

배전선 보호기기 선정 시 계통 연계 분산전원의 용량 고려

박인기, 장성일, 박용업, 김세근, 김광호
 강원대학교, 서울대학교

Consideration of the Distributed Generator's Capacity in Determining the Protective Devices

I. K. Park, S. I. Jang, Y. U. Park, S. G. Kim, K. H. Kim
 Kangwon National University, Seoul National University

Abstract - This paper describes the effect of the interconnected wind turbine generators on fault current level of distribution networks. Distributed generator (DG) interconnected with grid can supply the power into a power network not only the normal conditions, but also the fault conditions of distribution network. If the fault happened in the distribution power line with DG, the fault current level measured in a relaying point might be higher than that of distribution network without wind turbine generator due to the contribution of wind farm. Consequently, it may destroy the conventional protective devices applied in the distribution network with DG. Simulation results shows that the current level of fault happened in the power line with DG depends on the power output of DG.

ElectroMagnetic Transients in DC systems)를 이용하였으며, 연계 배전 계통 모델은 일반적인 우리나라의 22.9 kV 선로 구성과 부하데이터를 이용하였다 [6].

2. 본 론

2.1 분산 전원 연계 계통 모델링

본 논문에서는 전력계통 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 분산전원 및 연계 배전계통을 모델링 하였다. 분산전원은 권선형 유도 발전기로 가정하였으며, 배전계통은 우리나라의 22.9 kV 실 계통 데이터를 이용하여 구성하였다.

A. 22.9kV 배전계통 모델링

풍력발전단지가 연계되는 배전계통은 용량이 45 MVA 인 변압기와 선간전압 22.9 kV인 실제용 데이터로 구성하였다. 우리나라의 경우 풍력발전단지의 전체 용량이 3 ~ 10 MVA이면 전용선을 이용하여 154 kV 변전소의 22.9 kV 모선에 연계하도록 권고하고 있으므로, 본 연구에서는 ACSR 160 mm²의 전용선으로 22.9 kV 모선과 10 km 떨어진 지점에 9.75 MVA의 풍력발전단지를 위치시키고 용량별 풍력발전단지의 운전특성 및 다양한 전용선 사고를 모의 하였다. 그림 1은 모델링된 22.9 kV 배전계통의 단선도를 나타내고 있다.

1. 서 론

최근 부하용량의 증가와 더불어 전력수급의 안정성을 위해 분산전원의 도입이 급격히 이루어지고 있다. 분산전원의 도입 초기에는 용량이 작은 발전기들을 배전선에 직접 연계하여 운전을 하였는데, 이러한 경우에는 발전기들의 용량이 작기 때문에 계통에 미치는 영향이 매우 작았다. 그러나 현재는 대용량 분산전원들이 전용선로를 이용하여 배전계통에 투입되므로, 기존에는 없었던 새로운 문제들이 발생할 가능성이 있다. 그 중 가장 심각한 것으로 분산전원이 연계된 배전계통 사고 시 사고 용량의 증가를 들 수 있다 [1-3]. 큰 발전용량의 분산전원이 연계된 인접 배전선에서 사고가 발생하게 되면, 분산전원으로 인해 사고 용량이 증가하여 기존에 설치되었던 보호기기들이 손상을 받을 수 있다 [4][5]. 그리고 정격 전류보다 큰 전류로 CT, PT 등이 포화되어 배전선 보호기기가 오부동작을 일으킬 수 있다. 따라서 배전계통에 설치된 기존의 보호기기에 대한 대용량 분산전원의 영향을 분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 대용량 풍력발전단지가 연계 운전되고 있는 배전계통에서 사고가 발생하였을 경우, 이들 풍력발전단지의 운전이 배전선 보호계통에 어떠한 영향을 미치는가를 모의 분석하였다. 풍력발전단지가 배전선 사고 검출에 미치는 영향을 검토하기 위하여 분산전원 설치유·무에 따른 발전기 용량별 사고를 모의하였다. 모의 결과 풍력발전기가 연계 운전되고 있는 배전계통의 사고 전류는 그렇지 않은 경우에 비하여 크게 나타났으며, 풍력발전기의 용량이 커질수록 계전점 사고전류는 더욱 커지는 특성을 나타내었다. 따라서 분산전원의 보급이 확대되는 향후에는 배전선 사고 검출용 보호기기를 정할 때, 풍력발전기의 연계 유무 및 운전상태 등을 고려해야 할 것으로 사료된다. 풍력발전기 및 다양한 배전선 사고의 모델링은 과도 현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC(Power System Computer Aided Design/

