

풍력발전 계통연계 변압기의 결선에 따른 배전계통의 고장전류에 관한 연구

안 해준¹⁾, 노 경수²⁾, 김 현구³⁾

A Study on the Fault Current of Distribution System according to Connection of Wind Turbine Generation Grid-Connected Transformer

Hae-Joon An, Kyoung-Soo Ro, Hyun-Goo Kim

Key words : Wind Turbine 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 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 재생에너지(renewable energy)발전기술이다. 재생에너지 중 풍력발전은 기술성숙도가 가장 높으며 가장 낮은 발전단가(60~90원/kWh)로 화력발전(석유;67/kWh)과 필적할만한 경제성을 가진다.¹⁾ 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 따라 시뮬레이션을 수행 한다. 이러한 풍력발전 시스템의 계통연계 모델링은 Matlab & Simulink에서 구현하였다. 논문은 계통에서 1선

지락고장이 발생할 때를 가정하고 풍력발전 계통연계 변압기 결선과 변압기 중성점 접지방식에 따라 발전기 출력, 발전기 회전자 속도, 발전기 단자전류, 계통전류 등의 시뮬레이션 결과를 통해서 고장전류 변동을 다룰 것이다.

2. 본 론

2.1 풍력발전 시스템 모델링

풍력발전 시스템의 시뮬레이션을 수행하기 위하여 3상 전원, 3상 선로, 3상 변압기, 유도발전기, 3상 부하 등으로 계통이 구성되고, 고장전류

1) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단

E-mail : joon@kier.re.kr

Tel : (042)860-3412 Fax : (042)860-3543

2) 동국대학교 전기공학과

E-mail : Ksro@dongguk.edu

Tel : (02)2260-3346 Fax : (02)2260-3346

3) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단

E-mail : hyungoo@kier.re.kr

Tel : (042)860-3376 Fax : (042)860-3543

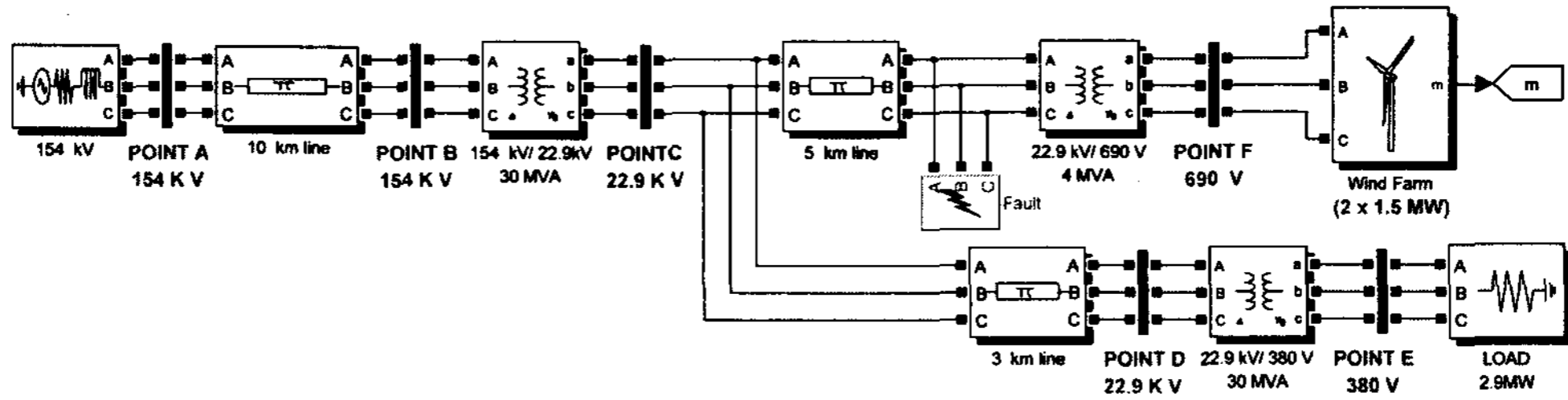


Fig. 1 Simulink model of grid-connected wind turbine generators

변동을 알아보기 위한 사고모델이 접속되어 있다. Fig. 1은 계통연계 풍력발전 시스템을 Simulink로 구현한 것이다. 각각의 풍력발전 시스템은 공칭전압 690V, 출력 1.5MW, 풍속 13m/s의 정격을 가지며 3상 변압기 3대 모두가 Δ -Y 접지식 결선이다.

2.2 변압기 결선에 따른 고장전류에 대한 시뮬레이션

변압기의 고장전류는 3상 변압기 결선방식과 중성점 접지 유무에 관계가 있다. 즉, 고장전류가 흐를 수 있다면 고장전류는 중성선이나 접지를 귀로 하여 흐르므로 고장전류는 큰 값을 갖는다. 반대로 중성점 비접지 방식의 경우 고장전류가 흐를 수 있는 귀로가 없으므로 고장전류는 적은 값을 갖는다.

변압기 결선방식에 따라 F지점 변압기 1차 측 60초에서 0.06초간 1선 지락 고장 발생 후 시뮬레이션 결과 차이는 다음과 같으며 각각의 시뮬레이션 결과를 합쳐서 하나의 그래프로 표현하였다.

