

우리나라의 지형 및 풍속을 고려한 풍력발전

(Considering the terrain and wind speed wind force generation)

최 준 영 • 최 홍 규 • 이 근 무 • 최 경 한 • 임 명 환 • 최 신 권 • 이 정 렬 • 황 상 구

(June-Young Choi* • Hong-Kyoo Choi • Guen-Moo Lee • Kyung-Han Choi • Myung-Hwan Lim
• Shin-Gwon Choi • Jung-Youl Lee • Sang-Gu Hwang)

요 약

최근 교토의정서 협약 체결 후 전 세계적으로 각종 환경 관련 규제가 강화되고 있으며, 고유가에 따른 지속 가능한 에너지원의 필요성 확대에 따른 재생에너지분야의 연구가 집중적으로 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 재생에너지 분야 중 풍력발전시스템에 적용하고자 우리나라의 지형 및 풍속을 조사·분석하여 풍력에너지를 검토해보고자 한다.

Abstract

each kind environment connection regulation is solidified worldwide after kyoto protocol recently, and research of revival energy field by necessity extension of source of energy that continuance is possible that follow to high oil price is consisting concentrically. In treatise that see hereupon to apply to wind force development system of revival energy field topography of our country and wind speed investigation · analyze and examine wind force energy wish to .

Key Words : power energy, wind speed, wind force development system

1. 서 론

1997년 12월 교토의정서에 의해 지구 온난화의 주범인 온실가스에 대한 배출규제가 구체화 되어 선진국 38개국이 2008년부터 5년 동안 온실 가스를 1990년 대비 평균 5.2%(유럽 8%, 미국 7%, 일본 6%) 감축키로 한 바 있어 선진국에서는 재생에너지 보급에 박차를 가하고 있는 실정이다.

우리나라도 2018년부터는 교토의정서를 이행하여야 하며 1990년부터 1996년의 CO2 배출량 증가율이 75%로서 세계 1위를 기록하고 있는 우리나라는 에너지 소비증가량이 선진국의 4~5배에 이르며 낮은 에너지 효율과 높은 석유 및 석탄 의존도(80% 이상)에 의해 온실가스 방지 정책 및 기술개발에 대한 노력이 절실하여 산업자원부에서는 국가에너지 사업의 정책으로 지역에너지사업 및 대체에너지 시범 보급 사업을 수행하고

있다. 이러한 재생에너지 분야의 적극적인 투자 및 노력에도 불구하고 우리나라는 국토가 협소하고 계절에 따른 기단의 영향으로 인해 돌풍이 자주 발생하며, 상시에는 저풍속이 불고 있으므로 풍력발전시스템을 하기에는 비교적 제한이 많은 편이다. 그러나 태양광이나 다른 재생에너지에 비해 설치면적 및 초기투자비용이 작으므로 팔시할 수 없는 분야이다.

이에 본 논문에서는 우리나라의 지형 및 풍속을 조사·분석하여 우리나라에서 상시 불고 있는 바람이 가지는 동력에너지를 검토해보았다.

2. 본 론

2.1 우리나라의 지형적 특색

우리나라는 국토가 협소하고 대부분이 산악지역으로 둘러 쌓여있어 풍력발전시스템에 최적인 편

서풍은 불지 않는다. 이에 본 논문에서는 중소형 풍력발전시스템의 동력에너지를 계산하기 위하여 기상청 data를 근거로 평균 풍속이 3m/s이상인 부산, 대관령, 군산, 목포, 제주도(고산) 지역을 선정하였다. 평균 풍속을 3m/s이상인 지역으로 선정한 이유는 국내에서 생산하고 있는 블레이드의 조건상 cut-in이 3m/s이므로 위와 같이 선정하였다. 표 1은 선정된 지역의 풍속 및 기후 조건을 나타낸 표이다.

