

# 풍력 및 태양광 에너지의 복합발전 시스템

김신희\*, 김재준\*, 배철오\*, 김현수\*, 엄한성\*, 안병원\*

\*목포해양대학교

Composition Generation Systems of Wind and Solar Power

S-H Kim\*, J-J Kim\*, C-O Bae\*, H-S Kim\*, H-S Han\*, B-Y An\*

\*Mokpo Maritime University

E-mail : h0505@mmu.ac.kr

## 요 약

신·재생에너지라고 불리는 대체에너지는 무공해, 무한정의 다양한 자연에너지의 특성과 이용기술을 활용하여 화석연료를 사용하는 기존에너지를 대체하는 에너지이다. 이에 따라 본 연구에서는 태양광 발전과 풍력발전의 에너지 발생 현황을 살펴보고 목포해안지역에 풍속, 풍향, 계절 등의 기상조건의 변화에 따른 데이터를 분석하여 목포해안지역에서 경제적이고 효율적인 복합발전시스템의 적용가능성을 제안해 보고자 한다.

## ABSTRACT

As the interest in environmental pollution increases acknowledging that interrelated energy and environment problem, the use of renewable energy is uprising. Among the renewable energy resource, Wind and Solar energy has no environmental impact and use unlimited resource. Solar power is not available during the night time, the wind power can be used as a natural supplement Data of irradiance and wind speed recorded in average day for years are used. These data are used to obtain the probability average power of wind and solar systems

In this paper, A technique that can lay the foundation for building the wind and solar power systems of a southwest area in a optimal way.

## 키워드

풍력발전시스템, 태양광발전시스템, 복합발전 시스템

## I. 서 론

신·재생에너지라고 불리는 대체에너지는, 무공해, 무한정의 다양한 자연에너지의 특성과 이용기술을 활용하여 화석연료를 사용하는 기존에너지를 대체하는 에너지이다. 이러한 배경으로 풍력 및 태양광 발전의 기상조건과 운전특성을 고려한 풍력 및 태양광으로 구성된 복합 발전시스템의 연구개발이 추진되고 있으며 두 시스템이 일간, 연간으로 서로 상반된 기상특성을 가지고 있으므로 상호보완적으로 활용한다면, 에너지를 보다 효율적으로 이용할 수 있을 것으로 기대된다<sup>[1]</sup>. 이에 따라 우리 대학에 있는 풍력 및 태양광 발전 시스템의 데이터를 수집하여 일사량, 온도, 풍속, 풍향 등의 기상조건의 변화에 따른 데이터를 비교 하여 목포해안지역에 적합한 복합발전 시스템을 제안해보고자 한다.

## II. 이론적 고찰

### 2.1 풍력 발전 시스템

풍력발전이란 공기의 유동이 가진 운동 에너지의 공기 역학적 특성을 이용하여 회전자(rotor)를 회전시켜 기계적 에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지로 전기를 얻는 기술이다.

#### 2.1.1 풍력발전 특성

$P_w$ 는 바람이 갖는 에너지 총량이며 식(1)은<sup>[2][3]</sup>

$$P_r = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho VA) V^2 = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (1)$$

$P_r$ , 회전자의 동력계수 및 발전효율 등을 나타내는 풍력발전시스템의 평균 풍력에너지이며  $P_r$

는 회전자에 의해 바람에너지가 기계적인 에너지로 변환하는 과정에서 동력전달계수  $n_m$ 과 발전기의 효율  $n_g$ 가 포함되어 식(2)와 같이 되며 실제 이용 가능한 출력  $P_e$ 를 나타낸다.

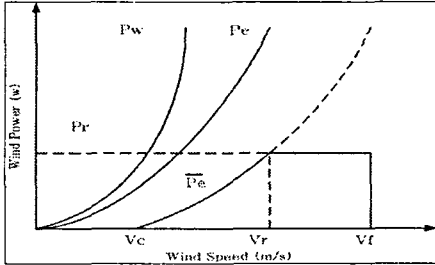


그림. 1 Output of wind power system

$$P_e = C_p n_m n_g P_w = C_p n_m n_g \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2)$$

