

# 20kW 풍력터빈 시뮬레이터 개발에 관한 연구 A Study on Development of 20kW Wind Turbine Simulator

\*#오기용<sup>1</sup>, 이재경<sup>1</sup>, 박준영<sup>1</sup>, 이준신<sup>1</sup>

\*#K. Y. Oh<sup>1</sup>(okyer@kepri.re.kr), J. K. Lee<sup>1</sup>, J. Y. Park<sup>1</sup>, J. S. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>전력연구원 사업화기술개발실

Key words : Wind Turbine, CMS, Simulator, Diagnosis

## 1. 서론

풍력터빈은 바람의 운동에너지를 발전기를 통해 전기에너지로 변화시키는 장치로서 청정 에너지에 대한 요구의 증가와 풍력터빈 발전 효율 향상으로 인해 그 중요성 및 수요가 빠르게 증가하고 있다. 풍력터빈은 수십 미터 이상 높이의 타워 상단에 위치하는 나셀 내부의 증속기, 발전기 및 블레이드에 예기치 않은 고장이 발생할 경우 부품 수리 또는 교체에 장시간이 소요되고 대형 크레인을 동원하여 작업을 수행하여야 하므로 높은 유지보수 비용이 발생하며, 정지시간동안 전력생산이 중지됨으로써 풍력발전단지 경제성을 저감된다.

진술한 바와 같이 풍력터빈 고장 발생시 많은 시간과 비용이 소요되는 현실을 고려할 때, 설비의 신뢰성 및 경제성 향상을 위한 충분한 대책이 필요하다. 이를 위하여 MW급 대형 풍력터빈에는 상태감시시스템을 설치하여 발전기 상태를 실시간 감시함으로써 이상진단을 수행하고 요소부품의 수명을 예측하여 최적화된 운전을 수행해야 한다 [1].

상태감시기술의 발전과 함께 단지의 효율적인 운전 및 경제성 극대화를 위하여 다양한 센서 적용 및 신호처리 기법을 이용한 진단 및 예지(prognosis) 알고리즘이 연구 개발되고 있다. 하지만, 제안된 알고리즘을 운영 중인 실제 대형 풍력터빈에 바로 적용 및 시험해보는 것은 현실적으로 어려운 실정이기 때문에, 상기한 알고리즘 연구를 위해서는 알고리즘 신뢰성 검증을 위한 풍력터빈 시뮬레이터가 필수적으로 필요하다.

본 연구에서는 상태감시 알고리즘 개발을

위하여 MW급 풍력터빈과 유사성을 갖도록 시뮬레이터를 개발하였다.

## 2. 시뮬레이터 설계

본 연구에서 제안하는 풍력터빈 시뮬레이터는 상태감시 알고리즘 개발 및 검증에 적합하도록 실제 풍력터빈의 주요 부품들을 모두 장착하고 있다는 점에서 크게 차별점이 있으며, 바람에너지에 의해 로터에서 생성되는 로터 공력토크를 전동기가 모사하여 토크를 시스템에 공급하는 시스템이다. 따라서, 제안된 풍력터빈 시뮬레이터가 실제 풍력터빈의 다양한 운전조건을 모사하기 위해서는 아래의 조건을 충족시키도록 설계되어야 한다.

첫째로, 실제 풍력터빈의 다양한 운전 상황 모사를 위해서는 현재 풍력터빈 제작사에서 개발되어 사용되는 기어박스 또는 발전기 검증용 시뮬레이터와 달리 상태감시 신호취득을 위하여 풍력터빈의 유지보수 비용 및 정지시간의 90% 이상을 차지하는 블레이드, 기어박스 및 발전기가 장착되어 있어야 한다.

