

풍력발전시스템 속도제어의 실험적 고찰

Investigation of a Speed Control for a Wind Turbin System

임종환*, *최민호**, 허종철*, 김진훈***

*제주대학교 기계공학과(Tel:82-64-754-3620; Fax:82-64-756-3886; E-mail:jhlim@cheju.ac.kr)

**제주대학교 기계공학과 대학원(Tel:82-64-754-3620; Fax:82-64-756-3886; E-mail:auto1225@postman.co.kr)

***한국에너지 기술연구소

Abstract : The paper presents a speed control algorithm for a full pitch-controlled wind turbine system. Torque of a blade generated by wind energy is non-linear function of a wind speed, angular velocity, and pitch angle of the blade. The design of a controller, in general, is performed by linearizing the torque in the vicinity of a operating point assuming the angular velocity of the blade is constant. For speed control, however, the angular velocity is no longer a constant, so that linearization of the torque in terms of a wind speed and pitch angle is impossible. In this study, a reference pitch model is derived in terms of a wind speed, angular velocity, and pitch angle, which makes it possible to design a controller without linearizing the non-linear torque model of the blade. The validity of the algorithm is demonstrated with the results produced through sets of experiments.

Key Words : Wind turbine system(풍력발전시스템), Speed control(속도제어)

I. 서론

풍력발전 시스템이란 바람의 운동에너지를 이용하여 실용화 할 수 있는 전기적인 에너지로 변환시켜 주는 기기이다 대체 에너지 중에서 그 이용기술이 가장 널리 실용화되었으며 경제성 있는 에너지원으로 각광받고 있는 풍력에너지는 석탄과, 석유등 과 같은 화석연료의 지역적 편중성과 자원배장량의 한계에 대처 할 수 있는 미래에너지원일 뿐만 아니라 지구온난화 방지를 위한 국제 여건변화에 능동적으로 대처할 수 있을 것으로 전망된다[7]. 그림 1은 능동제어 방식을 채택한 풍력발전 시스템의 제어 방식을 나타낸다. 먼저 정지상태에서 풍속이 증가하여 시동 풍속에 이르면 회전익이 회전하기 시작하여 정격회전수(발전 시작 회전수)에 이르기까지 속도제어를 수행한다. 정격회전수에 이르면 발전을 시작하고 이때부터는 출력 제어 단계로 들어간다. 정격출력 상태에서는 바람의 요동에 따라 급격한 출력 변화로 발생하는 과부하로부터 시스템을 보호하기 위해 일정 출력을 유지하도록 피치를 제어한다. 풍속이 더욱 증가하여 정격출력 상태를 넘어가면 발전을 중단하고 다시 회전수 제어 단계로 들어가서 정격회전수가 유지되도록 제어를 하거나 계속해서 풍속이 증가하면 시스템을 정지시킨다.

풍력발전 시스템의 회전익에서 발생하는 토크는 풍속, 회전속도, 그리고 피치각에 대해 심한 비선형성을 보이는데, 출력제어는 동작점이라 불리는 일정한 풍속, 회전속도, 그리고 피치각 범위 내에서 수행되므로 이 동작점 부근에서 선형화하여 선형제어 이론을 적용하거나[4,5] 풍속에 따라서 동작점을 변화시켜 선형화 하여 "gain schedule" 기법을 사용하는 것이 대부분이다[4]. 이와 같은 방법들의 공통점은 출력제어 단계에서 회전속도는 일정하다는 가정하에 토크를 단지 풍속과 피치각의 함수로만 고려하는 것이다.

그러나 속도제어는 그림 1에서 보여지는 바와 같이 풍속범위 및 회전속도 범위가 넓기 때문에 토크는 풍속과 피치각 뿐만 아니라 회전속도의 함수가 된다. 또한 일정한 동작점을 잡기 어려워 전체 시스템을 선형화하여 제어 시스템을 설계한다는 것은 무리이다.

따라서 본 연구에서는 비선형 모델을 미지 시스템으로 두고 풍속과 속도 오차에 따른 기준 피치각 모델을 이용하여 속도를 제어하는 방법을 제안한다. 이를 위해 먼저 Glauert[3]의 프로펠러 이론을 이용하여 바람의 속도, 회전익의 속도 및 피치각에 따른 토크 모델을 도출하고 이를 바탕으로 회전수 제어 알고리즘을 제안한다.

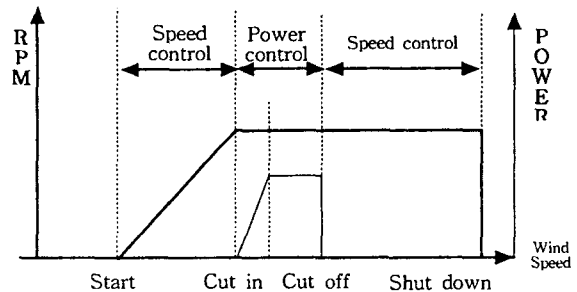


그림 1. 풍력 발전시스템의 제어단계
Fig 1. Control strategy of a wind turbine system

II. 시스템 모델링

풍력발전 시스템은 회전익, 증속기, 발전부 그리고 피치를 가변하기 위한 유압부로 구성되는데 각부의 모델은 참고문헌 [2,8,9]에 상세히 기술되어 있으며 여기서는 그 결과를 간략히 소개한다.

회전익의 토크 모델

회전자에서 발생하는 토크 계수(C_q)는 Glauert[3] 이론에 의하여 다음과 같이 날개의 각속도와 주축비(λ)와 피치각(θ)의 함수가 된다.

$$C_q = \frac{1}{\lambda R^3} \int_0^{\lambda R} \sigma_r \frac{(1-a)^2}{\sin^2 \phi} C_T \lambda \, d\lambda \quad (1)$$

여기서 a 는 축방향 간섭계수, C_T 는 회전방향 힘성분, ϕ 는 날개의 회전 방향과 바람의 상대속도 방향이 이루는 각, σ_r 은 국부