Betz이론에 의한 이상적인 회전자에서 발생되는 에너지  $P_e$ 는  $P_w$ 에 0.59를 곱한 것으로 표현된다. 그러나 실제 풍력발전기의 기계적인 마찰 및 손실이 있기 때문에 풍속이 증가하여 회전자에 발생하는 토크(torque)가 기계적인 마찰 및 손실보다 크게 될 때 회전자가 회전하게 된다. 이때의 풍속을 시동풍속( $V_c$ )이라 한다. 시동풍속 이후 풍속이 증가하면 풍력발전기의 출력이 정격출력( $P_r$ )으로 되며 이때의 풍속을 정격풍속( $V_r$ )이라 한다. 풍력발전기의 출력이 정격이 되면 그 이상의 풍속에서는 풍력발전기의 출력은 일정하게 유지한다. 정지풍속( $V_f$ )에서는 풍력 발전기의 안전을 고려하여 풍력발전기의 운전이 중단되게 된다. 일반적으로 시동 풍속은 회전자의 내부 저항 등에 의해서 24[m/s] 정도로 되며 정지 풍속은 연간 출력과 구조강도에 의한 경제성을 고려할 때 통상 15~20[m/s]이다.

2.2 태양광발전시스템

태양광 발전은 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식으로 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환장치로 구성된다.

다음 그림은 solar cell의 등가회로를 나타낸 것이다.

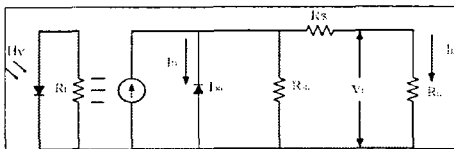


그림. 2 The equivalent circuit of solar cell

2.3 복합 발전시스템

다음 그림은 복합 발전 시스템은 풍력발전기, 태양전지, 축전지 인버터 등이 주된 구성요소가 된다. 그 외에 각종 측정 입출력 제어 및 부하 스위칭 설비 제어장치 등으로 구성된다. 데이터 수집에 이용된 우리대학에 설치되어 있는 복합발전 시스템의 구성도이다.

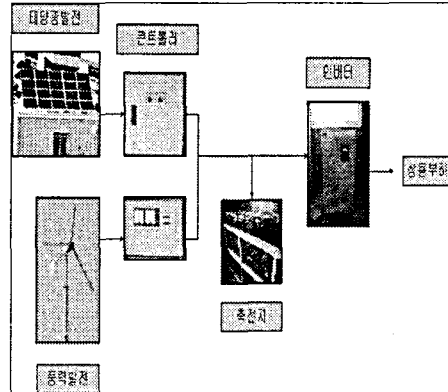


그림. 3 Wind and solar combination power systems

III. 검토

3.1 풍력발전시스템데이터분석

(단위:m/s)

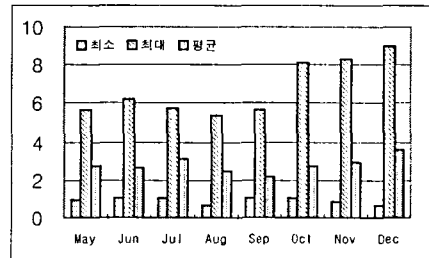


그림. 4 Average wind speed (2003)

그림.4은 2003년도 5월~12월까지 목포해안지역의 풍속데이터를 측정하여 월별 최대, 최소, 평균 풍속으로 나타낸 것이다. 5월~12월까지의 평균 풍속은 2.78[m/s]이며 8월, 9월에 평균풍속 2.48[m/s], 나타났다. 12월에 평균풍속이 3.58[m/s]을 보였으며 10월부터~12월까지 최대평균풍속이 8[m/s]이상 나타났으며 10월~12월까지 평균풍속이 증가하는 것을 알 수 있다.

(단위:m/s)

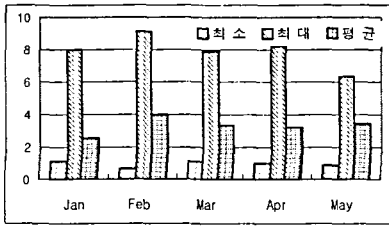


그림. 5 Average wind speed (2004)

그림.5은 2004년도 1월~5월까지 목포해안지역의 풍속데이터를 측정하여 월별 최대, 최소, 평균풍속으로 나타내었다. 1월~5월까지의 평균풍속은 3.32[m/s]이며 2월에 평균풍속이 3.98[m/s] 보였다.

