

## 풍력발전시스템의 연계변압기 결선방법과 배전계통의 고장전류와의 관계

안 해 준 노 경 수  
 동국대학교 전기공학과

### Relationship with breakdown electric current of connection transformer connection method and distribution system of wind power generation system

Hae-joon An Kyung-Soo Ro  
 Dongguk University

**Abstract** -전력계통에 적용하기 위한 풍력발전시스템의 연계변압기 결선 방법과 배전계통의 고장전류와의 관계를 알아보고 계통에서의 단상 고장전류 발생 시 변압기 결선 방식의 변화에 따른 simulation을 수행하고자 한다.

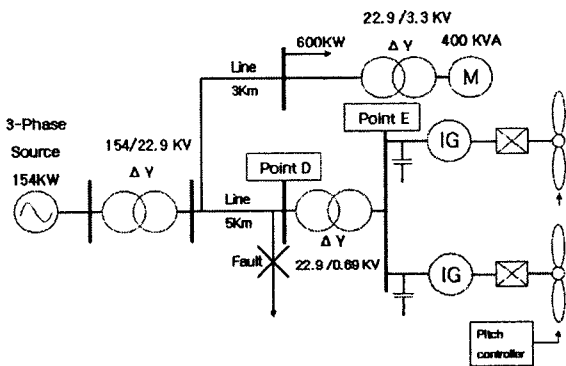
#### 1. 서 론

풍력발전이란 풍차를 이용하여 공기의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환시키고, 이 기계적 에너지로 발전기를 회전시키고 전기에너지를 얻는 방법이다. 풍력에너지는 다른 에너지와 달리 청정에너지이며 무공해 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없는 무공해 발전방식이다. 최근 지구환경 문제와 화석에너지 고갈과 고유가 시대가 되면서 대체에너지 개발에 대한 관심과 개발이 촉진되고 있다. 대체에너지 전원 중에서 풍력발전시스템은 전 세계적으로 관심이 증가하고 있으며 국내 또한 새로운 기술 개발과 대용량화에 힘쓰고 있는 실정이다. 풍력발전 시스템은 무한의 청정에너지 바람을 동력으로 사용함으로써 화석연료 사용으로 발생하는 문제점과 달리 대기오염 발생을 일으키지 않는 무공해 발전을 할 수 있다는 이점이 있다. 본 논문에서는 계통연계 풍력발전시스템의 모델링을 제시하며 풍속의 변화 계통에서의 연계변압기 결선방법에 따른 단상 단락 고장 등에 대한 시뮬레이션을 수행하고자 한다. 이러한 풍력발전시스템의 계통연계 모델링을 MATLAB / Simulink에서 구현하였으며 시뮬레이션 수행에 따라 발전기 토크, 회전자 각속도, 피치각, 단상전압, 계통전압, 고장전류, 유효/무효전력 출력 등의 변동을 관찰하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 풍력발전 시스템의 모델링

계통연계 풍력발전 시스템의 MATLAB / Simulink 수행하기 위해서 풍차, 유도발전기, 제어기 등의 모델링을 다음 <그림1>에서 계통과 연계된 풍력발전시스템의 구조를 간단하게 나타내고 있다.



<그림 1> 계통연계 풍력 발전 시스템의 개요도

##### 2.1 계통연계 Simulink 모델

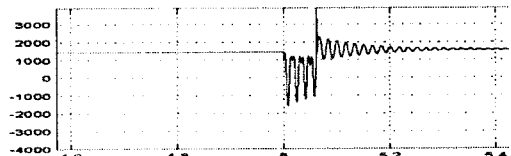
그림7은 풍력발전시스템의 계통을 Simulink 모델로 표현한 것이다. 그림7에서 보는 바와 같이 3상 전원, 3상 변압기, 유도 발전기, 3상 부하 등으로 계통이 구성되고, 발전기의 입력신호를 위한 풍차모델, 피치 제어기, 계통 고장의 과도상태를 시뮬레이션 하기 위한 사고모델이 접속되어 있다. 여기에서 부하는 저항 부하로써 용량이 600kW 이고 3상 변압기는 3대 모두가 Δ-Y결선 이다.

