

MATLAB&SIMULINK에서 변압기 결선에 따른 풍력발전 시스템의 영향 평가

안해준, 노경수
 동국대학교 전기공학과

Evaluation on Effect of Wind Power Generation System According to Transformer Winding Connection at Matlab&Simulink

Hae-Joon An, Kyoung-Soo Ro
 Dept. of Electrical Engineering, Dongguk University

Abstract - This study suggests a modeling of grid-connected wind power generation system that has induction generator, and aims to perform simulations for outputs by the variation of actual wind speed and for fault current of wind generation system by the transformer winding connection. This study is implemented by matlab&simulink. The simulation shall be performed by assuming single line to ground fault generated in the system. Generator power, rotor speed, terminal voltage, system voltage, and fault current shall be observed following the performance of simulation. The fault current change will be dealt through the simulation results for fault current of wind generation system following the grid-connected transformer winding connection and the simulation result by the transformer neutral ground method.

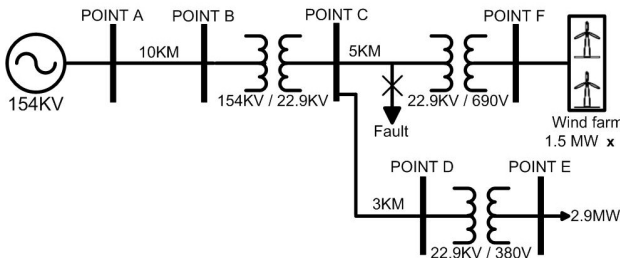
1. 서 론

풍력발전은 환경에 미치는 영향이 거의 없는 무공해 무한정의 바람을 이용하므로 화석에너지 고갈과 환경오염의 원인으로 인한 걱정이 없는 대체에너지원으로 부각되고 있다. 대규모 발전단지의 경우에 발전 단가도 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준의 신에너지 발전 기술이다. 이러한 풍력발전 시스템은 계통과 직접 연계하여 운전해야 하므로 전력품질의 관점에서 고장은 큰 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 전력계통에서 발생한 사고는 계통의 안전 운전과 사고 설비의 손상을 줄이기 위해서 신속하게 제거를 해야 한다. 이에 대한 문제를 시뮬레이션을 통하여 출력 변동을 관찰하고자 한다. 본 논문에서는 유도발전기를 가진 계통연계 풍력발전 시스템의 모델링을 제시하며 실제 풍속의 증감에 따른 출력과 변압기 결선에 따른 풍력발전 시스템의 고장전류에 대한 시뮬레이션을 수행하고자 한다. 본 논문은 Matlab&Simulink에서 시뮬레이션을 수행하였다. 계통에서 1선 지락고장이 발생할 때를 가정하여 시뮬레이션 수행에 따라 발전기출력, 회전자속도, 단자전압, 계통전압, 고장전류 등의 변동을 관찰한다. 계통연계 변압기 결선에 따른 풍력발전 시스템의 고장전류에 대한 시뮬레이션 결과와 변압기 중성점 접지방식에 따른 시뮬레이션 결과를 통하여 고장전류 변동에 대하여 다룰 것이다.

2. 본 론

2.1 풍력발전 시스템 모델링

풍력발전 시스템의 시뮬레이션을 수행하기 위하여 그림 1은 유도발전기를 가진 계통연계 풍력발전 시스템의 개략적인 구조를 나타낸다.

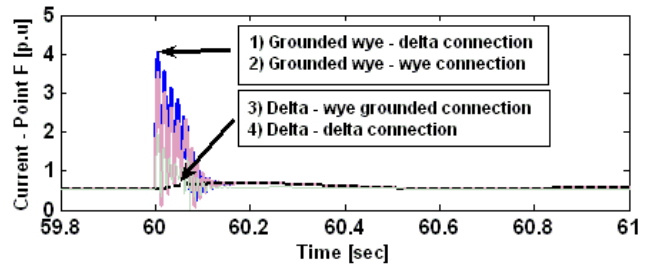


<그림 1> 계통연계 풍력발전 시스템의 개요도

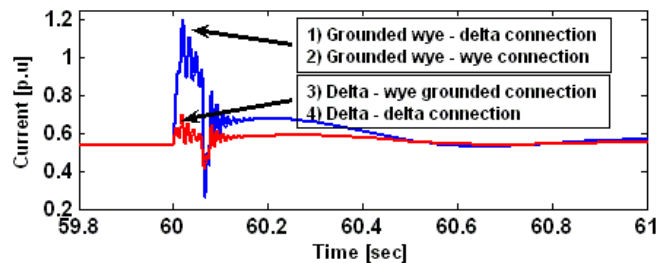
3상 전원, 3상 선로, 3상 변압기, 유도발전기, 3상 부하 등으로 계통이 구성되고, 계통연계 변압기 결선에 따른 풍력발전 시스템의 고장전류에 대한 시뮬레이션 결과를 알아보기 위한 사고모델이 접속되어 있다. 그림 5는 계통연계 풍력발전 시스템의 개요도를 Simulink로 구현한 것이다. 각각의 풍력발전 시스템은 공칭전압 690V, 출력 1.5MW, 풍속 13m/s의 정격을 가지며 3상 변압기 3대 모두가 $\Delta-Y$ 접지식 결선이다.

