

MATLAB/Simulink를 이용한 계통연계 풍력발전 시스템 모델링 및 시뮬레이션

안 해준¹⁾, 김 현구²⁾, 장 길수³⁾, 장 문석⁴⁾, 고 석환⁵⁾

Grid-connected Wind Turbine Generation System Modeling and Simulation Using MATLAB/Simulink

Hae-Joon An, Hyun-Goo Kim, Gil-Soo Jang, Moon-Seok Jang, Seok-whan Ko

Key words :Wind Turbine Generation(풍력발전), MATLAB/Simulink(매틀랩/시뮬링크)

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, 무환경의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없고 국토를 효율적으로 이용할 수 있으며, 대규모 발전단지의 경우에는 발전단가도 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준의 재생에너지(renewable energy)발전기술이다. 신·재생에너지 중 풍력발전은 기술성숙도가 가장 높으며 가장 낮은 발전단가(60~90원/kWh)로 화력발전(석유:67원/kWh)과 필적 할만한 경제성을 가진다.¹⁾

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 모델링 한 계통연계 풍력발전 시스템 시뮬레이션을 통해 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. 그럼 1은 계통연계 풍력발전 시스템을 MATLAB/Simulink로 구현 한 것이다. 각각의 풍력발전 시스템은 공청전압 690V, 출력 1.5MW, 풍속 13m/s의 정격을 가진다.

2.2 풍속 변화에 대한 시뮬레이션

본 논문에서 모의 할 풍차의 정격풍속은 13m/s이고 풍속의 변화에 대해 유도발전기를 가진 풍력발전 시스템의 특성과 출력을 관찰하며 시뮬레이션 모델의 정당함을 검증한다.

-
- 1) 고려대학교 전자전기공학과
E-mail : joon@kier.re.kr
Tel : (042)860-3412 Fax : (042)860-3543
 - 2) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단
E-mail : hyungoo@kier.re.kr
Tel : (042)860-3376 Fax : (042)860-3543
 - 3) 고려대학교 전자전기공학과
E-mail : gjang@korea.ac.kr
Tel : (02)3290-3246 Fax : (02)3290-3692
 - 4) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단
E-mail : msjang@kier.re.kr
Tel : (042)860-3212 Fax : (042)860-3543
 - 5) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단
E-mail : korea19@kier.re.kr
Tel : (042)860-3282 Fax : (042)860-3543

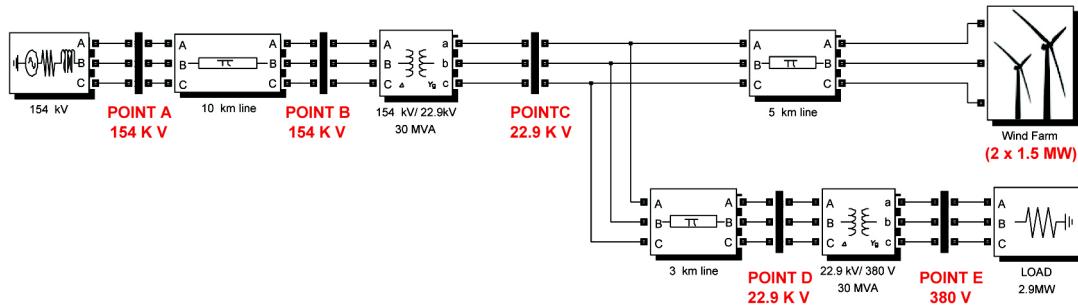


Fig. 1 Simulink model of grid-connected wind turbine generators

그림 2는 실제 풍속의 증감을 모의한 풍속으로, 이 풍속을 풍차에 인가하여 200초까지 시뮬레이션을 수행한다. 풍속 변화에 대한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