#### 3. 사례연구

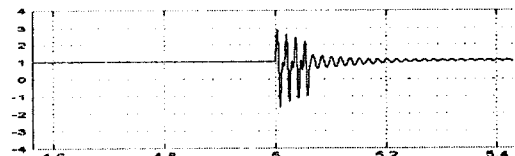
그림7의 모델로 여러 가지 사례에 대한 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 모델의 정당함을 검증하고, Point D에 연결된 변압기 결선을 변경하면서 계통과 연계하여 운전할 때의 특성과 배전계통의 고장전류와의 관계를 관찰할 것이다. 본 논문에서 모의할 풍차의 정격풍속은 13m/s이고, 각 단에서의 전압과 전류는 단위법(pu)으로 표현한다. 발전기 2대의 출력과 단상전압은 point E에서 측정하고, 각속도와 발전기 토크는 1번 발전기에서 측정한다.

##### 3.1 고장에 대한 시뮬레이션

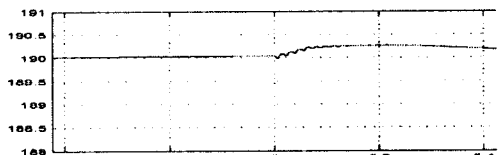
그림7의 Point D에서 단상 단락 고장이 발생했을 경우에 대하여 계통과 발전기 단상전압, 발전기 출력, 전류의 흐름을 관찰한다. 고장은 5초에서 0.06초간의 발생에 대하여 시뮬레이션을 수행하고 변압기 결선방법에 따른 고장전류 결과를 Point E에서 비교한다.



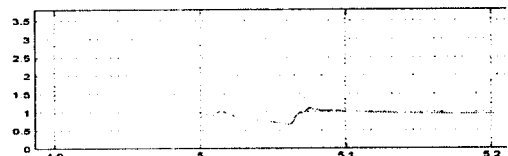
<그림 2> 발전기 출력 (Point E)



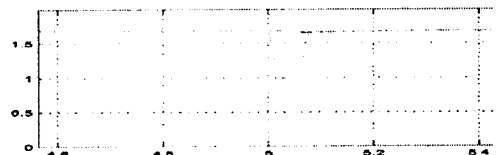
<그림 3> 발전기 토크



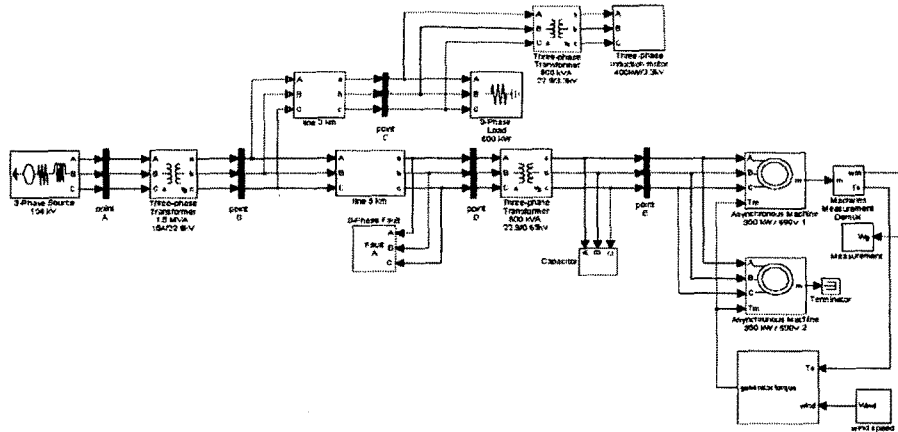
<그림 4> 발전기 회전자 각속도



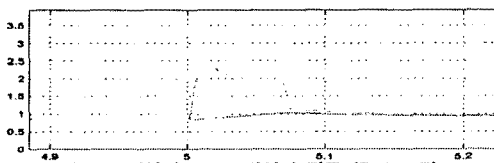
<그림 5> 변압기 Δ-Δ 결선시 전류 (Point E)



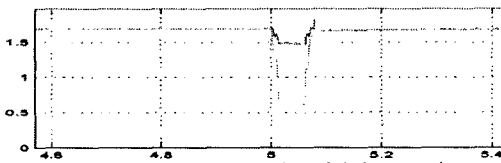
<그림 6> 변압기 Δ-Δ 결선시 전압 (Point E)



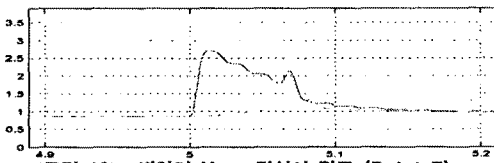
〈그림7〉 계통연계 풍력 발전 시스템의 Simulink 모델



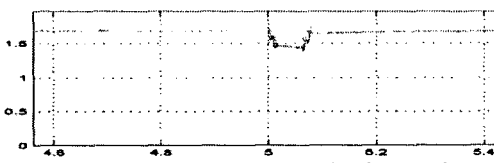
〈그림 8〉 변압기 Δ-Y 결선시 전류 (Point E)



