

## MATLAB & SIMULINK에서 풍력발전 계통연계 변압기결선과 고장전류와의 관계

안 해준<sup>1)</sup>, 김 현구<sup>2)</sup>, 장 길수<sup>3)</sup>

### The Relationship between Wind Power Generation Grid-connected Transformer Winding Connection and Fault Current in MATLAB & SIMULINK

Hae-Joon An, Hyun-Goo Kim, Gil-Soo Jang

**Key words** : Wind Power Generation(풍력발전), Fault Current(고장전류), Transformer(변압기),  
MATLAB&SIMULINK(매틀랩&시뮬링크)

**Abstract** : This study suggests a modeling of grid-connected wind turbine 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, generator rotor speed, generator terminal current 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 MATLAB & SIMULINK에서 계통연계 풍력발전 시스템의 모델링을 제시하며 실제 풍속의 증감에 따른 발전기의 출력, 연계변압기결선에 따른 풍력발전 시스템의 고장전류, 연계 변압기 중성점 접지방식에 따른 고장전류 등에

대한 시뮬레이션을 수행 하고자 한다.

시뮬레이션을 통하여 풍속의 변화에 대한 발전기의 단자전압 및 유효/무효 출력의 변화를 살펴보고, 배전계통에서 1선 지락사고가 발생하였을 경우 계통에서의 전압 및 전류, 발전기의 출력 및 회전속도 변화 등에 대한 시뮬레이션을 수행함으로써 계통과 연계하여 운전할 때의 풍력발전 시스템의 특성을 관찰한다.

- 
- 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

## 2. 본 론

### 2.1 변압기 결선에 따른 고장전류에 대한 시뮬레이션

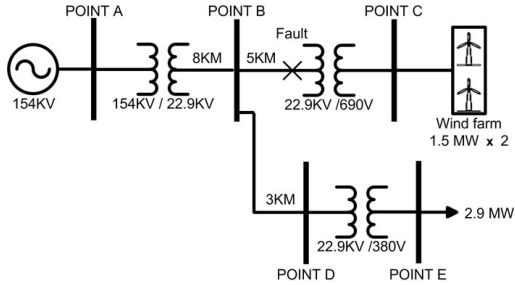


Fig. 1 Scheme of grid-connected wind power generation system

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 계통 연계변압기의 네 가지 결선방식( $\Delta-\Delta$ ,  $\Delta-\Delta$ ,  $\Delta-\Delta$ ,  $\Delta-\Delta$ )에 따른 시뮬레이션 결과를 알아보기 위한 사고모델이 접속되어 있다. 사고는 C지점 변압기 1차 측에서 60초에서 0.06초간 1선 지락고장 발생에 대하여 각각 시뮬레이션을 수행하고 결과의 차이를 살펴보기로 한다.

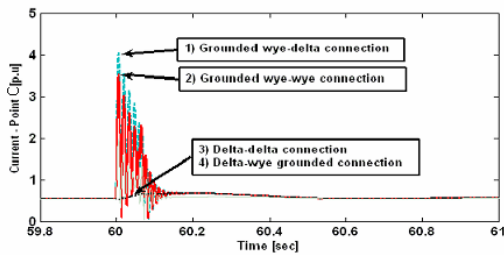


Fig. 2 Current at point C

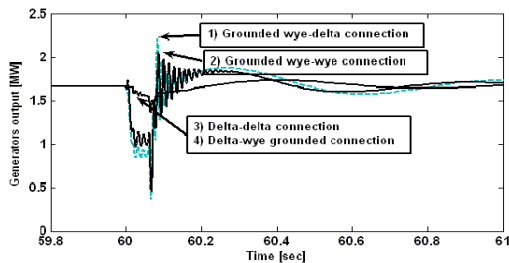


Fig. 3 Variation of generator output

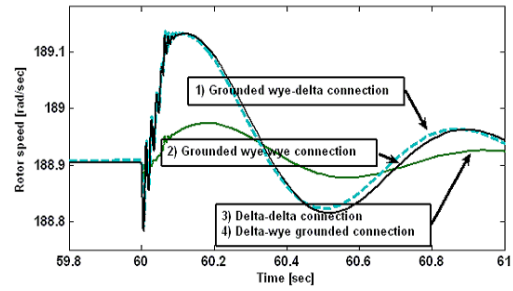


Fig. 4 Generator rotor speed

C지점 변압기 1차 측 1선 지락고장에 대한 전류 변동을 각각 살펴보면  $\Delta-\Delta$ 와  $\Delta-\Delta$  결선으로 구성된 경우 변압기 1차 측의 중성점이 접지되어 있어 연계변압기가 계통 측 지락고장에 기여하는 부분이 있기 때문에  $\Delta-\Delta$  또는  $\Delta-\Delta$  결선보다 큰 전류를 유발한다는 것을 보여주고 있으며 이는 보호계전기가 보다 확실히 고장을 검출할 수 있게 된다.

