

Spar-type 해상풍력발전기 축소모형제작 및 동적특성 평가

Dynamic characteristics of scale model for spar-type offshore wind turbine

*황경환¹, 김노원¹, 김철민¹, #김성렬¹

*K. H. Hwang¹, R. W. Kim¹, C. M. Kim¹, #S. R. Kim(sungrkim@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원

Key words : Floating offshore wind turbine, Spar type, Dynamic characteristics, Displacements

1. 서론

해상풍력발전은 육상에서와 달리 바람의 분포가 균일하고 공간의 제약이 적어 초대형 풍력발전(Wind farm) 시스템 건설이 가능하며 소음, 전파방해, 거주환경 문제 등 제한조건이 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. 해상풍력발전의 종류는 주상형(Spar), 인장각 계류형(TLP), 폰툰형(Pontoon)이 대표적인 형식으로 주상형은 수심이 깊어져도 특별히 구조물의 크기가 커질 필요가 없는 장점을 가지고 있으며 설계개념에 따라 다양한 부유체와 계류장치의 조합이 가능하여 세계적으로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 Spar-type 해상풍력발전기 축소모형을 제작하고 블레이드 회전에 따른 동적특성을 평가하였다.

2. 해상 풍력발전기 축소모형 제작

본 연구에서는 5MW급 Spar-type 해상풍력발전기를 선정하여 1:100 scale로 제작하였다. 제작된 축소모형은 블레이드와 허브, 나셀(Sensor, Motor, Bracket), 타워, 플랫폼(platform body, Joint, Bottom plate)으로 구성되며 무게 추(Weight)를 이용하여 축소모형의 부력을 조절하였다. Table 1은 제작된 축소모형의 사양을 나타낸다.

Table 1 Properties of the fabrication

Component	Mass	Material
Hub + Blade	146.27g	ABS
Nacelle	198.5g	
Tower	201.01g	
Platform	1,003.64g	
Weight	4,555g	
Total weight	6,104.42g	

3. 축소모형 동적특성 평가

3.1 동적특성을 측정하기 위한 시스템 구성

Fig. 1은 Spar-type 해상풍력발전기 축소모형의 동적특성을 측정하기 위한 시스템 구성도이다. 나셀내부에 3축 가속도(Acceleration) 및 기울기센서(Inclinometer)를 설치하여 축소모형 상부의 진동 및 기울기를 측정하도록 구성하였고, 축소모형의 무게중심에 3축 가속도 및 회전각속도(Gyroscope) 센서를 설치하여 축소모형 전체의 병진운동(Surge, Sway, Heave) 및 회전운동(Roll, Pitch, Yaw)을 측정할 수 있도록 구성하였다.

축소모형의 운동특성 평가를 위해 12개의 센서 신호들을 고속 처리하기 위한 신호처리 전용 Mainboard(Data processing & transfer)를 제작하였고, 처리된 데이터는 시리얼 통신을 통해 CompactRIO에 전송하여 축소모형의 운동상태를 감시하도록 하였다. 또한, 블레이드의 RPM 제어를 위해 PWM 방식을 사용하였고 엔코더 신호를 통해 RPM을 측정하였다. 센서에서 수집된 신호는 LabVIEW로 작성된 프로그램을 통해 실제 물리량으로 변환하여 축소모형의 병진운동과 회전운동 및 기울기 상태를 화면에 나타나도록 구성하였다.

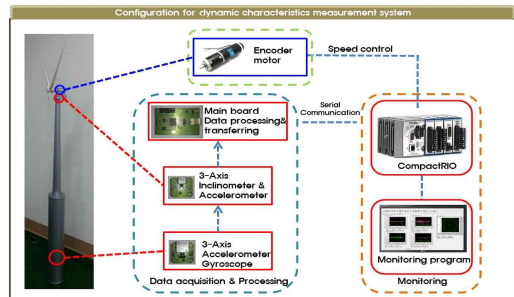


Fig.1 Configuration of dynamic characteristics measurement system for spar-type scale model

3.2 동적특성 실험

Fig. 2는 Spar-type 해상풍력발전기의 축소모형을 간이형 수조에 설치한 사진이다. 사진에서 보듯이 축소모형의 플랫폼이 흡수선(Water line)에 맞춰 잠기도록 무게 추를 계산하였다. 실험은 블레이드의 회전수(15rpm, 30rpm)에 따른 축소모형의 병진 및 회전 운동을 실시간 측정하였고, 특히 병진운동에 대한 주파수 분석과 이동특성을 평가하였다.



