 태양광 단독운전만으로 부하에서 요구되어지는 전력 송전이 가능 하였다.

또한 일사량 및 풍속이 모두 양호하지 못할 경우에도 축전지에서 안정적으로 전력을 공급받아 부하에서 요구되어지는 전력 송전이 가능 하였다.

일사량 및 풍속의 상호보완효과에 대한 실증실험에서 본 시스템이 설치된 지역은 대체로 상호보완적인 기상조건을 갖추고 있으며, 태양광·풍력 복합발전전력이 축전지의 용량이 부족함에도 불구하고 부하에 안정적으로 전력을 공급하므로써 일사량 및 풍속의 상호보완효과를 볼 수 있었다.

따라서 도시지역의 기상조건은 일사량 및 풍속의 상호보완적인 관계를 갖고 있다고 판단되며, 이러한 기상조건을 활용하여 태양광 및 풍력발전을 복합시스템으로 구성하므로써 축전지의 용량을 최소화할 수 있고, 시스템의 초기투자비를 절감할수 있다고 사료된다.

(참 고 문 헌)

- (1) 전력연구원 연구보고서, 대체에너지 기술개발 기본계획 수립, 1995.7
- (2) 송진수, 태양광발전, 전기학회지, vol.41, no.6, 1992.
- (3) 전홍석, 박경호, 풍력발전, 전기학회지, vol.41, no.6, 1992