

소형 풍력발전기 타입별 성능 비교

정남균*

*인하공업전문대학

e-mail:nkjung@inhac.ac.kr

Performance Comparison of Small Wind Turbine Types

Nam-Gyun Jeong*

*Dept. of Mechanical Engineering, Inha Technical College

요 약

최근 소형 풍력발전기에 대한 수요가 늘고있고 이에 따라 소형 풍력발전기 개발 및 성능개선을 위한 연구가 증가하고 있다. 소형 풍력발전기는 항력형과 양력형으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 전산유체해석을 통하여 이 두 가지 타입의 발전기 성능을 비교해 보았다. 항력형 터빈의 경우 회전 속도가 증가함에 따라 토크가 감소하나, 양력형의 경우는 토크가 점차로 증가하는 것을 알 수 있었다. 파워 비교에서는 저속에서 양력형의 파워가 항력형 대비 크게 떨어지나 회전속도 증가에 따라 파워가 지속적으로 증가하여 고속에서는 항력형보다 더 크게 나타났다.

1. 서론

석유, 석탄과 같은 화석 연료는 고에너지 밀도를 가지며 산업혁명 이후 전 세계적으로 주된 에너지원으로 사용되어 왔다. 그러나 점차 심각해지는 환경 문제와 화석 에너지 자원의 고갈로 인하여 이를 대체하기 위한 에너지 개발의 필요성이 강조되어 왔으며, 재생 가능 에너지 개발을 위한 노력이 지속적으로 이루어져 왔다. 그중에서 풍력발전은 수력, 태양열 에너지와 더불어 청정 에너지원 중 하나로 주목받고 있고[1], 기후 변화 대응과 에너지 자립을 위한 중요한 대안으로 자리 잡고 있다.

풍력은 바람이 불면 지속적으로 전기를 생산할 수 있어 풍속을 유지하는 지역에서 매우 효율적으로 작동할 수 있으나, 출력 중심의 대형, 고속 발전기의 경우 미관 및 경관 훼손, 소음 문제, 조류 및 생태계 문제 등으로 부정적인 인식이 커지고 있는 실정이다[2]. 최근에는 풍력발전기의 보급과 분산형 발전소의 늘어나는 수요로 소형 풍력발전기에 대한 연구가 증가하고 있는데, 소형 풍력발전기는 지방이나 농촌 지역, 해안가 등에서 대규모 풍력발전소를 구축하기 어려운 경우 중요한 역할을 할 수 있을 뿐만 아니라 내부 구조나 제품 설치가 간단하여 가로등, 건물 옥상 등 도시의 건물과 조화를 이

루며 설치되는 사례가 증가하고 있다[3].

소형 풍력발전기는 크게 항력형과 양력형 두 가지로 유형을 구분할 수 있는데, 항력형 풍력발전기는 바람의 항력을 받아 터빈을 회전시키는 방식으로 비교적 구조가 간단하고 제작이 용이하며 바람의 방향이 변할 때도 쉽게 회전이 가능하지만 낮은 출력계수를 나타내는 경향이 있다. 반면, 양력형 풍력발전기는 바람이 날개의 윗면과 아랫면을 지나갈 때 발생하는 압력차를 이용하여 축을 회전시키는 형태로 항력형보다 출력계수가 높으나 풍속이 낮은 조건에서는 토크가 작아 기동이 어렵다는 단점이 있다.

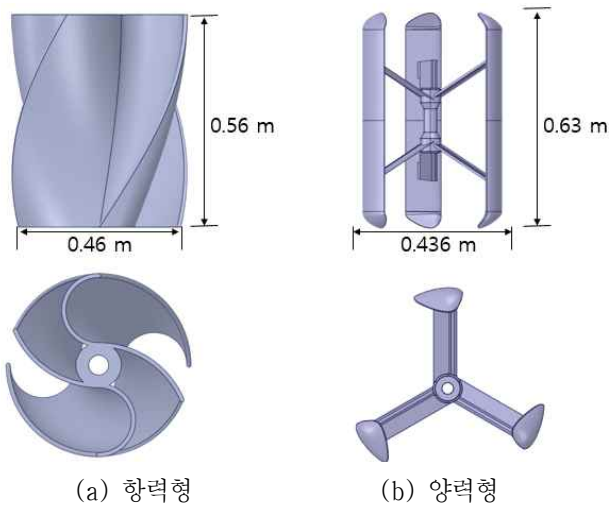
본 연구에서는 다양한 환경에 맞는 풍력발전기 설계를 제안하기 위하여 항력형과 양력형 소형 풍력발전기의 성능을 전산유체해석을 통하여 비교하였다.

