

## 수직축 항력형 풍차의 형상설계에 관한 연구

### A Study on Windmill Shape Design for Vertical Axis Drag Type

\*양현대<sup>1</sup>, #안성은<sup>1</sup>, 신중호<sup>2</sup>, 권순만<sup>2</sup>

\*H. D. Yang<sup>1</sup>, #S. E. An<sup>1</sup>(ysjase@naver.com), J.H.Shin<sup>2</sup>, S.M.Kwon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 대학원 기계설계공학과, <sup>2</sup> 창원대학교 기계설계공학과

Key words : Mechanism design, Savonius, Windmill, Air Flow Analysis

#### 1. 서론

인류환경 면에서 가장 많은 변화를 가져오게 한 산업혁명이후 서구 문명국들이 화석연료를 사용함에 따라 온실가스를 무분별하게 배출하고 서구문명들의 산업시설이 개발도상국으로까지 전파되면서 지구온난화가 가속됨에 따라 오존층파괴, 기온상승, 이상기후현상 빈도 증가, 해수면 상승, 해류의 변화, 농작물재배가능 지역의 북상현상, 저지대의 해수침수 등으로 수많은 문제점을 야기하고 있는 실정이다. 이러한 기후변화에 대응하고자 각국은 온실가스 감축기술, 온실가스포집, 저장하는 기술을 개발하고 있다. 신재생에너지 중 전력발전 용량의 비중이 가장 클 뿐만 아니라 최근 각광받고 있는 풍력은 현실적으로 비교적 단기간 내에 시장 확대의 가능성이 가장 높은 에너지원으로 평가받고 있다.

미국의 경우 2030년까지 전체 전력 공급 비중의 20%를 풍력으로 할 계획을 세웠다. 물론 풍력발전을 하기 위해선 넓은 평지와 강한 바람이 있어야 하고 미국에는 이러한 조건을 가진 수많은 장소들이 존재한다. 하지만 미국 역시 전기가 필요로 하는 곳은 바람이세고 넓은 평지가 있는 장소와는 거리가 상당히 멀기 때문에 전력 효율이 떨어지는 현실이다. 대한민국의 경우 평지가 없고 바람이 강하게 부는 장소가 거의 없지만 우리의 실정에 맞는 좁은 부지에서 약한 바람을 이용하여 최대의 효율을 누릴 수 있고 설치비용 등을 고려한 낮은 발전단가가 장점인 풍력발전기를 연구 개발하여야 한다.

#### 2. 풍력 에너지이론

바람은 공기의 흐름이므로 바람이 갖는 에너지는 운동에너지이다. 질량m(kg), 속도V(m/s)의 물질의 운동에너지 E라고 하면 식(1)과 같다.

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

공기의 흐름에 의한 에너지 파워는 단위시간당의 에너지의 변화량으로 정의되므로 운동에너지의 식을 파워로 변화시킬 수 있으며 식(2)과 같다.

$$P = \frac{1}{2} \cdot (\text{단위시간당 질량변화}) \cdot V^2 = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} V^2 \quad (2)$$

출력계수(power coefficient, Cp)는 자연풍으로부터 풍차를 통하여 얻을 수 있는 에너지의 비율을 말하며 다음과 같다.

$$C_p = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V^3 A} \quad (3)$$

여기서, L은 실제로 얻어진 출력[N · m/s or W, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>], ρ는 공기밀도를 말하며 A, V는 풍차의 바람접촉면적과 풍속을 나타낸다.

#### 3. 형상 설계

본 연구에서는 대형블레이드(수평축) 풍력발전의 단점을 보완한 수직축 항력형 풍차의 형상을 2가지 Model로 다음과 같이 고려하였다.

Model I : 사보니우스형 풍차의 원리는 오목부분과 볼록부분을 엇갈리게 접합한 형태로 항력을 이용하며 반원형 날개에 바람을 받아 회전력을 얻어 발전한다.



(a) Blade (b) Darrieus (c) Savonius

Fig. 1 Types of Windmills

풍력발전용 풍차에는 프로펠러(블레이드)형, 다리우스형, 사보니우스형이 주로 이용되고 있는데, 프로펠러형은 풍속이 12m/s 정도에서 발전이 가능하다는 단점이 있으며, 다리우스형은 4개 이상의 날개가 원주방향에 고정되어 있는 형태로서 회전 반경을 최대로 유지하여 회전 토크를 극대화 하는 장점이 있고, 사보니우스형은 2개의 곡면형상의 날개가 대칭으로 설치된 구조로서 공기의 흐름이 원활하여 유동 에너지를 극대화하는 장점이 있으나 이들은 Cp ≈ 2로 낮은 단점을 갖고 있다.

수직축 풍차의 장점은 바람의 방향에 무관하게 발전이 가능하고 구조가 간단하며, 수평축에 비해 회전속도가 낮아 소음이 작으며, 초기비용이나 유지보수비용이 적다. 이론상 효율은 수평축보다 떨어지나 바람의 방향에 관계없이 발전이 가능하므로 실질적인 발전량은 높은 장점이 있다.

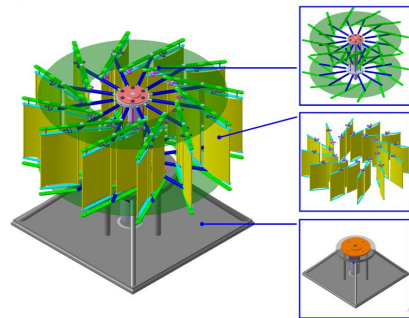


Fig. 2 Design Model I

수직축 항력형 풍차는 사보니우스형을 기본으로 다리우스형을 혼합한 형태로써, 12개의 날개를 다리우스형식으로 원주방향에 배열하고 각각의 날개부에 2개의 분할날개를 사보니우스형식으로 곡면화 하여 설치함으로써, 바람의 흐름을 원활하게 하면서 유동에너지와 회전 토크(운동에너지)를 극대화 하였다.