표 1. 선정된 지역의 풍속 및 기후조건^[3]
Table 1. select of elect area and climate condition

지역	평균기온 (°C)	평균풍속 (m/s)	평균증기압 (hPa)	해면기압 (hPa)
부산	14.4	4.0	13.2	1015.7
대관령	6.4	3.9	9.1	1018.3
군산	12.6	3.9	13.2	1016.5
목포	13.8	4.2	13.5	1016.8
고산	15.5	6.9	15.4	1015.7

2.2 동력 에너지

바람은 공기의 흐름이므로 바람이 갖는 에너지는 운동에너지이다. 따라서 질량 m , 속도 V 의 물질이 가지는 운동에너지는 식 (1)과 같다.

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

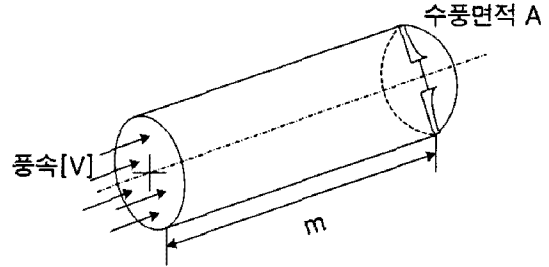
동력에너지는 단위시간당의 에너지로 정의되므로 운동에너지의 식을 동력에너지로 변환하면 식 (2)와 같다.

$$P_{IN} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dm}{dt} \cdot V^2 \quad (2)$$

여기서, 그림 1과 같이 면적 A 를 통과하여 속도 V 로 흐르고 있는 공기유관을 고려하면 $\frac{dm}{dt}$ 는 유

관속의 기류의 질량유량을 나타내고 있다. 그러면 유관내의 질량은 유관내의 체적과 공기밀도의 곱 $\rho(AV)$ 와 같다.^[5]

그림 1. 바람의 흐름과 질량 유량과의 관계
fig 1. With flowing of wind relation with mass flux



따라서 유관내의 기류의 단위시간당 질량유량 $\frac{dm}{dt}$ 은 ρAV 가 된다. 따라서 식 (2)의 $\frac{dm}{dt}$ 에 ρAV 를 대입하면 식 (3)이 된다.

$$\begin{aligned} P_{IN} &= \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_w^2 [W]^{[2]} \\ &= \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot A \cdot V_w) \cdot V_w^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_w^3 [W] \quad (3) \end{aligned}$$

여기서, ρ : 공기밀도 [kg/m^3]

국제표준대기 = 1.225

A : 수평면적 [m^2]

V_w : 같은 세기의 풍속 [m/s]

M : 공기의 질량유량 [kg/s]

식 (3)은 바람의 에너지 해석에 있어서 가장 중요한 식으로 바람의 에너지는 블레이드 길이 제곱에 비례하고 풍속의 3제곱에 비례한다.

그림 2는 풍속 및 이상적인 풍차에 대한 바람의 에너지밀도 관계를 나타낸다. 여기서, 공기밀도 ρ 의 값은 기온과 기압에 따라 변화하지만 평지(1기압, 15°C)에서의 평균값인 국제표준대기압 1.225 [kg/m^3]를 이용하였다.

그림 2. 바람의 에너지밀도
Fig 2. Energy density of wind

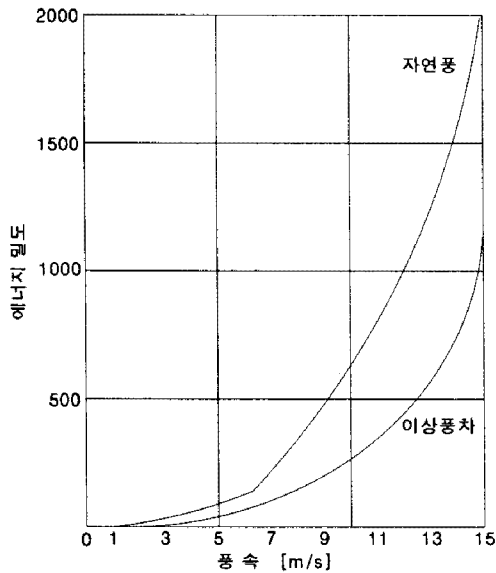


표 2. 선정된 지역의 공기밀도
Table 2. Air density of elect area

지역	평균기온 (°C)	평균증기압 (hPa)	해면기압 (hPa)	공기밀도 (kg/m³)
부산	14.4	13.2	1015.7	1.225
대관령	6.4	9.1	1018.3	1.265
군산	12.6	13.2	1016.5	1.234
목포	13.8	13.5	1016.8	1.229
고산	15.5	15.4	1015.7	1.220