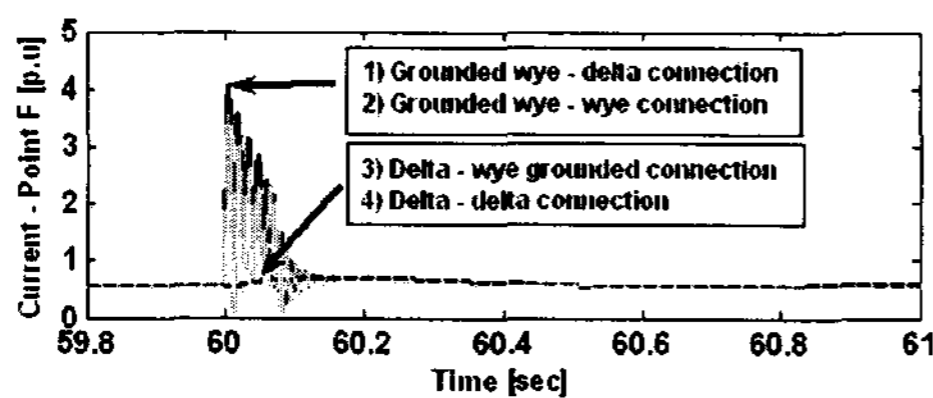


Fig. 2 Current at point F

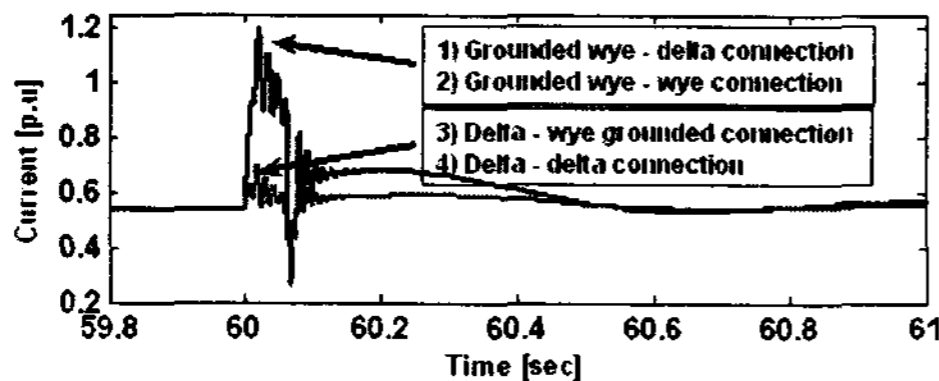


Fig. 3 Generator terminal current

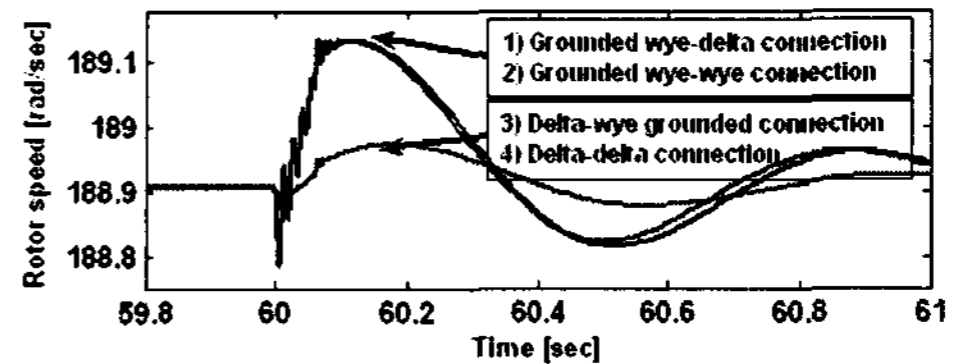


Fig. 4 Rotor speed

2.2.1 Δ -Y 접지식 결선

Δ -Y 접지식 결선에서는 고장 전류가 중성점을 통하여 순환하게 된다. 하지만 1차 측 고장 발생 시 1차 측이 비접지 결선이기 때문에 고장전류가 결선 내를 순환하여 흐르고 선로 밖으로 나가지 않는다. 그러므로 고장전류가 적게 나타난다.

2.2.2 비접지식 Δ - Δ 결선

비접지식 Δ - Δ 결선에 있어서는 각 선에 흐르는 고장 전류의 귀로가 없으므로 등가회로는 개방회로가 되며, 고장전류가 결선 내를 순환하므로 고장전류가 적게 나타난다.

2.2.3 접지식 Y- Δ 결선

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 접지식 Y-Y 결선

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

2.3 변압기 중성점 접지 방식의 비교

1선 지락전류는 중성점 접지 방식의 운영에 따라 결정되며 그에 맞는 접지를 통해 대지전압 상승을 억제하고, 전력기기의 손상과 사고 파급을 사전 방지하고 있다. 접지방식은 60초에서 0.06초간 1선 지락 고장발생 후 직접접지, 저항접지, 비접지 등으로 구분하여 시뮬레이션을 수행하였고, 2.2 변압기 결선에 따른 고장전류에 대한 시뮬레이션 결과처럼 각각의 결과를 합쳐서 하나의 그래프로 표현하였다.