Fig. 2 Experiment setup for dynamic characteristics of spar-type scale model

4. 실험결과

Fig. 3은 블레이드의 RPM에 따른 가속도(Surge, Sway, Heave) 및 각도(Roll, Pitch, Yaw)를 측정할 결과이다. 15rpm으로 블레이드 회전 시 Surge, Sway, Heave의 진폭(Fig. 3(a))은 변화가 적었으며 Roll, Pitch, Yaw의 각도(Fig. 3(b))는 $\pm 0.53^\circ$, $\pm 0.63^\circ$, $\pm 0.48^\circ$ 로 증가하였다. 30rpm으로 회전속도를 증가한 결과 Surge, Sway의 진폭은 약 2배, Heave의 진폭은 3.5배 증가하였다(Fig. 3(c)). 또한, Roll, Pitch, Yaw의 각도는 $\pm 1.28^\circ$, $\pm 1.4^\circ$, $\pm 1.34^\circ$ 로 증가하였다(Fig. 3(d)). 실험결과 블레이드 RPM이 증가함에 따라 Heave의 진폭과 Yaw의 각도 변화가 가장 크게 나타났다.

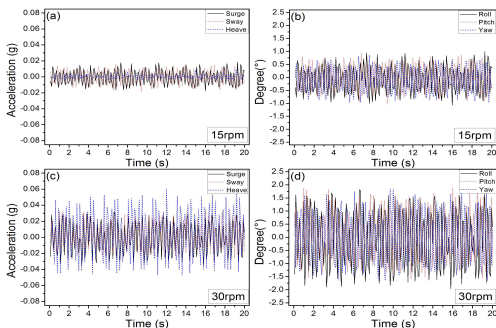


Fig. 3 Experiment results of dynamic characteristics according to RPM

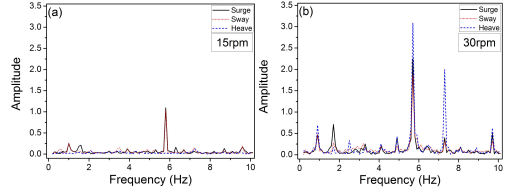


Fig. 4 Results of frequency analysis

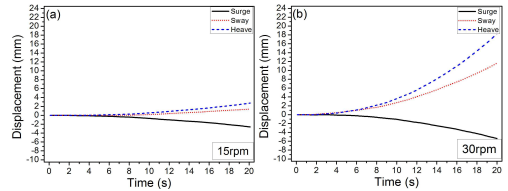


Fig. 5 Translational motion according to RPM

Fig. 4는 블레이드 RPM에 따른 축소모형의 병진 운동에 대한 주파수분석 결과로서 30rpm에서 주파수의 진폭이 크게 나타났고, 특히 병진운동 중 Heave가 Surge나 Sway에 비해 높게 나타났다. 이 결과로부터 블레이드 RPM 증가에 따라 자체역풍이 커지게 되면 축소모형의 운동은 불안정하게 되고 축소모형 상부의 기울기가 클수록 Heave에 영향을 미치게 된다. Fig. 5는 블레이드 RPM에 따른 축소모형의 이동변위를 나타낸 결과로서 RPM 증가에 따라 Surge와 Sway의 이동변화는 유사하나 Heave는 크게 나타남을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 5MW급 Spar-type 해상풍력발전기의 축소모형을 제작하고 동적특성을 평가할 수 있는 시스템을 구성하였다. 본 시스템을 통해 자체역풍에 의한 축소모형의 병진운동과 회전운동 특성을 분석할 수 있었고, 특히 블레이드 RPM 증가에 따라 Heave가 Surge나 Sway에 비해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20113020020010)

참고문헌

1. Design of scale-model floating wind turbine : spar buoy, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2011.