그러나 바람의 이론적 에너지를 모두 추출해 내는 것은 풍차후방의 흐름이 완전히 정지하는 것을 의미하며, 물리적으로 의미가 없다. 따라서 바람으로부터 실제 추출할 수 있는 에너지 P에는 한계가 있다는 것을 알 수 있다.

2.3 공기 밀도 ρ

공기 밀도 ρ는 식 (4)로 표현된다.

$$\rho = \left[\frac{1.293}{(1 + 0.00367t)} \right] (P/1013)(1 - 0.378e/P)^{1/4} \quad (4)$$

여기서, t : 기온 [°C]

P : 기압 [hPa]

e : 대기증기압 [hPa]

대기증기압 e는 전체의 1%이하에 지나지 않지만 기온의 1일 중의 변화(5 ~ 10°C)에 따라서는 공기밀도 ρ는 2 ~ 4%까지 변화 할 수 있다.

기압은 고도차 100m당 약 10[hPa]정도 감소하고, 공기밀도 ρ는 약 1%정도 감소한다.^[4]

단, 고도차 100m당 기온은 약 0.6[°C]정도 낮아지므로 기압과 기온 모두를 고려하여 예를 들어 계산하면 100m 높이에서는 평지와 비교하여 공기밀도 ρ는 약 7%정도 줄어든다.

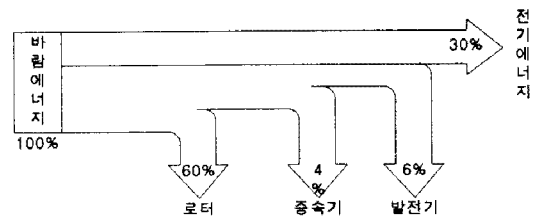
표 2는 선정된 지역의 기후조건을 바탕으로 식 (4)를 바탕으로 각 지역의 공기밀도 ρ를 계산한 것이다.

2.4 풍차의 효율 및 기계적 요인

자연풍으로부터 풍차에 의해 추출되는 동력의 비율을 출력계수 C_p 라고 하고, 실제의 풍차로터의 기계적 에너지로서 측정된 경우, 실제로 40%를 넘는 경우는 적다. 이 풍차의 출력을 전력이나 동력으로 변환하면 전달효율과 발전기 또는 전동기의 효율에 의존하므로 이용하는 동력은 더욱 감소한다. 또한, 실제의 풍차가 야외에서 경험하는 풍속이나 풍향의 변동으로 인하여 이용 가능한 출력은 더욱 감소하게 된다. 그림 3으로부터 풍력발전으로 자연에너지로부터 추출할 수 있는 에너지는 약 30%정도인 것으로 나타난다.

그림 3. 풍력발전의 각종 손실

Fig 3. Each kind loss of wind force development



2.5 지역별 동력에너지 검토

중·소형 풍력발전시스템(블레이드의 길이 6m, 15m, 25m 선정, 전체 효율 30%)을 구동하기 위하여 3.5m/s이상의 바람이 불어오는 지역별 동력에너지를 검토하고 위의 식 (3)과 표 1, 2의 data를 근거로 하여 각 지역의 동력에너지를 계산한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 각 지역별 풍력에너지
Table 3. Each area wind force energy

지역	부산	대관령	군산	목포	제주도 (고산)
ρ [kg/m ³]	1.225	1.265	1.234	1.229	1.220
평균 풍속 [m/s]	4.0	3.9	3.9	4.2	6.9
6m [kw]	1.995	1.909	1.863	2.317	10.199
15m [kw]	12.469	11.934	11.641	14.481	63.741
25m [kw]	34.636	33.151	32.338	40.226	177.059

따라서 같은 조건하에서 동력은 풍속 V^3 및 수 풍면적 $A(=\pi r^2)$ 에 비례하므로 블레이드의 길이가 길수록 보다 많은 동력을 발전하는 것을 확인할 수 있다. 또한 공기밀도 ρ 는 고도가 높을수록 높아지는 것을 확인할 수 있다.