다음으로, 실제 풍력터빈의 다양한 운전 상황 모사를 위해서는 실제 풍력터빈과 동일한 제어로직 기반으로 동작해야 한다. 풍력터빈은 바람에 의하여 로터에 양력과 항력이 발생하며, 이 중 회전에너지가 발전기로 전달되고, 전달된 회전에너지를 발전기에서 추출하면서 회전속도가 가변되어 전체 시스템이 식 (1)과 같이 정상상태에 도달한다.

$$T_r - nT_g = \dot{L}_w, \quad (1)$$

식 (1)에서  $T$ 는 회전에너지에 의하여 발생하

는 토크,  $n$ 은 증속기 기어비,  $I$ 는 로터의 관성(Inertia of Rotor),  $\omega$ 는 로터의 회전속도, 하첨자  $r$ 은 로터, 하첨자  $g$ 는 발전기를 의미한다. 시뮬레이터가 실제 풍력터빈을 모사하기 위해서는 바람을 모사하여 시스템에 회전에너지공급하는 모터에 대하여 토크 제어를 수행해야 하며, 발전기도 회전속도를 기준으로 인버터를 이용하여 토크 제어를 수행해야 한다. 또한 정격풍속 이상에서 일정한 발전량 유지 및 하중 저감을 위하여 블레이드 피치 제어를 수행해야 한다.

마지막으로 실제 운용 중인 MW급 풍력터빈과 상사성을 가져야 하며, 다양한 바람조건 및 운전조건에서 풍력터빈과 유사한 동특성을 보여야 개발된 알고리즘 성능 및 신뢰도 검증이 가능하다. 본 연구에서는 모사 대상체로 현재 상용화되어 운용 중인 국내 풍력터빈 중에서 최대용량인 두산중공업 WinDS3000을 선정하였으며, 식 (2)~(4)에 도시된 3가지 설계조건을 이용하여 WinDS3000과 상사성을 갖도록 설계를 수행하였다.

$$H_o = \frac{I_o \omega_o^2}{P_o} = H_s = \frac{I_s \omega_s^2}{P_s}, \quad (2)$$

$$\lambda_o = \frac{\omega_o R_o}{v_o} = \lambda_s = \frac{\omega_s R_s}{v_s}, \quad (3)$$

$$s = \frac{P_o}{P_s} \Rightarrow \omega_o^3 R_o^5 = s \omega_s^3 R_s^5, \quad (4)$$

여기서  $H$ 는 관성시상수(Inertia Time Constant),  $I$ 는 로터의 관성(Inertia of Rotor),  $P$ 는 정격출력(Rated Power),  $\lambda$ 는 주속비(Tip Speed Ratio, TSR),  $R$ 은 로터 반지름,  $v$ 는 풍속(Wind Speed),  $s$ 은 scale factor 이며 하첨자  $o$ 는 실제 풍력터빈(origin system),  $s$ 는 시뮬레이터(simulator)를 의미한다.

Fig. 1에는 최종적으로 완성되어 전력연구원 에서 운용중인 20kW 풍력터빈을 도시하였다. 상사성을 가지고 설계된 제어로직 검증을 통하여 시뮬레이터가 안정적으로 운전됨으로 관찰하였다. 운전시 취득되는 신호가 실제 풍력터빈과 유사한 경향을 보이는 것을 기준 모델인 WinDS3000에서 측정된 신호와 비교하여 검증하였으며 현재 다양한 시험을 수행 중이다.



Fig. 1 20kW Wind Turbine Simulator

### 3. 결론

본 연구에서는 20kW 풍력터빈 시뮬레이터를 제작하였다. 상태감시 알고리즘 개발을 위하여 실제 풍력터빈의 다양한 운전조건에서 신호취득이 가능하도록 토크 제어를 수행하였으며, MW급 풍력터빈과 상사성을 일치시켰다. 향후 개발된 시뮬레이터를 이용하여 다양한 하중조건에서 신호를 취득하고 이를 기반으로 상태감시, 이상진단 및 수명예지 알고리즘을 개발할 예정이다.

### 후기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

(No.20113020020030)

### 참고문헌

1. Z. Hameed, Y.S. Hong, Y.M. Cho, S.H. Ahn and C.K. Song, "Condition monitoring and fault detection of wind turbines and related algorithms: A review," *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13 (2009), pp. 1-39, 2009.