

분산전원용 적응형 과전류 계전기

김형규, 송황빈, 안종필, 정철현, 강상희
 명지대학교 차세대전력기술연구센터

Adaptive Over Current Relay for power systems having Decentralized Generator

Hyung-Kyu Kim, Hwang-Bin Song, Jong-Pil Ahn, Cheal-Hyun Jeong, Sang-Hee Kang
 Next-generation Power Technology Center, Myongji University

Abstract -

Output of wind generators are changed by windy level. The change of the output also affects the amplitude of fault current. And this fault current causes OCR's mal-operation. To solve the problem, this paper adopts that Over Current Relay adapted for Decentralized generator algorithm.

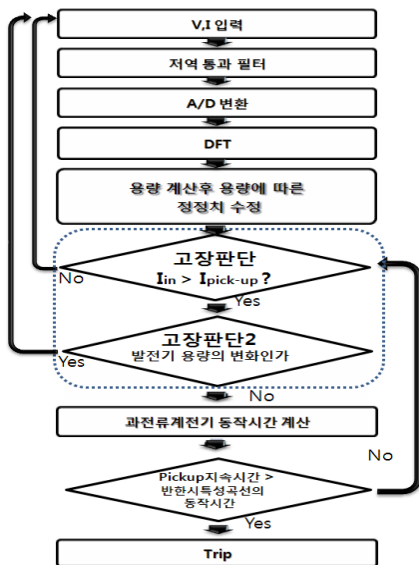
1. 서 론

분산전원 연계점에 설치되는 과전류 계전기는 단락고장에 대한 보호 책무를 가지며, 지락 과전류 계전기는 지락고장에 대한 보호 책무를 갖는다. 분산전원의 한 방식인 풍력발전기의 경우 바람의 세기에 따라 발전용량의 변화가 생기게 되며, 이는 고장전류의 크기에도 영향을 주어 지락 과전류 계전기의 오동작 혹은 오부동작을 유발할 가능성이 있다. 본 논문에서는 풍력발전기 연계점에 설치된 과전류 계전기의 오/부동작을 방지하기 위해 풍력발전기의 출력에 따른 자율 정정 기능을 갖는 과전류 계전기를 제안하였다. PSCAD를 이용하여 농형 유도 발전기를 사용하는 풍력발전기 모델 및 연계 계통을 모의하였고, TMS320C32 DSP를 탑재한 보드를 이용하여 제안된 알고리즘의 성능을 검증 하였다.

2. 본 론

2.1 분산전원용 적응형 과전류 계전기

지락 과전류 계전기의 동작 전류치 정정은 일반부하에서는 최대부하전류의 150% ~ 170%로, 변동부하에서는 200% ~ 250%로 정정한다. 풍력발전의 경우 바람의 세기에 따라 발전량이 변동하며, 이에 따라 단락용량이 변하게 된다. 그렇기 때문에 최대 발전량일 때의 부하전류를 기준으로 동작전류를 설정할 경우, 발전량이 감소하였을 때 고장전류의 크기가 동작 전류 보다 작아 계전기의 부동작을 유발할 가능성이 있다.



<그림 1> 적응형 과전류계전기의 알고리즘 흐름도

그림 1 은 제안된 분산전원용 과전류 계전기의 알고리즘 흐름도를 보인 것이다. 동작전류가 고정되어 있는 일반적인 지락 과전류 계전기와 달리 제안된 과전류 계전기에서는 풍력발전기의 발전량을 계산하여 그에 따른 전류의 150%를 정정치로 설정한다. [1] [3]

2.2 풍력발전기의 용량 계산

풍력발전기의 변화하는 발전량을 계산하기 위해서 DFT를 통해 페이저 값을 추출하였다. 이로부터 전압, 전류의 실효치를 구하고, 전압의 실효치와 전류의 실효치를 곱하여 용량을 계산하였다.

