

MATLAB & SIMULINK 에서 계통연계 풍력발전 시스템의 모델링과 특성해석

안해준*, 김현구**, 장길수*, 고석환**, 장문석**
 고려대학교*, 한국에너지기술연구원**

Modeling and Characteristic Analysis of Grid-connected Wind Turbine Generation System at MATLAB & SIMULINK

Hae-Joon An*, Hyun-Goo Kim**, Gil-soo Jang*, Seok-whan Ko**, Moon-Seok Jang**
 Korea University*, Korea Institute of Energy Research**

Abstract - This study suggests a modeling of grid-connected wind turbine generation systems and performs simulation according to increase/decrease of real wind speed. Matlab & Simulink implemented modeling of grid-connected wind turbine generation system. Terminal voltage, grid voltage, and active/reactive power shall be observed following the performance of simulation.

1. 서 론

풍력발전은 어느 곳이나 산재되어 있는 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없고 국토를 효율적으로 이용할 수 있으며, 대규모 발전단지의 경우에는 발전단가도 기존의 발전방식과 경쟁가능한 수준의 신에너지(new energy) 발전기술이다. 본 논문에서 계통연계 풍력발전 시스템의 모델링을 제시하며 실제 풍속의 증감에 따라 시뮬레이션을 수행한다. 풍력발전 시스템의 계통연계 모델링은 Matlab & Simulink에서 구현하였다. 시뮬레이션 수행에 따라 발전기 단자전압, 계통전압, 유효전력, 무효전력 출력 등의 변동을 관찰한다. 아울러 Matlab & Simulink에서 모델링한 계통연계 풍력발전 시스템의 시뮬레이션 출력을 통해서 모델링의 적정성과 출력제어의 효용성을 입증하고자 한다.

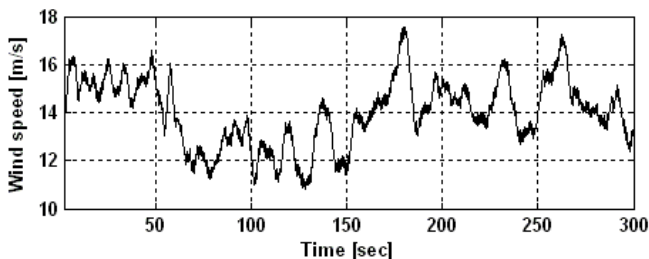
2. 본 론

2.1 풍력발전 시스템 모델링

풍력발전 시스템의 시뮬레이션을 수행하기 위하여 풍차, 발전기, 제어기 등의 모델링이 필요하게 된다. 본 논문에서는 계통과의 동기를 위해 여타의 장비를 사용하지 않는 유도발전기를 적용한다. 3상 전원, 3상 선로, 3상 변압기, 유도발전기, 3상 부하 등으로 계통이 구성되어 있다. 그림 5는 계통연계 풍력발전 시스템을 Matlab & Simulink로 구현한 것이다. 각각의 풍력발전 시스템은 공칭전압 690V, 출력 1.5MW, 풍속 13m/s의 정격을 가진다.

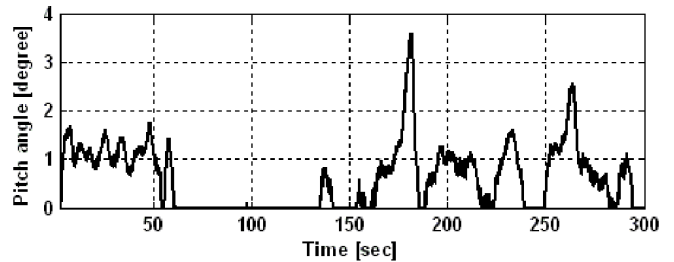
2.2 풍속 변화에 대한 시뮬레이션

본 논문에서 모의할 풍차의 정격풍속은 13m/s이고 풍속의 변화에 대해 유도발전기를 가진 풍력발전 시스템의 특성과 출력을 관찰하며 시뮬레이션 모델의 정당함을 검증한다. 그림 1은 실제 풍속의 증감을 모의한 풍속으로, 이 풍속을 풍차에 인가하여 300초까지 시뮬레이션을 수행하며 풍속 변화에 대한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.