(단위:kWh)

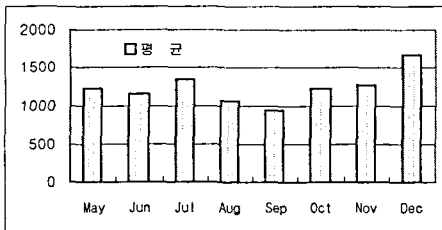


그림. 6 Average wind power (2003)

그림.6는 2003년도 5월~12월까지 풍력발전량을 월별 평균으로 나타내었다. 2003년도 풍력발전량은 12월에 가장 많은 1677.3[kWh] 생산되었다. 총 발전량은 9871.8[kWh]이고 월평균 생산량은 1233.98[kWh]로서 가장 적은 발전량과 약 283.59[kWh]의 차이를 보이는 것을 알 수 있으며 이런 부족한 부분에 대해서는 태양전지로 보완하여 월평균 발전량을 생산하여 전력이 부족한 일을 방지 할 수 있을 것이라 사료된다.

(단위:kWh)

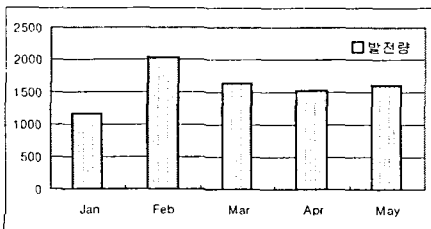


그림. 7 Average wind power (2004)

그림.7는 2003년도 1월~5월까지 풍력발전량을 월별 평균으로 나타내었다. 2004년도 총 발전량은 7968.9[kWh]이고 월평균 생산량은 1593.8[kWh]로서 가장 적은 달의 발전량과 약 446.88[kWh]의 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

### 3.2태양광발전 시스템 데이터 분석

(단위:W/m<sup>2</sup>)

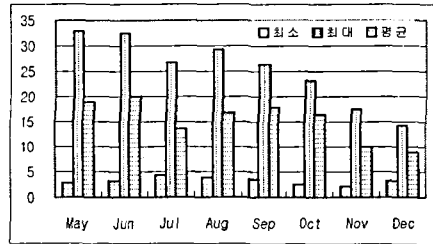


그림. 8 Average insolation (2003)

그림.8은 2003년도 5월~12월까지 목포해안지역의 일사량을 측정하여 월별 최대, 최소, 평균일사량으로 나타내었다. 2003년도 최대 일사량은 5월의 32.73[W/m<sup>2</sup>]로 측정되었으며 가장 일사량이 부족한 달은 12월로써 9[W/m<sup>2</sup>]임을 알 수 있다. 여름과 초가을인 8월~10월이 일사량이 평균적으로 높은 것으로 나타났다.

(단위:W/m<sup>2</sup>)

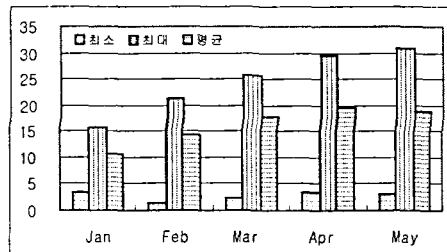


그림. 9 Average insolation (2004)

그림.9은 2004년도 1월~5월까지 목포해안지역의 일사량을 측정하여 월별 최대, 최소, 평균일사량으로 나타내었다. 최대 일사량은 5월의 31.00[W/m<sup>2</sup>]로 측정되었으며 가장 일사량이 부족한 달은 1월로서 10.49[W/m<sup>2</sup>]임을 알 수 있다. 평균 일사량 16.23[W/m<sup>2</sup>]에 비하여 겨울철인 1월 일사량이 평균적으로 가장 낮은 것으로 나타났다.

(단위:kWh)

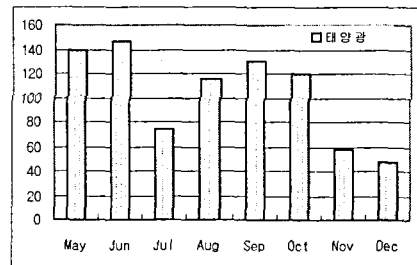


그림. 10 Average solar power (2003)

그림.10은 2003년도 5월~12월까지 태양광 발전량을 월별 평균으로 나타내었다. 총 발전량은 833.4[kWh]이고 월평균 발전량은 104.18[kWh]임을 알 수 있으며 12월에 가장 작은 48[kWh]을 발전 한 것을 알 수 있다.

