

Fig. 3 Magnitude and Phase of power spectral density

또한, 복잡한 산 지형과 같은 곳에서는  $L=(200\sim500)m$  &  $TI = \frac{\sigma}{v} = (0.15\sim0.25)$ 를 적용시키며, 평평한 바다 혹은 들판지역은  $L=(100\sim200)m$  &  $TI = \frac{\sigma}{v} = (0.1\sim0.15)$ 를 적용하게 된다. 따라서 동일한 평균풍속( $\bar{v}$ )의 바람에 대하여 복잡 지형일수록  $\beta_1 = \frac{\bar{v}}{L}$ 의 값은 작아지며,  $\sigma$ 는 커진다. 즉, 풍속 변화의 빈도(주파수)는 작고, 풍속변화의 크기는 크게 된다. 한편, 식(3)은 전달함수 S에 관련하여 적용하는데 부적절하기에 다음과 같은 근사식을 유도하여 사용한다.

$$H_F(j\omega) = \frac{K_f}{(1+j\omega T_f)^5} \cong \frac{K_f(m_1 T_f s + 1)}{(T_f s + 1)(m_2 T_f s + 1)} \quad (5)$$

여기서,  $m_1=0.4$ ,  $m_2=0.25$  그리고  $T_f = \frac{L}{v}$  대입하였다. Fig.3에서 절선부분이 식(3)을 대체한 식(5)의 Bode선도 크기(magnitude)와 위상(phase)을 나타낸다. 두 모델의 크기와 위상의 차이가 거의 없기 때문에 식(5)을 대체하여 쓸 수 있다는 결론을 얻을 수 있다. 또한,  $\Phi_{xx}(w) = \Phi$ (상수)라면, 랜덤 변수,  $x(t)$ 는 모든 주파수 영역에서 그 에너지가 고르게 분포되며, 이러한 RV(random variable)  $x(t)$ 를 백색잡음(white noise)이라한다. 난류의 특성을 표현하기 위해 추가적으로 백색잡음 이론을 적용했다. 아래 Fig. 4는 MATLAB에서 `wht n=random(1,2000)`이라는 명령어를 통해서 생성된 결과이다. 또한, 생성된 백색잡음은 0.2초와 0.01초 간격으로 설정하여 그 특성을 확인하였고, 자기상관관계(auto correlation)와 PSD(Power spectral density) 또한 함께 구원하였다. 자기상관관계는 표준편차가 약 1인 2000개의 Gaussian 백색잡음에 의하여 계산되며, 샘플 수가 2000개인 이유는 Van der Hoven's 모델에 의하여 생성된 long & mid term 바람 데이터가 40초 간격으로 생성되었는데, 두 샘플 데이터 사이에 2000개의 난류 데이터를 채워 넣기 위함이다. 여기서, 자기상관관계가 거의 임펄스 함수(delta function)임을 확인할 수 있다. 다음 Fig. 5는 MATLAB을 이용한 바람생성 결과이다.

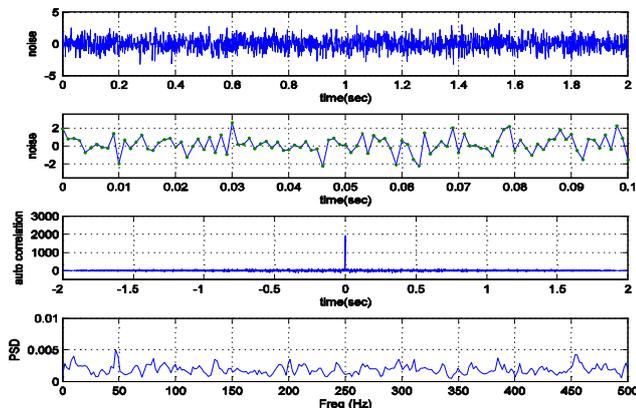


Fig. 4 Created White noise using MATLAB

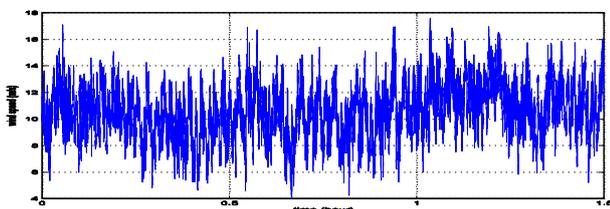


Fig. 5 Simulated wind using MATLAB

여기서, 샘플링 시간 = 0.2초, 평균  $TI = 0.1741$ ,  $\bar{v}=8m/s$ 이다.

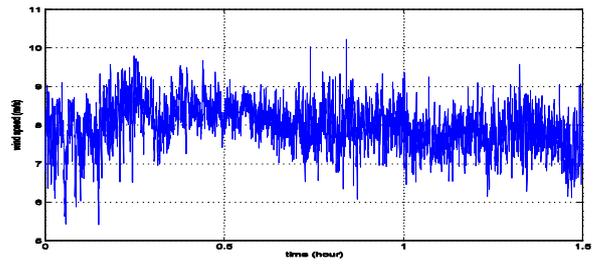


Fig. 6 Real wind at TaeKwanRyung site

여기서, 샘플링 시간 = 1초, 평균  $TI = 0.0647$ 이다.

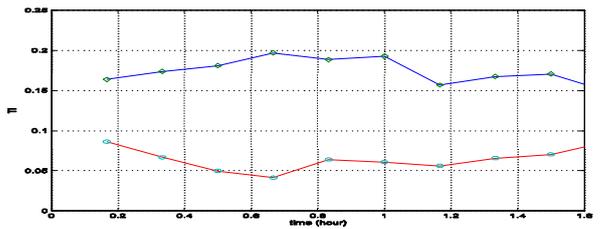


Fig. 7 Difference between Simulated wind  $TI$  and Real wind  $TI$

Fig.5는 가상의 바람을 생성(simulated wind)한 자료이며, Fig. 6은 실제 대관령 지역의 바람 중 평균풍속 8m/s인 바람 데이터를 나타낸다. 또한, Fig. 7에서 상단 그래프는 가상모델의  $TI$ 이고, 하단 그래프는 실제 바람의  $TI$ 이다. 실제 바람과 가상의 바람은 차이가 많이 나는 것을 확인할 수 있으며, 그 차이는 Fig 7에서도 비교되고 있지만 그 원인은  $TI$ 의 차이 때문이며, 이것을 서로 맞추면 그 둘의 특성은 거의 유사하다고 볼 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 풍력발전기의 성능을 평가하기 위한 실제 바람과 유사한 가상의 바람을 생성함에 그 목적을 두었다. 가상의 바람생성을 위해 수학적 모델 이론, Van der Hoven's 모델 그리고 von Karman 난류모델을 이용하였다. 랜덤 프로세스(random process)개념과 백색잡음(white noise)이론을 적용하였다. 또한, 강원도 대관령지역에서 조사한 실제 바람의 자료와 가상의 바람을 서로 비교하여 그 특성을 함께 분석하였다.

#### 후기

본 결과물은 지식경제부의 출연금으로 수행한 풍력핵심연구센터 사업의 연구결과입니다.

#### 참고문헌

[1] E.L. Van der Hooft, P. Schaak, T. G. van Engelen, "Wind Turbine Control Algorithm," ECN-C-03-111, 2003.  
 [2] F. D. Bianchi, H. D. Battista, "Wind Turbine Control Systems Principles, Modeling and Gain Scheduling," Springer, 2007  
 [3] W. E. Leithead, and B. Connor, "Control of Variable Speed Wind Turbines: Dynamic Models," Int. Journal of Control, vol. 72, no. 13, pp. 1173-1188, 2000