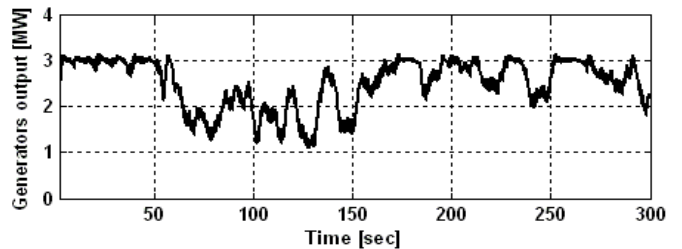
<그림 1> 풍속 변화

그림 2는 풍속 변화에 대한 블레이드 피치각 변화를 보이고 있다. 풍속이 13m/s 이하에서는 최대의 에너지를 흡수하기 위해서 0°를 유지하고, 그 이상에서는 속도제어를 위해 피치각이 증가함을 볼 수 있다.

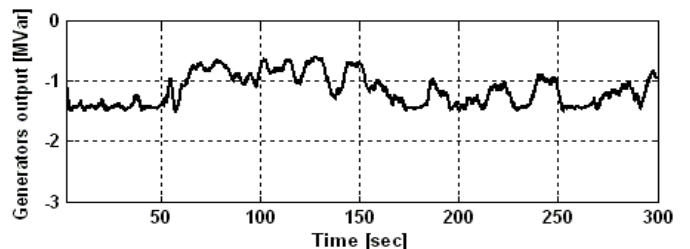


<그림 2> 피치각 변화

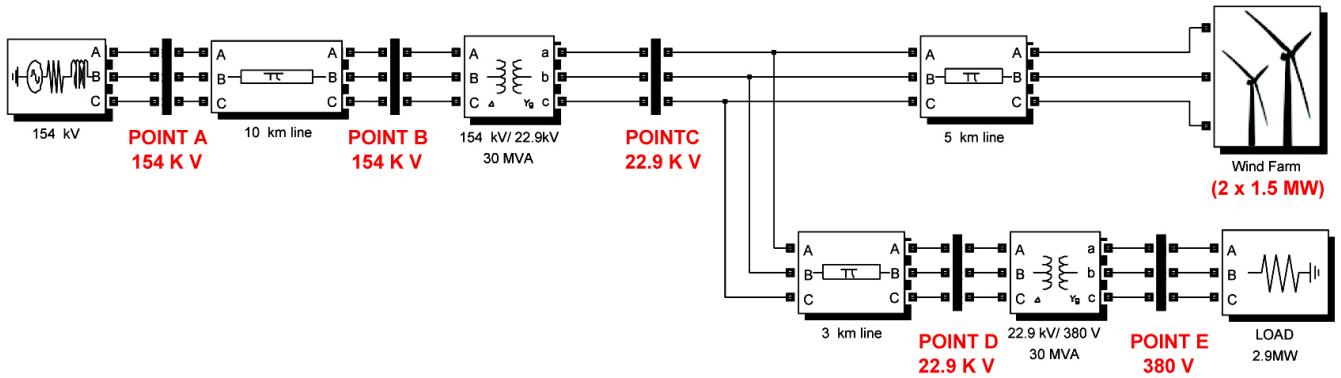
그림 3, 4는 풍속 변화에 대한 발전기 유효전력과 무효전력의 출력을 각각 나타내고 있으며, 그림 3에서 발전기 유효전력 출력이 감소함에 따라 그림 4에서 흡수하는 무효전력량 또한 변동함을 볼 수 있다.