2.2 변압기 결선에 따른 고장전류에 대한 시뮬레이션

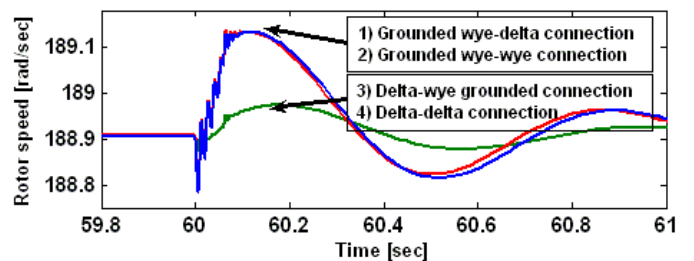
변압기의 고장전류는 3상 변압기의 결선방식과 중성점 접지 유무에 관계가 있다. 즉, 고장전류가 흐를 수 있다면 고장전류는 중성선이나 접지를 귀로 하여 흐르므로 고장전류는 큰 값을 갖는다. 중성점 비접지 방식의 경우 고장전류가 흐를 수 있는 귀로가 없으므로 고장전류는 적은 값을 갖는다. 여기서는 변압기 결선방식에 따라 F지점 변압기 1차 측에서 0.06초간 1선 지락고장이 발생한 경우 시뮬레이션 결과의 차이를 살펴보기로 한다.



<그림 2> F지점에서의 전류



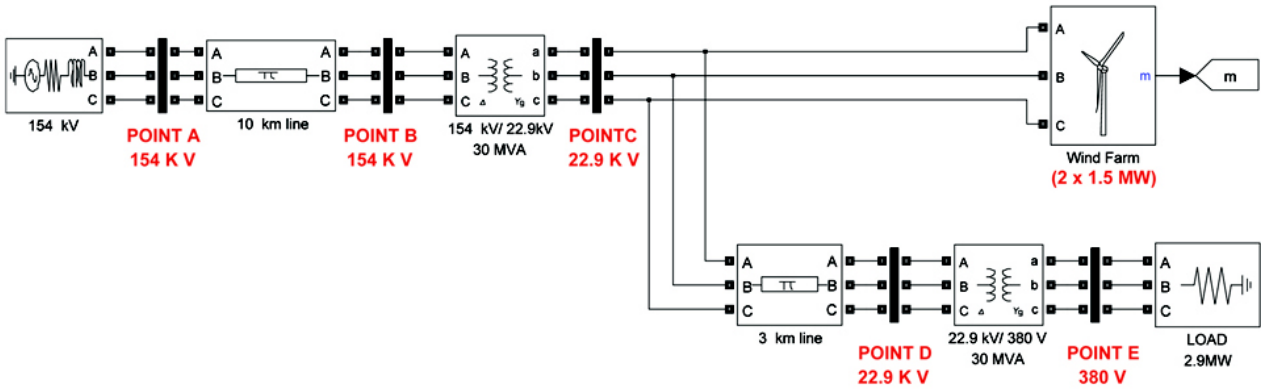
<그림 3> 발전기 단자전류



<그림 4> 발전기 회전자 속도

2.2.1 $\Delta-Y$ 결선 [Delta-wye grounded connection]

$\Delta-Y$ 접지식 결선에서는 고장전류가 중성점을 통하여 순환하게 된다. 하지만 1차 측 고장발생시 1차 측이 Δ 결선이기 때문에 고장전류가 결선 내를 순환하여 흐르고 선로 밖으로 나가지 않는다. 그러므로 고장전류가 적게 나타난다.



<그림 5> 계통연계 풍력발전 시스템의 Simulink 모델

2.2.2 Δ-Δ 결선 [Ungrounded delta-delta connection]

비접지식 Δ-Δ 결선에 있어서는 각 선에 흐르는 고장전류의 크기가 없으므로 등가회로는 개방회로가 되며, 고장전류는 Δ 결선 내를 순환하므로 고장전류가 적게 나타난다.

2.2.3 Y-Δ 결선 [Grounded wye-delta connection]

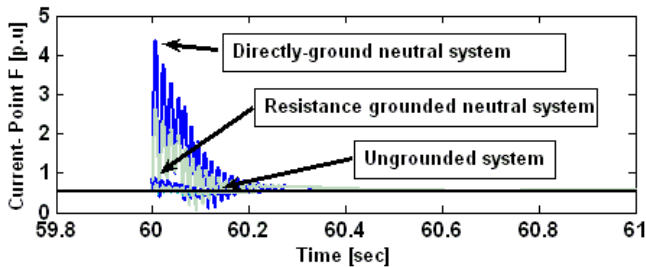
접지식 Y-Δ 결선 또한 Δ-Y 접지식 결선과 같이 고장전류가 접지를 귀로 하여 순환하게 된다. 그러므로 1차 측 고장발생시 큰 고장전류를 발생시킨다.

