

## 한가지 수평풍력타빈의 실속조절특성에 대한 연구

윤순철, 신학철

우리는 풍력자원을 적극 리용하기 위하여 중요하게 제기되는 한가지 수평풍력타빈의 출력조절특성에 대하여 논의하였다.

일반적으로 중형풍력타빈의 출력조절은 날개피치조절방식, 실속조절방식, 끝날개에 의한 조절방식으로 진행되고있다.

실속방식은 보조장치들이 없이 일정한 출력을 보장할수 있으므로 제작을 간소화하고 원가를 줄일수 있는 우점으로 하여 최근 널리 리용되고있다.[1]

논문에서는 날개요소운동량리론에 기초한 수평풍력타빈의 출력계산방법을 리용하여 한가지 수평풍력타빈의 실속조절특성을 논의하였다.

### 1. 리론적기초

수평풍력타빈날개의 출력은 날개요소운동량리론에 의하여 다음과 같이 계산할수 있다.[2] 회전자요소흐름고리에서의 밀림힘  $T$ 와 회전모멘트  $M$ 은 다음과 같다.

$$dT = 4\pi\rho r U^2 (1-a)a dr \quad (1)$$

$$dM = 4\pi\rho r^3 U \omega (1-a)a' dr \quad (2)$$

여기서  $\rho$ 는 공기밀도,  $r$ 는 회전중심으로부터 요소고리까지의 거리,  $U$ 는 비섭동바람속도,  $\omega$ 는 회전자각속도,  $a$ 는 축방향속도감응결수,  $a'$ 는 회전방향속도감응결수이다.

한편 요소날개에서의 밀림힘  $dT$ 와 회전모멘트  $dM$ 은 다음과 같다.

$$dT = \rho V_c^2 B c C_x dr / 2 \quad (3)$$

$$dM = \rho V_c^2 B c r C_y dr / 2 \quad (4)$$

$$V_c^2 = U^2 (1-a) + (\omega r (1-a'))^2 \quad (5)$$

$$C_x = C_L \cos \Phi + C_D \sin \Phi, \quad C_y = C_L \sin \Phi - C_D \cos \Phi, \quad \tan \Phi = (1-a)/(1+a')\lambda \quad (6)$$

여기서  $C_L$ ,  $C_D$ 는 날개의 양력결수와 저항력결수,  $B$ 는 날개수,  $c$ 는 요소날개현의 길이,  $\Phi$ 는 상대바람속도와 회전면사이의 각,  $\lambda = \omega r / U$ 는 요소날개의 고속성이다.

식 (1)과 (3), 식 (2)와 (4)가 서로 같다는것을 고려하면  $a$ 와  $a'$ 를 미지수로 하는 방정식  $\frac{a}{1-a} = \frac{Bc C_x}{8\pi r \sin^2 \Phi}$ ,  $\frac{a'}{1-a'} = \frac{Bc C_y}{4\pi r \sin 2\Phi}$ 를 얻는다.

매  $r$ 에서  $a$ 와  $a'$ 를 구하고  $C_p = \frac{8}{\lambda_0^2} \int_0^{\lambda_0} (1-a)a' \lambda^3 d\lambda$ 를 리용하여 출력결수를 계산한다.

여기서  $\lambda_0$ 은 회전자의 고속성이다.

실속방식에 의한 출력조절의 기본원리는 날개의 회전수가 일정한 조건에서 바람속도가 정격속도를 초과할 때 상대바람에 대한 날개의 마중각  $\alpha = \Phi - \beta$  가 날개의 실속각보다 커지게  $\beta$  를 조절함으로써 출력결수를 감소시키는것이다.

날개의 꼬임각배치를 적당히 조절함으로써 정격속도이상의 바람에서 일정한 출력을 얻을수 있는 가능성이 존재한다.

## 2. 계 산 결 과

발전기와 전동장치의 효율을  $\eta = 0.83$  으로 고려하여 계산출력을 120kW로 정하였다.

이때 결정된 회전자직경은  $D = 23\text{m}$  이고 계산된 날개의 기하학적수값들은 표와 같다.

표. 날개의 기하학적수값들

No.	반경 $r/\text{m}$	현 $C/\text{m}$	두께 $t/\text{m}$	꼬임각 $\beta(^{\circ})$	날개형태
1	0.750 0	0.603 9	0.605 7	5.897	원형
2	1.684 8	0.632 8	0.602 5	5.953	NACA63435
3	2.853 3	0.894 9	0.379 7	7.075	
4	4.021 7	0.910 6	0.289 1	3.141	
5	5.190 2	0.848 0	0.221 8	-0.368	NACA63421
6	6.358 7	0.771 7	0.165 9	-2.121	NACA63418
7	7.527 2	0.681 6	0.120 4	-3.087	
8	8.695 7	0.576 9	0.085 8	-3.894	
9	9.864 1	0.458 8	0.058 8	-4.921	NACA63212
10	11.500 0	0.004 7	0.004 7	-6.000	

계산에 리용한 날개의 옆모습은 NACA63xxx계렬로서 그것의 항공력학적특성자료는 그림 1과 같다.