여름철인 7월에 발전량이 적은 이유는 1971년부터 2000년까지 30년간 기상청 자료에 의하면 월별로 평균한 월평균 값인 평균 강수량이 목포지역에서는 214.1[mm]로 나타나 있다. 그러나 2003년 7월 강수량이 402.4[mm]로 두배 가까이 많은 강수량을 보였으며 이로 인해 일조시간의 부족으로 인하여 발전량이 적은 원인이 사료된다.

(단위:kWh)

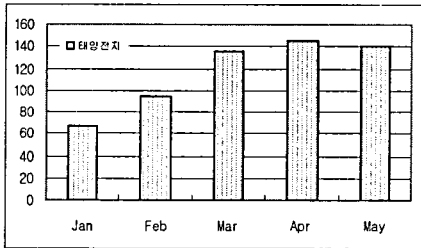


그림. 11 Average solar power (2004)

그림.11은 2004년도 1월~5월까지 태양광 발전량을 월별 평균으로 나타내었다. 총 발전량은 581.7[kWh]이고 월평균 생산량은 116.34[kWh]임을 알 수 있으며 가장 발전량이 적은 1월과 49.74[kWh]의 차이를 보이며 계절별 특성을 많이 작용 하는 것을 알 수 있다.

### 3.3복합발전 시스템 데이터 분석

(단위:kWh)

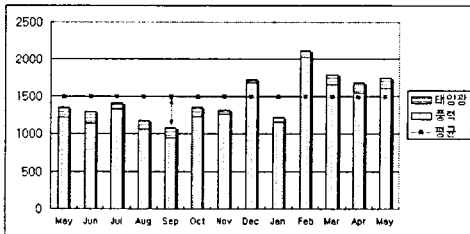


그림. 12 Average wind and solar power systems

그림.12은 풍력 및 태양광발전의 복합발전량과 평균발전량을 나타내었다. 한국전력공사의 2004년도 에너지 통계 조사결과<sup>[4]</sup>에 의하면 목포지역 가구당 월평균 전력사용량은 전체 201[kWh]로 나타나있다. 가구당 일일 전력사용량은 약 7[kWh]이므로 본 시스템의 평균 발전량 1481.22[kWh]은 약 7가구가 월평균 사용할 수 있는 전력량임을 알 수 있다.

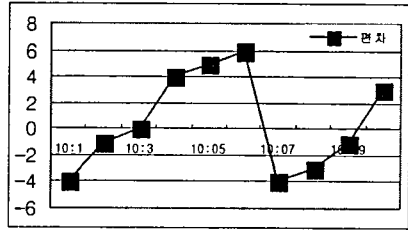


그림. 13 Average wind and solar power systems

분산을 통해 데이터를 정리하여 보았으며 풍력 발전 10[kW]를 기준으로 태양광발전을 1[kW]~10[kW]까지 복합발전량을 비교 결과 가장 편차의 차이가 작은 3[kW]가 가장 이상적이라고 예측되어 진다.

## IV. 제 안

풍력발전을 기준으로 태양광발전의 복합발전량을 통한 발전량의 비율로써 가장 발전량이 적은 9월 복합발전량이 1080.9[kWh]로 평균발전량 1481.22[kWh]에 비해 400.32[kWh] 부족한 것을 알 수 있으며 태양광1[kWh]의 월별 평균발전량이 108.85[kWh]이므로 3~4[kWh] 보완하면 태양광발전량이 월평균 435.4[kWh]가 더 발전되어 전력이 부족한 현상을 방지할 수 있는 것을 예측 할 수 있다.

1. 풍력발전 10[kW]를 기준으로 태양광발전을 1[kW]부터 10[kW]까지 복합발전량을 분산분석 비교한 결과 가장 편차가 작은 3[kW]가 가장 이상적이라고 예측되어 진다.

2. 향후 과제로는 생산된 잉여 전력을 우리대학 내에 가로등 등에 이용 할 수 있는 방안 검토와 더불어 본 논문에서 제안한 3~4[kW]의 풍력 및 태양광발전 시스템을 설치하여 예측한 데이터와 동일한지를 알아볼 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] 유권중외, "태양광·풍력 복합발전 시스템 최적 구성과 평가", 전력전자학회논문집, 17-19 1997.
- [2] 박세준, "태양광/풍력 복합발전시스템의 독립운전방식에 관한 연구" 동신대, 학위논문, 2004.
- [3] 정병환, "태양광·풍력·디젤 복합발전을 위한 전력균형제어에 관한 연구" 건국대, 학위논문, 2003.
- [4] 한국전력공사 "http://www.kepco.co.kr/cyber"