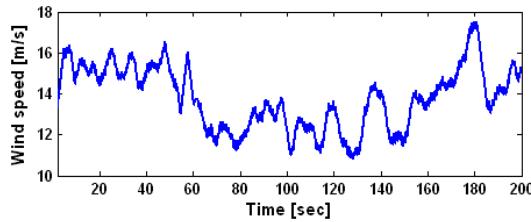


Fig. 2 Wind speed variation

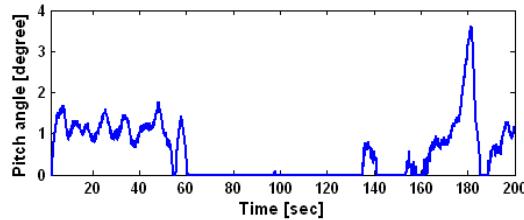


Fig. 3 Pitch angle variation

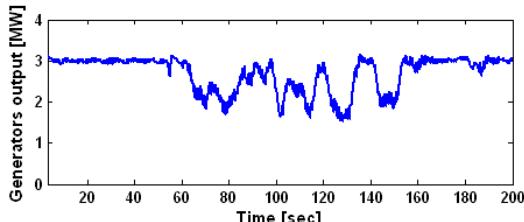


Fig. 4 Generator active power output

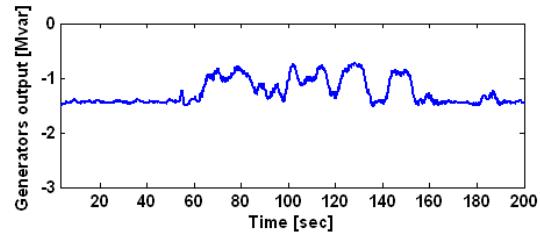


Fig. 5 Generator reactive power output

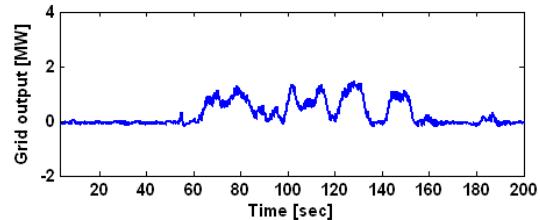


Fig. 6 Active power output of grid

그림 3은 풍속 변화에 따른 블레이드 페치각 변화를 보이고 있다. 풍속이 13m/s 이하에서는 최대의 에너지를 흡수하기 위해서 0° 를 유지하고, 그 이상에서는 속도제어를 위해 페치각이 증가함을 볼 수 있다.

그림 4, 5는 풍속 변화에 대한 발전기 유효전력과 무효전력의 출력을 각각 나타내고 있으며, 그림 4에서 발전기 유효전력 출력이 감소함에 따라 그림 5에서 흡수하는 무효전력량 또한 변동함을 볼 수 있다.

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

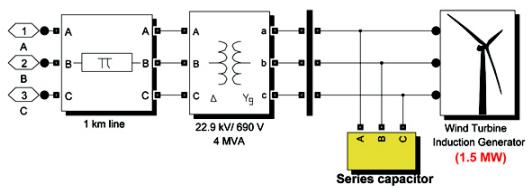


Fig. 7 Simulink model of windfarm

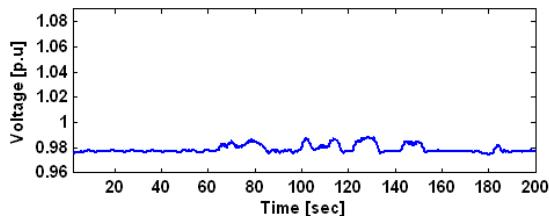


Fig. 8 Generator terminal voltage

그림 8은 발전기 단자지점의 풍속 변화에 대한 전압을 나타내고 있다. 풍속의 증감에 따라 발전기 유효전력과 무효전력 출력이 증감하여 발전기 단자전압의 변동을 나타내고 있으며 전압이 정격전압에 약간 못 미치는 것은 발전기의 무효전력 흡수와 선로, 변압기에서의 전압강하가 원인인 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 논문에서는 유도발전기를 가진 계통연계 풍력발전 시스템을 모델링하고 실제 풍속의 증감에 따른 출력변화를 MATLAB/Simulink를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 풍속의 변화에 대한 풍력발전 시스템의 발전기 단자전압, 유효/무효 출력의 변화 등을 적절하게 보여주어 정격풍속이상에서 출력제어가 원만하게 이루어지고 있음을 입증하였다.

후 기

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

References

- [1] 김현구, 최재우, 2002, “풍력에너지 이용 및 개발현황,” RIST 연구논문, Vol. 16, No. 4, pp. 479-485.
- [2] T. A. Short, 2003, “Electric Power Distribution Handbook”, pp.176-214, CRC Press.
- [3] Alexandra Von Meier, 2006, “Electric Power Systems: A Conceptual Introduction”, pp144-167, WILEY.

[4] E. Muljadi and C.P. Butterfield, 2001, “Pitch-Controlled Variable Speed Wind Turbine Generation”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 1 pp. 240-246.

[5] Siegfried Heier, 2005, “Grid Integration Of Wind Energy Conversion Systems”, pp.228-273, John Wiley & Sons Inc.