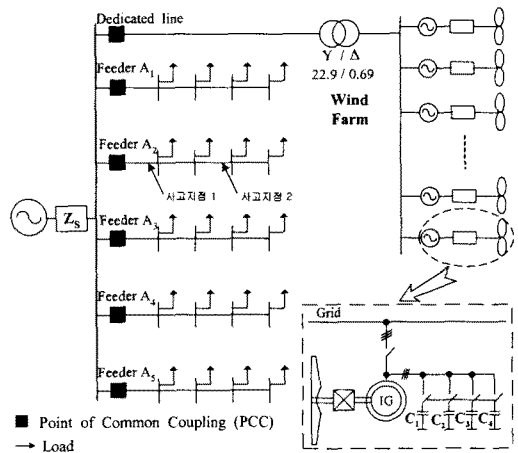


그림 1 풍력발전단지가 연계된 22.9 kV 배전계통 단선도

B. 분산전원 모델링

PSCAD/EMTDC에서 제공하는 권선형 풍력 유도 발전기 모듈을 그림 2에 나타내었다. 그림 우측의 A, B, C는 배전계통에 연결되는 3상 전원을 의미하며 좌측의

W, S, TL은 발전기의 출력을 조절하는 외부 단자를 표현한다. 여기서, W는 풍력 유도 발전기의 회전 속도, S는 발전기 출력특성 제어변수, 그리고 TL은 음의 값으로서 유도 발전기의 외부 입력이 된다. 권선형 유도 발전기 모듈은 외부저항 연결단자 a, b, c가 회전자에 연결되어 있으며, 이 외부저항의 크기를 제어함으로써 넓은 슬립 영역에서 동작할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 풍력 발전단지를 구성하고 있는 발전기들을 750 kVA의 용량을 가지는 발전기로 가정하고, 풍력발전기 실 데이터를 이용하여 권선형 풍력 유도 발전기를 모델링 하였다.

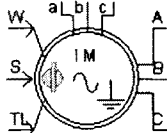


그림 2 EMTDC에서의 권선형 유도 발전기 모듈

2.2 배전 계통 사고 모의

본 절에서는 전절에서 제시한 배전계통에 다양한 용량의 분산전원을 연계시킨 후 사고 지점을 달리하여 1선 지락과 2선 단락 및 3선 단락사고를 모의하였다.

A. 분산전원 연계 계통의 사고전류

그림 3은 배전선 사고 시 사고 전류의 흐름도를 나타낸 것이다. 분산전원이 연계되어 있지 않은 경우의 배전선 사고는 단지 변전소의 전원만이 사고전류를 발생시키는 역할을 한다. 여기서 사고전류의 크기는 사고 발생 지점과 전원임피던스 크기에 의해 결정된다. 한편, 전용선 계통 연계 대용량 분산전원은 계통 고장 시 사고전류를 증가시켜주는 하나의 전원처럼 동작할 수 있다. 다시 말하면 변전소의 전원과 분산전원이 병렬로 연결되어 사고 지점으로 전류를 흘려주게 되는 것이다 따라서 분산전원이 설치되어 있는 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 사고 전류가 급격히 증가하게 된다.

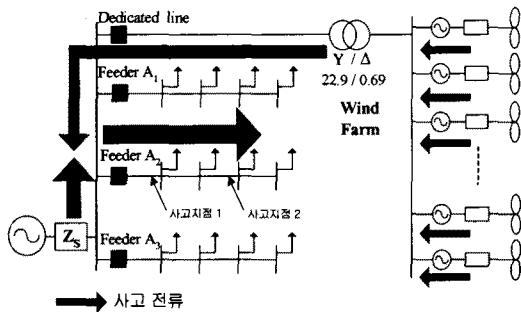


그림 3 분산전원 연계 배전계통의 사고전류 흐름도

B. 1선 지락 사고

본 연구에서는 모선에 가까운 사고지점 1과 모선으로부터 6.6 km 떨어진 사고지점 2에서 각각 1선 지락 사고를 모의하였으며 이에 대한 모의 결과를 그림 4와 5에 각각 제시하였다. 사고지점 1은 모선에서 가까운 지점의 사고이므로 사고지점 2보다 상대적으로 큰 고장전류가 검출되었다. 그리고 그림에서 알 수 있듯이 모선에서 고장이 발생했을 경우 분산전원이 연계되어 있는 경우가 그렇지 않은 경우보다 2 pu 이상 큰 전류가 검출되었다. 반면, 분산전원이 연계되어 있지 않은 경우는 정격전류를 기준으로 12 pu까지 증가하였다. 그리고 사고 초기과도상태의 경우에는 짧은 기간이지만 분산전원 비연계 사