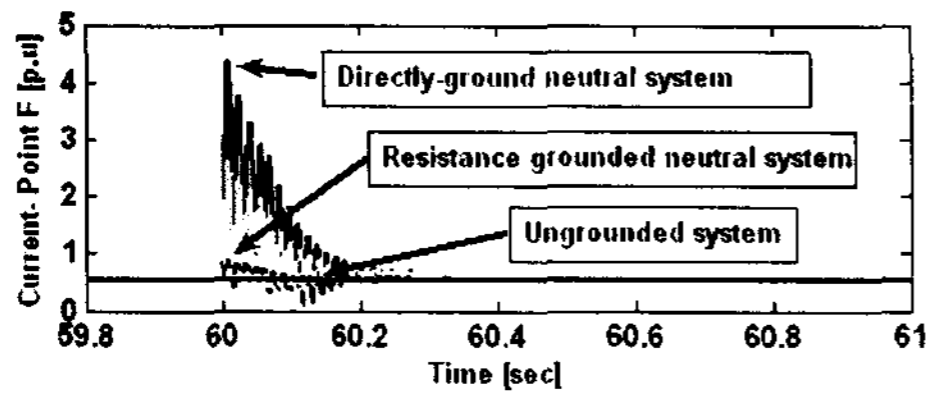


Fig. 5 Current at point F

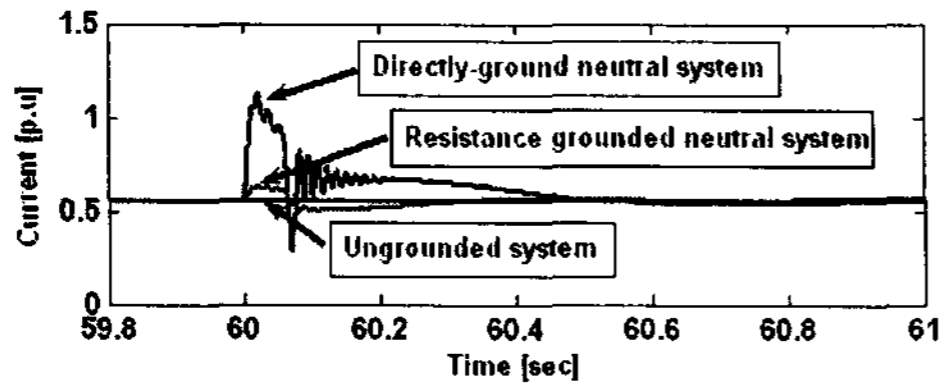


Fig. 6 Generator terminal current

2.3.1 변압기 직접접지 방식

변압기 Δ -Y 중성점 직접접지 방식은 Y 결선 방식으로서 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 보호 계전기를 신속하게 동작 할 수 있다는 장점이 있다.

2.3.2 변압기 저항접지 방식

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

2.3.3 변압기 비접지 방식

계통을 접지하지 않고 비접지 상태에서 운전하는 방식이므로 지락 사고 시 고장전류는 수 A 정도에 지나지 않는다. 적은 고장전류로 중단 없는 전원공급을 할 수 있다는 장점이 있지만, F지점에 발생하는 고장 전류가 극히 미세하기 때문에 지락 계전기의 적용이 곤란하다는 단점이 있다.

3. 결론

본 논문에서 계통연계 풍력발전 시스템을 모델링하고 사고모델을 접속하여 전력품질에 미치는 영향을 Matlab&Simulink에서 시뮬레이션으로 확인한 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 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.

변압기 결선과 중성점 접지에 따라 계통보호방식별 장·단점이 다르기 때문에 각 수용가의 전기적 특성과 설비규모 등을 파악하여 변압기 결선과 접지방식을 선택해야 한다. 따라서 설비규모가 점차 대형화됨에 따라 비접지 방식에서 저항접지 또는 직접접지 방식 변경으로 기술적인 검토가 필요하다. 특히 계통의 고장은 고장을 최소화하고 만일의 고장에 대하여 고장시간을 단축할 수 있는 노력이 더 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 연구는 동국대학교 전기공학과 및 한국에너지기술연구원 기본사업(풍력발전 핵심 기반기술 개발)의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 김현구, 최재우, 2002, "풍력에너지 이용 및 개발현황," RIST 연구논문, Vol. 16, No. 4, pp. 479-485.
- [2] 이성우, 2003, "지락보호시스템", pp.11-43, 技多利
- [3] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, 2002, "Electrical Power Systems Quality", pp.409-415, McGraw-Hill Professional.
- [4] T. A. Short, 2003, "Electric Power Distribution Handbook", pp.176-214, CRC Press.
- [5] Alexandra Von Meier, 2006, "Electric Power Systems: A Conceptual Introduction", pp.144-167, WILEY.
- [6] 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.
- [7] Siegfried Heier, 2005, "Grid Integration Of Wind Energy Conversion Systems", pp.228-273, John Wiley & Sons Inc.