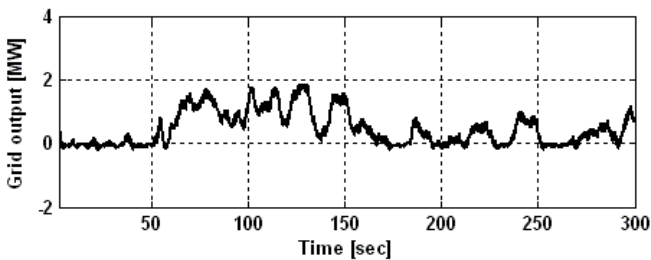
<그림 3> 풍속 변화에 대한 발전기 유효전력 출력



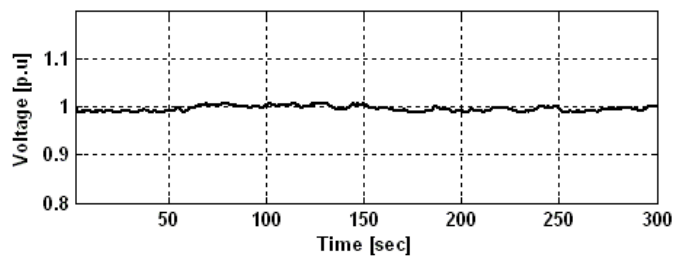
<그림 4> 풍속 변화에 대한 발전기 무효전력 출력



<그림 5> 계통연계 풍력발전 시스템의 SIMULINK 모델



<그림 6> 풍속 변화에 대한 계통의 유효전력 출력

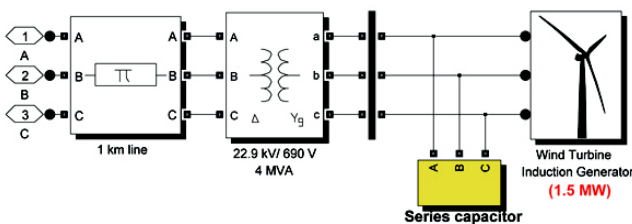


<그림 8> 풍속 변화에 대한 발전기 단자 전압

그림 6은 풍속 변화에 대한 계통의 유효전력 출력을 나타낸다. 풍속의 변화에 따른 발전기출력이 부하를 증당할 때 잔여분을 계통이 흡수하고, 부하 대비 발전 출력의 부족분은 계통전원이 감당하고 있는 상태를 나타낸다.

2.3 직렬 콘덴서 설치

그림 7은 직렬 콘덴서(Series capacitor)를 접속한 계통연계 풍력발전 시스템의 모델링을 보여주고 있다. 그림에서처럼 풍력발전기와 인접하게 설치하여 역률을 보상할 수 있다.



<그림 7> 풍력 단지의 SIMULINK 모델

발전기의 무효전력 흡수와 선로, 변압기에서의 전압강하의 원인으로 나타나는 문제를 개선하고 전압강하보상, 전압변동경감, 선로안정도증가를 위해서 직렬 콘덴서를 설치하였다. 그림 8은 직렬 콘덴서(Series capacitor)설치 후 풍속 변화에 대한 발전기 단자전압을 나타내고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 유도발전기를 가진 계통연계 풍력발전 시스템을 모델링하고 실제 풍속의 증감에 따른 출력변화를 Matlab & Simulink를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 본 연구에 사용하기 위해 모델링한 Matlab & Simulink모델의 시뮬레이션 결과는 모델의 정당함과 적절한 출력제어가 이루어짐을 입증하였다. 향후 전력품질의 관점에서 여러 가지 상황에 대해 시뮬레이션 결과를 살펴볼 예정이다.

본 연구는 「한반도 해역 고해상도 풍력자원지도 및 단지개발 적합성 평가시스템 개발」 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1]안해준, 노경수, 김현구, “풍력발전 계통연계 변압기의 결선에 따른 배전계통의 고장전류에 관한 연구”, 한국신·재생에너지학회 추계학술대 회논문집, pp. 369-371, 2007.
 [2]김현구, 최재우, “풍력에너지 이용 및 개발현황”, RIST 연구논문, Vol. 16, No. 4, pp. 479-485, 2002.
 [3]Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, “Electrical Power Systems Quality”, McGraw-Hill Professional, pp. 409-415, 2002.
 [4]T. A. Short, “Electric Power Distribution Handbook”, CRC Press, pp. 176-214, 2003.
 [5]Alexandra Von Meier, “Electric Power Systems: A Conceptual Introduction”, WILEY, pp. 144-167, 2006.
 [6]E. Muljadi and C.P. Butterfield, “Pitch-Controlled Variable Speed Wind Turbine Generation”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 1 pp. 240-246, 2001.
 [7]Siegfried Heier, “Grid Integration Of Wind Energy Conversion Systems”, John Wiley & Sons Inc, pp. 228-273, 2005.