고전류 보다 3.5 pu 이상 더 많은 고장 전류가 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 순간적으로 분산전원에서 큰 고장전류를 계통으로 공급함을 의미한다. 따라서 계통에 연계되어 있는 보호기들은 연계 분산전원의 영향으로 고장이 발생할 수 있을 것으로 생각된다. 사고 지점 2에서의 지락사고는 분산전원 연계 유무에 따라 0.5 pu의 전류차가 발생하였다.

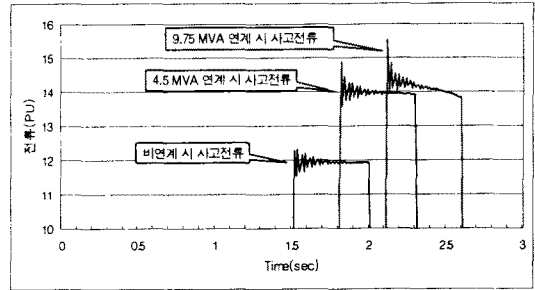


그림 4 1선 지락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 1)

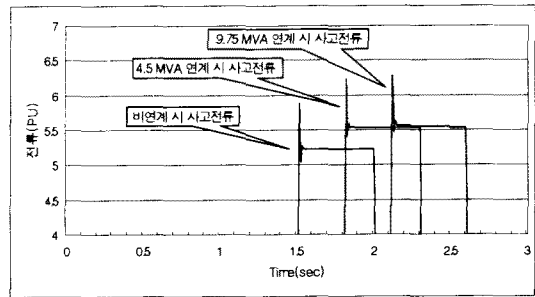


그림 5 1선 지락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 2)

C. 3선 단락 사고

1선 지락 사고와 같이 모선에 가까운 사고지점 1과 모선으로부터 6.6 km 떨어진 사고지점 2에서 각각 3선 단락 사고를 모의하였으며 이에 대한 모의 결과를 그림 6와 7에 각각 제시하였다. 사고 발생 지점에 따른 사고 전류의 크기는 1선 지락 사고와 유사한 특징을 가진다. 그러나 1선 지락 사고와는 달리 3선 단락 사고에서는 분산전원 연계 유무에 상관없이 사고 전류가 일정한 것을 볼 수 있다. 단지 사고 과도상태 시 사고 전류가 급격히 증가한다. 이는 3상사고 시 초기에는 발전기처럼 동작하다가, 이후 계통 전압이 급격히 떨어지므로 분산전원이 정상적으로 동작하지 못하는 것에 기인한다.

D. 2선 단락 사고

1선 및 3선 사고와 마찬가지로 모선에 가까운 사고지점 1과 모선으로부터 6.6 km 떨어진 사고지점 2에서 각각 2선 단락사고를 모의하였으며 이에 대한 모의 결과를 그림 8과 9에 각각 제시하였다. 사고 발생 지점에 따른 사고전류의 크기는 1선 및 3선 사고와 유사하였다. 사고 지점 1에서의 단락 사고 시 분산전원의 계통 연계로 사고전류가 순간적으로 13 pu까지 증가 후 급격히 감소하는 특성을 가진다. 이는 3선 단락 사고에서 언급한 것처럼 전압강하가 크게 발생하므로 분산전원이 발전기로서 동작하지 못하는 것을 나타내고 있다. 모선에서 먼 지점의 사고는 분산전원 유무에 영향을 작게 받는 것으로 모의되었다.

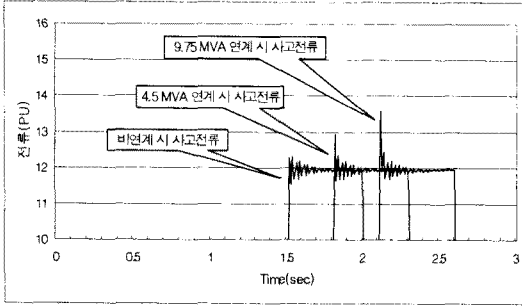


그림 6 3선 단락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 1)