2.2.4 Y-Y 결선 [Grounded wye-wye connection]

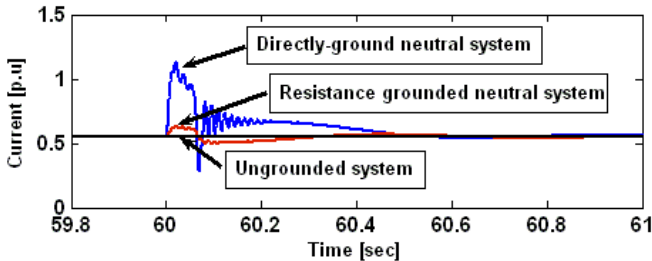
접지식 Y-Y 결선은 Y의 중성점이 접지가 되어 있기 때문에 고장전류가 대지로 순환하게 되며 고장전류가 크게 나타난다.

2.3 변압기 중성점 접지 방식의 비교

고장전류는 중성점 접지 방식에 따라 결정되며 그에 맞는 접지를 통해 대지전압 상승을 억제하고, 전력기기의 손상과 사고 과급을 사전 방지하고 있다. 접지방식은 직접접지, 저항접지, 비접지 등으로 구분하며 F지점에서 1선 지락고장이 0.06초간 발생한 경우 풍력발전 시스템과 계통과 직접 연계되어 있는 변압기 중성점 접지방식에 따른 고장전류에 대한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.



<그림 6> F지점에서의 전류



<그림 7> 발전기 단자전류

2.3.1 변압기 직접접지 방식

[Directly-ground neutral system]

변압기 Δ-Y 중성점 직접접지 방식은 Y 결선방식으로서 1선 지락전류가 발생 될 경우 1상이 단락 상태로 되어 많은 고장전류가 흐르게 된다. 따라서 고장전류의 기기에 대한 충격이 커서 손상을 주기 쉽다는 단점이 있지만 큰 고장전류 때문에 보호계전기를 신속하게 동작 할 수 있다는 장점이 있다.

2.3.2 변압기 저항접지 방식

[Resistance grounded neutral system]

중성점을 저항으로 접지하는 방식으로 직접접지와 달리 과도 이상 억제 및 F지점에 발생하는 큰 고장전류를 제한할 수 있으며 이 방식을 이용하여 지락고장 시에도 피해를 줄이고 전력설비 유지보수에 많은 이득을 줄 수 있다.

2.3.3 변압기 비접지 방식

[Ungrounded system]

계통을 접지하지 않고 비접지 상태에서 운전하는 방식이므로 지락고장 시 고장전류는 수 A정도에 지나지 않는다. 적은 고장전류로 중단 없는 전원공급을 할 수 있다는 장점이 있지만, F지점에 발생하는 고장전류가 극히 미세하기 때문에 지락계전기의 적용이 곤란하다는 단점이 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 유도발전기를 가진 계통연계 풍력발전 시스템을 모델링하고 계통에 사고모델을 접속하여 전력품질에 미치는 영향을 Matlab & Simulink를 사용하여 시뮬레이션으로 확인하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1) 사고모델 접속 후 고장전류는 풍력발전 및 계통에 큰 고장전류가 흐르고 악영향을 초래함을 확인할 수 있었다. 시스템에 접속된 기기 등은 전기적 및 기계적인 손상을 입게 되며, 따라서 전력계통에 발생한 고장은 신속히 계통에서 제거해야 한다.

2) 1선 지락고장 발생 후 그에 맞는 변압기 결선과 중성점 접지를 통해 대지전압 상승을 억제하고, 전력기기의 손상과 사고 과급을 사전 방지해야 하며 1선 지락전류는 중성점 접지방식의 운영에 따라 결정되는 것을 확인하였다.

변압기 결선과 중성점 접지에 따라 계통보호방식별 장·단점이 다르기 때문에 각 수용가의 전기적 특성과 절비규모 등을 파악하여 변압기 결선과 접지방식을 선택해야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, "Electrical Power Systems Quality", McGraw-Hill Professional Publishing, pp409-415, November 2002.
- [2] 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, Jan./Feb. 2001.
- [3] Z Chen and M McCormick, "A Fuzzy Logic Controlled Power Electronic System For Variable Speed Wind Energy Conversion Systems", IEEE Transactions on Power Electronics, pp.114-119, September 2000.
- [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, pp. 1597-1604, December 1999.
- [5] M.G. Simoes et al., "Fuzzy Logic Based Intelligent Control of a Variable Speed Cage Machine Wind Generation System", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 12, No. 1, pp. 87-94, January 1997.
- [6] Prabha Kundur, Power system Stability and Control, McGraw-Hill, 1993.
- [7] S. Heier, Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems, John Wiley & Sons, 1998.