Model\_II : 구조물형태의 링크 시스템으로 구성되며, 12개의 날개부에 3개의 분할날개를 설치함으로써 시스템의 안전성 및 회전력증대의 효과를 얻을 수 있다.

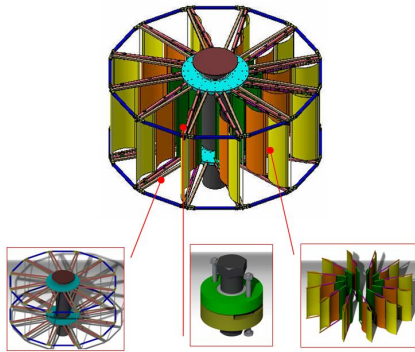


Fig. 3 Design Model II

#### 4. 회전력 전달링크

사보니우스형 풍차(Model I)는 12개의 날개가 공기의 유동에 따라 날개의 각도 및 위치 조정 장치(T링크)를 부착하여 바람의 에너지를 한곳으로 집중시켜 에너지 효율을 증가 시킨다. 그림과 같이 공기의 유동에 의해 A부분과 B부분이 서로 다른 작용을 한다. A부분에서는 날개의 각도에 따라 회전력을 발생시키고 B부분은 날개의 각도가 바뀌면서 공기를 흘려보내는 형식으로 이루어져 있어 공기에 의한 Load를 최대한 활용할 뿐만 아니라 방해요소로 작용하는 것을 최소화 시킨다.

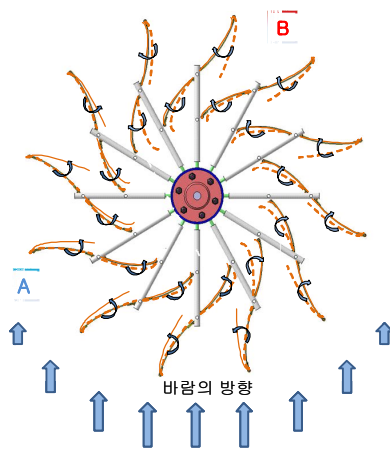


Fig. 4 Alignment of Separated Wings

T-Link System은 바람의 방향에 따라 날개가 각각 좌·우로 회전하면서 바람에너지를 날개에 집중시켜 회전력을 증대시키는 역할을 한다.

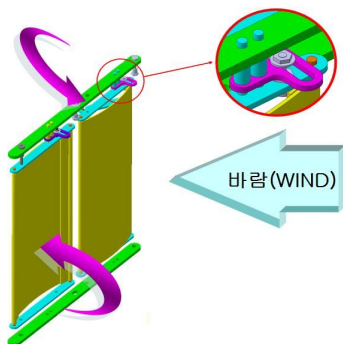


Fig. 5 3D Motion by T-Links

#### 5. 공기 유동해석

상용프로그램인 Gambit 2.4.6, Fluent 6.3.26을 이용하여 Mesh와 해석을 수행하였다. 해석결과 유동의 방향에 수평으로 분포하고 있는 날개에서 유량이 많이 분포되어 흘러들어가며 수직상태의 날개에서는 유량을 밖으로 배출하는 결과를 얻었다.

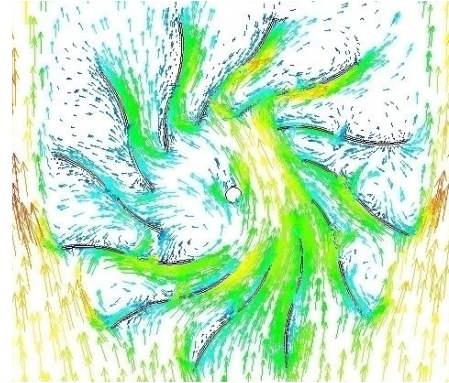


Fig. 6 Results of Flow Analysis

#### 6. 시제품 제작 및 실험

경량화를 위해 전체 구성품의 80%이상을 플라스틱 재질을 이용하여 제작하였으며 이는 낙뢰예방 차원의 역할도 병행한다. 그리고 실제 건물외부에 설치하여 T-Link System에 의해 방향전환 및 회전에 대한 실험뿐만 아니라 풍동실험도 시행하였으며 T링크 시스템에 의해 방향전환 및 회전력을 증대시키면서도 이의 결과 원활하게 회전하는 결과를 얻었다.



Fig. 7 Prototype for Experimental Model I

#### 7. 결론

본 연구에서는 최근 각광받는 신재생에너지사업에서 성장성 및 국내 경제효과가 기대되는 풍력발전 시스템 중 수직축 항력형 풍차의 형상설계에 관하여 연구하였다. 수직축 항력형 풍차의 구조는 터빈의 회전주기 동안 모든 블레이드 날개의 단면에 걸쳐 균일한 힘을 배분하기 때문에, 회전각도의 변화에 따라 각각의 날개에 작용하는 양력과 항력의 합이 거의 균일한 분포를 가지므로 토크 발생이 균일하며, 맥동을 최소화 할 수 있다. 또한, 터빈의 구조와 재료에 작용하는 최대 응력을 최소화 할 수 있으며 스스로 기동할 수 있는 장점이 있다.

현재 국내에는 풍력에 관한 연구가 외국에 비해 미비한 상태이며 이러한 점을 감안해 볼 때 본 수직축 항력형 풍차에 관한 연구는 신재생 에너지 분야에 크게 기여 할 수 있으리라 예상된다.

#### 후기

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았다.