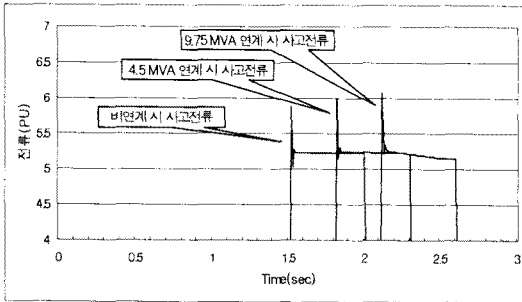


그림 7 3선 단락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 2)

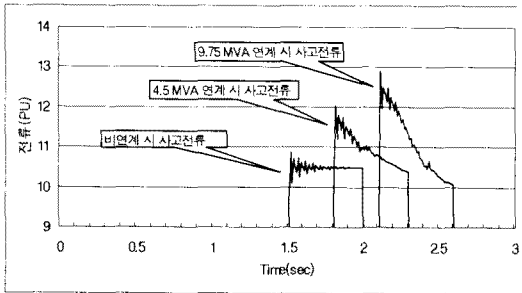


그림 8 2선 단락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 1)

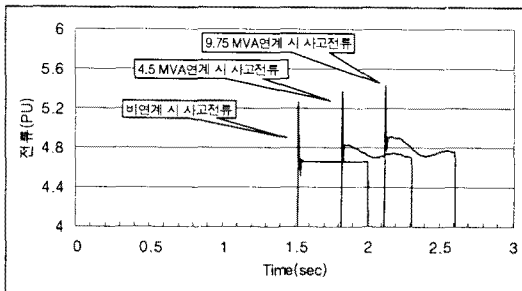


그림 9 2선 단락사고 시 분산전원 연계 유무 및 발전기 용량에 따른 사고전류 크기 (사고지점 2)

3. 결 론

본 논문에서는 대규모 풍력발전단지가 연계 운전되고 있는 배전계통에서 사고가 발생하였을 경우, 이들 풍력발전단지의 운전이 배전선 보호계전에 어떠한 영향을 미치는가를 모의 분석하였다. 풍력발전단지가 배전선 사고 검출에 미치는 영향을 검토하기 위하여 분산전원 설치 유무에 따른 발전기 용량별 사고를 모의하였다. 모의 결과 풍력발전기가 연계 운전되고 있는 배전계통의 사고전류는 그렇지 않은 경우에 비하여 크게 나타났으며, 풍력발전기의 용량이 커질수록 계전점 사고전류는 더욱 커지는 특성을 나타내었다. 특히, 대규모 분산전원이 연계되어 있는 계통에서의 모선 인접 1선 지락사고 시 고장전류는 분산전원이 설치되어 있지 않은 경우에 비해 25% 이상 크게 발생하였다. 따라서 분산전원의 보급이 확대되는 향후에는 배전선 사고 검출용 보호기기를 정할 때, 풍력발전기의 연계 유무 및 운전상태 등을 고려해야 할 것으로 사료된다. 풍력발전기 및 다양한 배전선 사고의 모델링은 과도 현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC (Power System Computer Aided Design/Electro-Magnetic Transients in DC systems)를 이용하였으며, 연계 배전 계통 모델은 일반적인 우리나라의 22.9kV 선로 구성과 부하데이터를 이용하였다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단의 풍력발전시스템의 실증연구단지 조성 및 실증에 대한 연구사업을 통해 이루어 졌으며 이에 감사를 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Thomas Ackermann, Goran Andersson, Lennart Soder, "Electricity Market Regulations and their Impact on Distributed Generation." IEEE, No. 0-7803-5902-X/00, 2000
- [2] W. J. S. Rogers, "The Parallel Operation of Generating Plant within a Regional Electricity Company's Distribution Network." IEE Colloquium on "The Parallel Operation of Generating Plant within a Public Electricity Network." Chester, UK, Feb. 1991, pp. 1-9
- [3] Philip P. Barker, Robert W. de Mello, "Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: Part1-Radial Distribution Systems." IEEE, No. 0-7803-6420-1/00, 2000.
- [4] 장성일 외, "풍력발전단지의 계통연계 운전이 배전선 보호계전에 미치는 영향", 대한전기학회 논문지, 제 52A권 제 3호, 2003년 3월, pp.151-157
- [5] 장성일 외, "분산전원 연계 배전계통의 사고 특성 분석" 대한전기학회 전력기술위원회 2002년도 추계학술대회 논문집, 2002, 11월 15-16일, pp. 65-68
- [6] Manitoba HVDC Research Centre, "EMTDC V3 User's Manual"