2. 본론

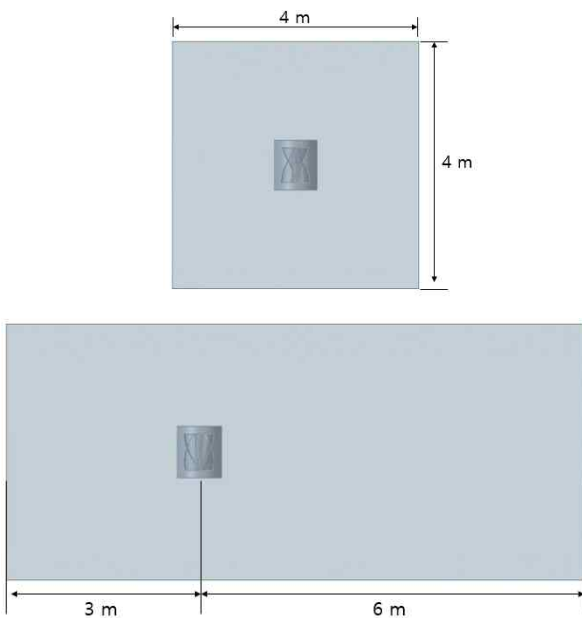
2.1 해석형상 및 격자

그림 1에 해석에 사용된 항력형, 양력형 풍력터빈 형상을 나타내었다. 항력형 블레이드의 사이즈는 0.46m x 0.56m, 양력형 블레이드의 사이즈는 0.436m x 0.63m 이다. 해석영역은 블레이드 주변에서 유동변화가 심하게 발생하고 블레이드의 회전 모사가 필요하므로, 그림 2와 같이 블레이드 근접

영역과 외부영역으로 구분하였다. 외부영역은 직육면체로 모델링하였고, 너비와 높이를 각각 4m, 입구와 출구면이 블레이드 중심에서 각각 3m와 6m 떨어져 있도록 크기를 정하였다. 경계조건은 입구조건으로 균일한 속도조건을 부여하였고, 외부영역의 나머지 경계면에는 유동이 자유롭게 들어오거나 나갈 수 있는 Opening Boundary Condition을 부여하였다. 블레이드 근접영역인 회전 도메인과 외부영역이 접하는 면은 Interface 조건을 부여하였다.

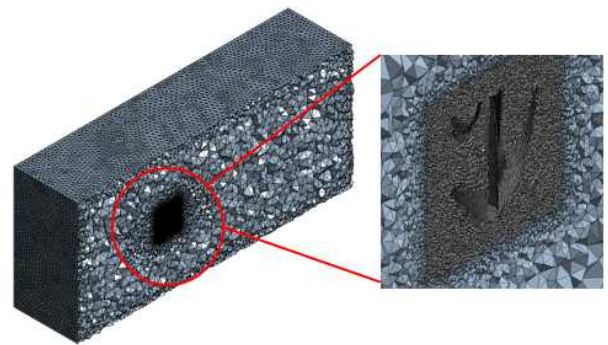


[그림 1] 해석에 사용된 풍력터빈 형상



[그림 2] 해석 도메인

해석을 위한 격자는 그림 3과 같이 블레이드 근접영역에는 해석의 정확도 향상을 위하여 조밀한 격자를 사용하였고, 외부영역에는 계산의 효율성을 위하여 성긴 격자를 사용하였다. 대부분의 영역에서 Tetrahedron 형상의 격자를 사용하였으며, 회전하는 블레이드의 유동 점성효과를 보다 정확하게 고려하기 위하여 블레이드 주변에 경계층 격자를 생성하였다. 해석을 위한 전체적인 격자 수는 5,800,000개 정도로 유지하였다.