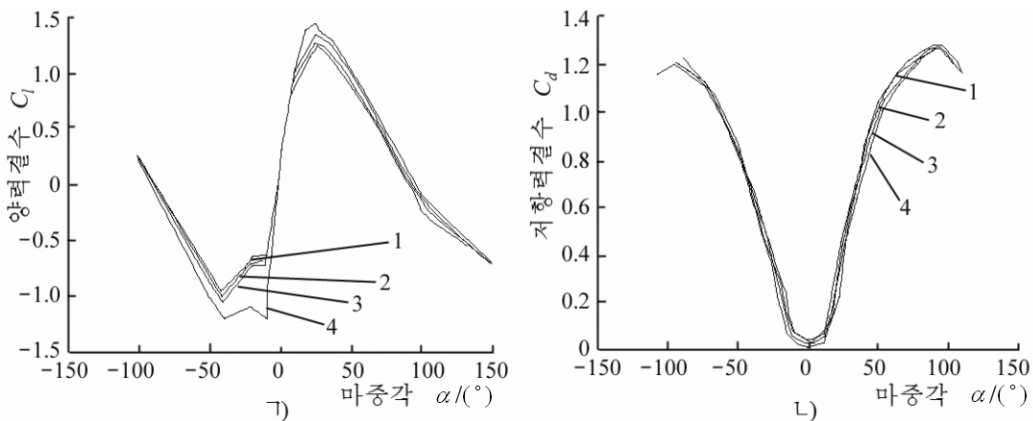


그림 1. 양력( $C_L$ )과 저항력계수( $C_D$ )

1-4는 각각 NACA63435, NACA63421, NACA63418, NACA63212형일 때

서해안지구의 년에네르기밀도가 15m/s근방에서 최대값이 450~480kWh/m<sup>2</sup>이라는것(그림 2)을 고려하여 정격풍속을  $U = 12\text{m/s}$  로 취하고 회전수는  $n = 45\text{r/min}$ , 날개수는 3으로 설정하였다.

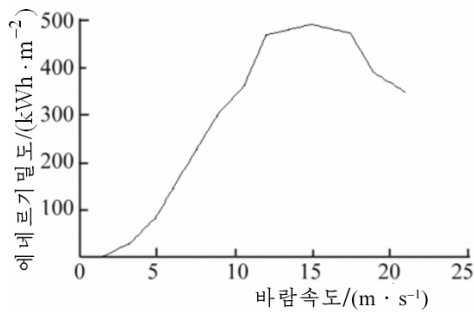


그림 2. 연간 서해안바람에너지밀도분포

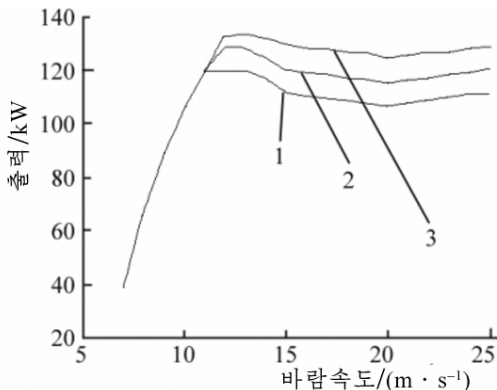


그림 3. 바람속도에 따르는 출력특성

1-3은 각각 설치각이 3.0, 3.5, 4.0° 일 때

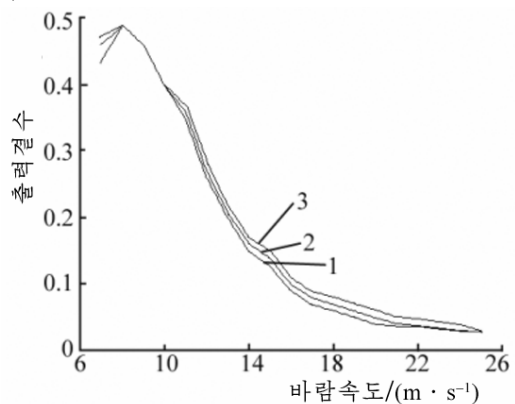


그림 4. 바람속도에 따르는 출력계수

1-3은 그림 3과 같음

바람속도 8m/s근방에서 최대값 0.48을 가지고 정격바람속도 12m/s에서는 약 0.28정도로 된다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. L. Tangler; The 21<sup>th</sup> ASME Wind Energy Conference, 1~7, 2002.
- [2] 陈云程; 风力机设计与应用, 60, 133, 1990.

주체104(2015)년 9월 5일 원고접수

## Characteristics of Stall Regulation of a Horizontal Axis Wind Turbine

Yun Sun Chol, Sin Hak Chol

The characteristics of stall regulation of a horizontal axis wind turbine (HAWT) on the basis of the method of power calculation of HAWT using blade element momentum theory were considered. A geometric parameter of fixed pitch blade with profile of NACA63xxx was determined and the possibility of power regulation of the blade was confirmed through the computational experiment. The HAWT with this blade can produce the power as much as 100kW in range of wind speed 12~25m/s.

Key word: HAWT