

표지방의 고층풍력에너지의 분포특징에 대한 연구

김수성

고층바람은 지면바람보다 속도가 빠르고 풍향도 일정하여 풍력에너지의 리용효율이 아주 높다. 특히 고층바람을 리용하는 고층풍력발전기의 발전효율은 평균 60%이상이며 원가도 지상풍력발전기의 절반수준에 불과할만큼 경제적효과성이 높은것으로 하여 현재 세계적으로 주목되고있는 다음세대 동력설비의 하나이다.

이러한 고층풍력에너지는 일반적으로 풍력밀도를 리용하여 평가한다.[1, 2]

풍력밀도는 수평방향에서 단위시간동안에 단위면적을 통하여 흐른 공기량으로 결정되는데 다음과 같이 계산한다.

$$W = V^3 \rho / 2$$

여기서 V 는 해당하는 높이에서 바람속도, ρ 는 공기밀도(표준공기밀도, 1.225kg/m³, 6 000m이상에서 약 0.44kg/m³)이다.

선행연구[3, 4]에서 풍력밀도는 지역에 따라 다른데 가장 높은 지역에서는 100m이상의 높이에서는 6kW/m², 1 000m이상의 높이에서는 10kW/m²이상에 달한다고 하였다. 특히 1979~2006년까지의 위성 및 고층기상관측자료에 기초한 세계적인 고층풍력자원평가에 의하면 지면으로부터 2km이상의 높이에서부터 풍력밀도는 급격히 증가하며 대류권과 성층권경계층에 해당하는 대류권계면에 최대풍력밀도가 존재한다는것이다.

논문에서는 교지방 기상관측소의 지면(1981-2010년) 및 고층(2009-2011년)바람관측 자료를 리용하여 교지방의 고층풍력자원에 대한 분포특성에 대하여 서술하였다.

지난 30년간의 지면바람관측자료를 분석해보면 교지방의 년평균바람속도는 1.5m/s(최대 2.2m/s, 최소 1.4m/s)로서 풍력밀도로 환산하면 약 2.06W/m²정도이다. 이것은 풍력발전을 위한 시동풍속이 5m/s이상이라는것을 고려할 때 교지방에 지상풍력발전기의 정상운영에 필요한 바람자원이 절대적으로 부족하다는것을 말해준다. 한편 년평균무풍출현빈도율은 8.7%로서 리용가능한 지상풍력자원이 지난 기간에 비하여 약간 감소되고있다. 지난 3년간(2009-2011년)의 고층바람관측자료를 분석한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 교지방의 높이에 따른 계절 및 년평균바람속도(m/s)

높이/m	겨울	봄	여름	가을	년평균
150	3.2	3.0	2.5	3.0	2.9
1 500	9.0	8.1	5.7	5.5	7.0
3 000	17.5	12.4	7.8	8.5	11.5
5 500	23.3	18.9	12.5	17.5	18.1
7 000	30.1	22.7	17.4	23.9	23.5
9 500	34.7	26.4	21.2	33.8	29.1
12 000	47.8	28.5	32.0	35.6	35.9

표 1에서 보는바와 같이 바람속도는 높이에 따라 점차적으로 증가하는데 12 000m에서는 무려 47.8m/s에 달한다. 계절별로 볼 때 바람세기는 가을과 겨울철에 강하고 여름철에 비교적 약하며 봄과 여름철에 높이에 따르는 평균바람속도는 년평균바람속도와 유사하지만 겨울과 여름철에는 명백한 차이를 가진다. 이러한 특성은 풍력밀도의 세기에 그대로 반영된다.

한편 지상으로부터 300m~500m높이에서의 평균바람속도는 5.6m/s(평균풍력밀도 132W/m²)로서 지면바람에 비하여 약 4배정도 강하다. 특히 겨울철평균바람속도는 7m/s, 평균풍력밀도는 209W/m²로서 년중 제일 큰 값을 가진다. 표지방에서 높이에 따르는 바람속도의 증가와 함께 평균풍력밀도는 3km이상의 높이에서부터 kW급으로 급격히 증가(표 2)하는데 이것은 세계적인 고층풍력밀도분포와도 비교적 잘 일치된다.

표 2에 기초하여 계산한 결과 표지방의 높이에 따르는 년평균풍력밀도는 4 953W/m²정도인데 계절별로 보면 겨울철에 9 508W/m², 봄철에 3 102W/m², 여름철에 2 346W/m², 가을철에 4 855W/m²이다. 년평균고층풍력밀도는 겨울과 가을철에 봄과 여름철보다 크며 특히 겨울철인 경우 고층풍력밀도는 봄철의 3배, 여름철의 5배에 달한다. 바람방향은 계절에 따라 변하는데 겨울과 봄철에는 주로 북서풍이, 여름과 가을철에는 주로 남서풍이 우세하다.(표 3)

표 2. 표지방의 높이에 따르는 풍력밀도분포(W · m⁻²)

높이/m	겨울	봄	여름	가을	평균풍력 밀도
150	20.1	16.5	9.5	16.5	14.9
1 500	446.1	325.2	109.4	101.8	245.6
3 000	3 279	1 166.8	290.4	375.8	1 278
5 500	7 741.4	4 131.7	1 195.3	3 279.9	4 087.1
7 000	5 999.5	2 573.3	1 158.9	3 003.4	3 183.7
9 500	13 579.1	5 979.9	3 009.8	12 549.4	8 779.5
12 000	35 494.9	7 523.5	10 649.6	14 664.1	17 083.0

표 3. 표지방의 높이에 따르는 바람방향(°)

높이/m	겨울	봄	여름	가을	년평균
150	223	213	152	195	195.7
1 500	282	258	189	190	229.7
3 000	294	275	207	223	249.7
5 500	289	282	257	268	274
7 000	293	283	256	275	276.7
9 500	279	278	257	275	272.2
12 000	277	290	262	272	275.2
평균바람방향	276.7	268.4	225.7	242.5	253.3

맺 는 말

표지방의 고층평균바람속도는 300m~500m이상에서 5m/s이상으로서 지면바람속도에 비하여 4배이상 높으며 표지방에서 리용가능한 고층풍력밀도는 다른 계절에 비하여 겨울철에 약 2~3배정도 높다.

참 고 문 헌

- [1] C. L. Archer et al.; Energies, **2**, 2, 307, 2009.
- [2] G. Ren; Geographical Research, **28**, 6, 1583, 2009.
- [3] M. G. Bronstein; Technological Forecasting and Social Change, **78**, 4, 736, 2011.
- [4] L. M. Miller; Earth Syst. Dynam., **2**, 201, 2011.

Distribution Feature of Higher Layer Wind Energy in “표” Area

Kim Su Song

According to assay about higher layer wind distribution feature of “표” area, the speed of the average wind at the height of 300~500m is above 5m/s and it is 4 times faster than the speed of the wind in the ground.

In “표” area, the higher layer wind force to be used is 2~3 times denser in winter specially than the other seasons.

Key words: higher layer wind, wind force density