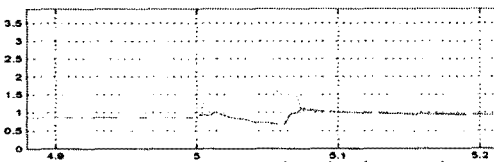
〈그림 9〉 변압기 Δ-Y 결선시 전압 (Point E)



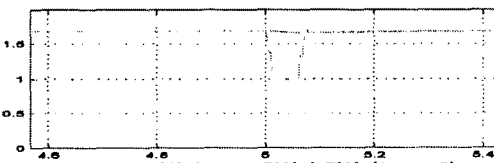
〈그림 10〉 변압기 Y-Δ 결선시 전류 (Point E)



〈그림 11〉 변압기 Y-Δ 결선시 전압 (Point E)



〈그림 12〉 변압기 Y-Y 결선시 전류 (Point E)



〈그림 13〉 변압기 Y-Y 결선시 전압 (Point E)

단상 단락고장이 발생했을 때 발전기 출력변동은 그림2에서 나타나고 있으며 고장발생에 따라서 출력이 진동하여 0으로 하락하고 고장해소 후에 정상상태로 차츰 회복함을 볼 수 있다. 계통전압이 0으로 하락하여 발전기 고정자의 회전자계가 사라지고 그에 따라서 발전기 토크변동과 발전기 회전자 각속도 증가와 고장해소 후 정상상태로 되돌아가는 상태를 그림 3,4에서 보여 주고 있다.

그림 6,9,11,13은 Point E에서 3상에 대한 전압의 실효값을 나타내고 있으며 고장이 발생함과 동시에 갑작스런 고장의 충격으로 계통전원의 실효값이 갑작스럽게 변동되고 곧바로 회복됨을 보이고 있으며 계통에 연계변압기 결선방법에 따라서 전압 전류의 실효값이 변동이 있음을 보이고 있다.

#### 43 결 론

본 연구는 계통연계 풍력발전시스템을 모델링하고 단상 단락 고장이 발생했을 경우에 대하여 계통과 발전기 단자전압, 발전기 출력, 전류의 흐름을 관찰하였으며 계통에 연계되어있는 발전기 결선에 따라 전압, 전류 실효값의 변동에 대해서 Simulation 하였으며, 결선에 따라 Simulation 결과가 각각 다르게 출력되고 있으며 고장전류 유입에 영향을 주고 있음을 확인 할 수 있었다. 단상 단락사고와 같은 계통의 고장은 풍력발전시스템에 매우 안 좋은 결과를 초래하며 이와 같은 결과를 살펴볼 때 계통과 연계하여 발생할 수 있는 풍력발전시스템의 고장을 최소화 할 수 있고 고장시간을 단축시키고 고장전류의 영향력이 최소화 할 수 있는 노력과 연구가 필요하다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] W. E. Leithead, S. de la Salle and D. Reardon, Role and Objectives of Control for Wind Turbines, IEE Proceedings-C, Vol. 138, No. 2, March 1991, pp 135-148.
- [2] E. Muljadi, C.P. Butterfield, "Pitch-Controlled Variable-Speed Wind Turbine Generation", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 1, Jan./Feb. 2001, pp. 240-246.
- [3] Z. Chen, M. McCormick, "A Fuzzy Logic Controlled Power Electronic System for Variable Speed Wind Energy Conversion Systems", IEEE Transactions on Power Electronics, September 2000, pp. 114-119.
- [4] R. Chedid and F. Mrad, "Intelligent Control of a Class of Wind Energy Conversion Systems", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 4, December 1999, pp. 1597-1604.
- [5] J.G. Sloopweg, S.W.H. de Haan, H. Polinder, W.L. Kling, "General Model for Representing Variable Speed Wind Turbines in Power System Dynamics Simulations", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 1, Feb. 2003, pp. 144-151.
- [6] E.S. Abdin, W. Xu, "Control Design and Dynamic Performance Analysis of a Wind Turbine-Induction Generator Unit", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 15, No. 1, March 2000, pp. 91-96.