2.6 환경적 제한 및 문제점

본 논문에서 제시한 지역 중 제주도 고산지역을 제외한 지역의 평균 풍속은 4m/s이하이므로 중·소형 풍력발전시스템이 아닌 대형 풍력발전시스템에서는 전압강하 및 소음, 효율감소 등으로 인하여 구동률이 현저히 저하될 것으로 사료된다.

또한 우리나라는 국토가 좁아 설치장소에 많은 제약을 받고 있는 실정이다. 따라서 대형 블레이드를 설치할 경우 블레이드 구동시 나오는 파장이 길어져 소음이 커질 것이므로 사람이 거주하는 지역에는 설치할 수 없다. 이러한 문제점들을 고려해 볼 때 우리나라에 적합한 풍력발전 시스템은 대형 풍력발전시스템보다는 중·소형 풍력발전시스템이라고 사료된다.

이에 본 논문에서는 우리나라의 환경적 제한 및 문제점을 고려하여 중·소형 현수형 풍력발전시스템을 제안하고자 한다.

3. 결론

교토의정서 체결 후 세계적으로 환경규제가 강화되고 있으며, 고유가 시대에 대체 자원으로 적

합한 풍력시스템을 활용하고자 우리나라의 풍속 및 기후조건 등을 고려하여 풍력시스템을 설치하기에 적합한 장소를 선택하여 풍력에너지를 검토해보았다.

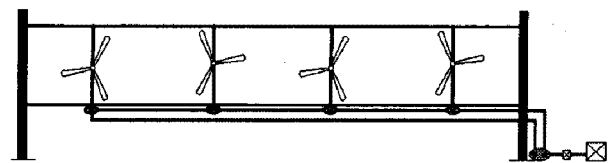
본 논문의 표 3에서 나타나는 바와 같이 우리나라는 좁은 국토와 산악지형, 일정치 않은 방향의 저풍속으로 인하여 풍력발전시스템을 설치하기에 최적의 조건은 아니라고 사료된다.

기존의 대형 풍력발전시스템의 경우 풍력발전기 1대당 1개의 지지대를 사용하여 초기 공사비 굉장히 큰 반면 저풍속에서는 구동이 되지 않으므로 효율은 굉장히 낮은 편이다. 이에 본 논문에서는 2개의 지지대에 현수형으로 보다 많은 중·소형 풍력발전기를 설치하여 초기투자비용을 감소하고 저풍속에서도 구동이 가능하여 효율을 높일 수 있는 현수형 풍력발전기를 제안하고자 한다.

따라서 본 논문에서는 우리나라의 풍속 및 지형 특색에 적합한 중·소형 현수형 풍력발전시스템을 개발하여 우리나라의 환경에 적합한 풍력발전시스템을 개발할 필요가 있다고 사료된다.

그림 4는 본 논문에서 제안하고자하는 중·소형 현수형 풍력발전시스템이다.

그림 4. 중·소형 현수형 풍력발전시스템
Fig 4. Medium-sized and Small suspension style wind force generation



참고 문헌

- 이정오 외, "풍력 이용에 관한 종합연구", 과학기술처, STF-74-2, 1975
- 강주성 외 4명 "풍력발전기용 최대전력점 추종제어기에 관한 연구" 2006년도 전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 2006, pp. 345~349
- "1971~2000년 기후자료 (평균풍속)" 기상청, 2008
- Herbert E. Merrit, "Hydraulic Control System", John Wiley & Sons, Inc, 1967, pp.145~150
- 고경남 · 허종철 공저 "풍력공학입문"