그림 3,4는 연계변압기 1차 측 1선 지락 고장 발생에 따른 발전기 출력 변화, 발전기 회전속도를 각각 나타내고 있다. 60초에서 0.06초간 회전속도 증가와 출력이 심하게 진동하고, 고장이 끝난 0.06초 이후 차츰 회복되고 있음을 볼 수 있다. 연계변압기 1차 측 1선 지락 고장 발생 시에 연계변압기 1차 측이  $\Delta$  결선인 경우 큰 고장전류의 과급으로 발전기의 출력과 회전속도의 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

### 2.2 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 C지점 변압기 1차 측에서 1선 지락 고장이 0.06초간 발생한 경우 풍력발전 시스템과 계통과 직접 연계되어 있는 변압기  $\Delta-\Delta$ 의  $\Delta$  결선 중성점 접지방식의 차이에 따른 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

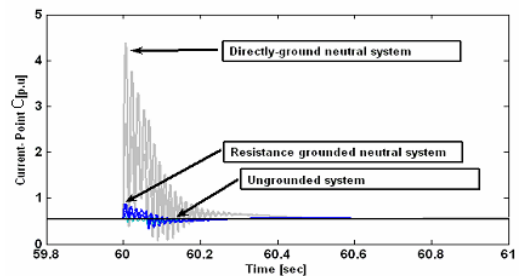


Fig. 5 Current at point C

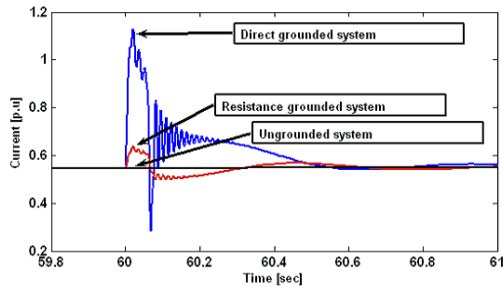


Fig. 6 Current at generator terminal

중성점 직접접지 방식은 1선 지락사고가 발생할 경우 1상이 단락 상태로 되어 많은 고장전류가 흐르는 것을 볼 수 있다. 이 경우 큰 고장전류가 전력설비에 대한 충격이 크다는 단점이 있지만 큰 고장전류 때문에 보호계전기를 신속하게 동작할 수 있다는 장점이 있다.

한편 저항접지 방식은 직접접지와 달리 과도상태 억제 및 C 지점에 발생하는 큰 고장전류를 제한할 수 있으며 이 방식을 이용하여 지락고장 시에도 피해를 줄이고 전력설비 유지보수에 많은 이득을 줄 수 있다.

비접지 방식의 경우는 지락고장시 C 지점 전류는 크게 나타나지 않기 때문에 전원공급을 계속할 수 있다는 장점이 있지만 이로 인해 지락계전기의 적용이 곤란하다는 것을 예상할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 계통연계 풍력발전 시스템을 MATLAB & SIMULINK에서 모델링하였으며 여러 가지 상황에 대한 시뮬레이션을 수행하여 전력품질 관점에서의 결과를 얻고자 하였다. SIMULINK에서 수행한 계통연계 풍력발전 시스템에 대한 시뮬레이션 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 사고모델 접속 후 1선 지락고장에 대해 연계 변압기 결선방식의 차이에 따른 고장전류 및 발전기의 특성 변화를 확인할 수 있었다.

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

계통연계 풍력발전 시스템에서의 고장전류는 연계변압기의 결선방식과 중성점 접지 유무에 따라 변동하게 되며, 이에 따른 배전계통 보호방식이 변동하게 되므로 수용가의 전기적 특성과 설비규모 등을 파악하여 연계변압기의 결선방식과 접지방식을 선택하여야 할 것으로 보인다.

### 후 기

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

### References

- [1] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, 2002, "Electrical Power Systems Quality", pp.409-415, McGraw-Hill Professional.
- [2] 이성우, 2003, "지락보호시스템", pp.11-43, 技多利
- [3] T. A. Short, 2003, "Electric Power Distribution Handbook", pp.176-214, CRC Press.
- [4] Alexandra Von Meier, 2006, "Electric Power Systems: A Conceptual Introduction", pp.144-167, WILEY.
- [5] 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.
- [6] Siegfried Heier, 2005, "Grid Integration Of Wind Energy Conversion Systems", pp.228-273, John Wiley & Sons Inc.