[그림 3] 해석용 격자

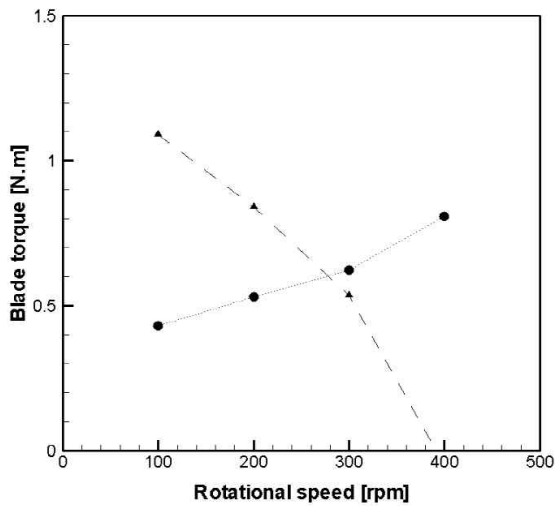
2.2 해석결과

해석을 위한 프로그램으로는 일반적으로 전산유체해석에 널리 사용되는 상용프로그램인 ANSYS CFX를 사용하였다. 전체 해석은 Transient 해석으로 진행하였으며, 시간 간격은 회전속도를 고려하여 블레이드를 3°씩 회전시킬 수 있도록 정하였으며, 블레이드에 가해지는 토크가 주기적으로 일정한 패턴으로 연속되는 시점까지 계산을 수행하였다. 난류모델은 회전기계에서 널리 사용되는 SST k- ω 모델을 사용하였고, 벽함수로는 CFX에서 제공하는 Automatic Wall function을 사용하였다.

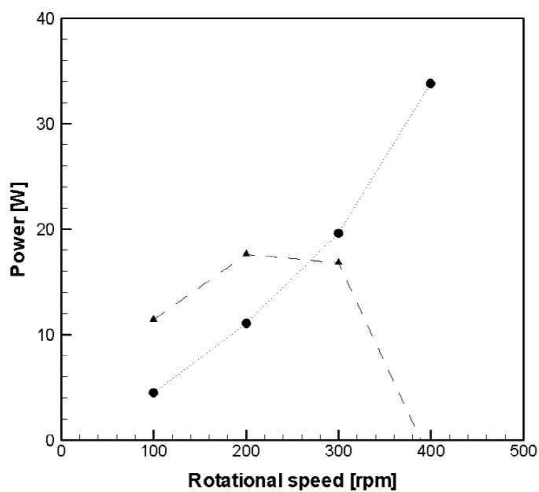
그림 4에 풍속이 12m/s일 때, 회전 속도에 따른 블레이드 토크 및 터빈의 파워를 비교하였는데, 향력형 터빈의 경우 회전 속도가 증가함에 따라 토크가 감소하나, 양력형의 경우는 토크가 점차로 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 향력형 모델의 경우 400rpm 근처에서 토크가 0으로 동력을 발생시키지 못할 것으로 예상된다. 터빈의 예상 파워 비교 결과 양력형의 경우 저속에서 파워가 향력형 대비 크게 떨어지나 회전속도 증가에 따라 파워가 지속적으로 증가하고, 향력형의 경우는 저속구간에서는 회전속도가 증가할 때 파워가 증가하나 200rpm보다 큰 구간에서는 감소하는 양상을 나타낸다.

따라서, 사용하고자 하는 소형 풍력발전기의 회전속도를 고려하여 환경에 맞는 터빈을 설계해야 함을 알 수 있다.

회 논문집, 제17권, 제6호, pp. 64-68, 2014



(a) 토크 결과



(b) 파워 결과

[그림 4] 풍력발전기 토크 및 파워 비교

참고문헌

- [1] 김종호, 김종봉, 오영록, “유동해석을 통한 수직축 풍력발전 터빈의 성능 예측”, 대한기계학회논문집 B, 제37권, 제4호, pp. 423-429, 2013
- [2] 허영근, 최경호, 김경천, “저속 회전형 소형 수직축 풍력발전기의 공기역학적 출력에 대한 CFD 및 실험적 검증”, 한국마린엔지니어링학회지, 제40권, 제4호, pp. 330-335, 2016
- [3] 강덕훈, 신원식, 이장호, “도시형 소형 수직축 풍력 발전기의 형태별 성능에 대한 실험적 고찰”, 한국유체기계학