2.2.1 DFT 연산을 통한 실효치 계산 및 용량계산

$$X_{Re} = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$$

$$X_{Im} = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$$

$$X_{RMS} = \sqrt{(X_{Re})^2 + (X_{Im})^2}$$

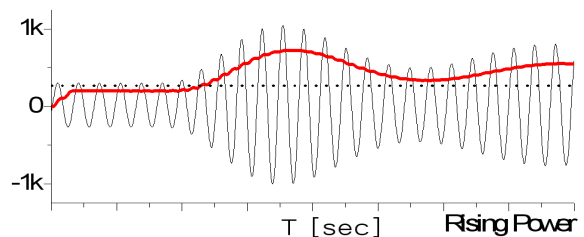
$$P = V_{RMS} \times I_{RMS}$$

식 1 DFT 연산을 통한 실효치 계산 및 용량계산

식 1 은 본 논문에서 사용한 과전류 계전기 알고리즘의 기본 DFT연산을 통한 실효치 계산식을 나타낸 것이다.

2.3 발전기 용량변화와 고장 판단의 구분

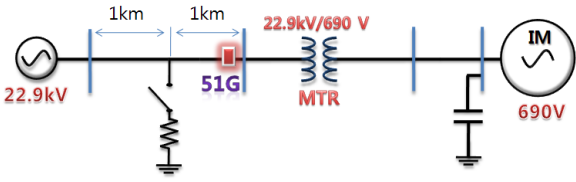
그림 2 은 바람의 세기에 따른 발전기의 출력증가와 고장전류 파형의 차이를 보인 것으로 이를 구분하기 위해 Pick-up 신호가 출력되는 시점 이후 3샘플 동안의 실효치 전류 크기변화의 기울기를 계산하여 갑작스런 전류의 증가는 고장으로 판단하며 서서히 증가하는 전류는 풍량의 증가에 따른 발전량의 증가로 판단하되, 최소 고장전류와 발전량의 최대변화시의 기울기의 중간값을 기준으로 하였다.



<그림 2> 발전량 변화시의 전류의 증가

3. 사례 연구

3.1 모의 시스템 구성



〈그림 3〉 모델 계통

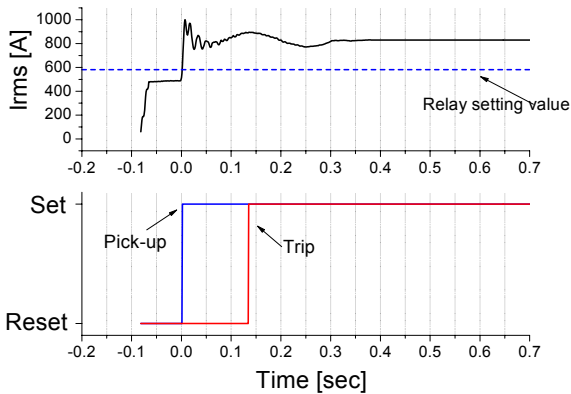
제안된 적응형 과전류 계전기 방식의 타당성을 검증하기 위하여 그림 3 와 같은 분산전원 계통을 전력계통 해석시뮬레이션 프로그램인 PSCAD를 이용하여 모델링하였다. 바람의 세기에 따른 풍력발전기의 출력의 변화는 농형 유도기 모델의 토크 제어 방식으로 구현하였다. 풍력발전기가 연계된 배전계통은 선간전압이 22.9kV이며 발전기의 출력을 변화 시키면서 따른 1km 지점 A상 지락고장을 모의하였다.

TMS320c32 DSP보드를 이용하여 적응형 과전류 계전기를 구현하였고 PSCAD로 모델링한 고장파형을 DOBLE로 D/A 변환하여 계전기의 입력 신호로 사용하였다.

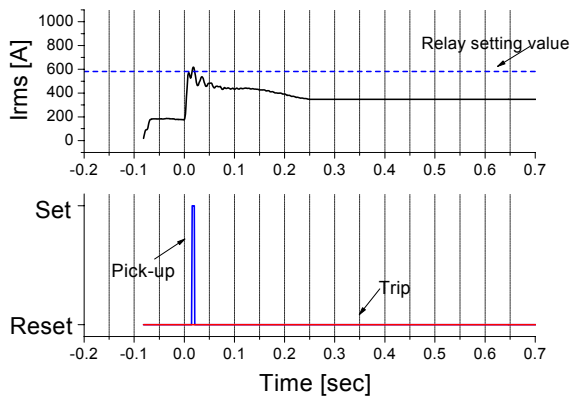
과전류계전 알고리즘은 지역통과 필터를 거친 아날로그 신호를 주기 당 16샘플 A/D 변환하여 DFT기반으로 페이지를 추출하였다. [1] [2]

3.2 모의 결과

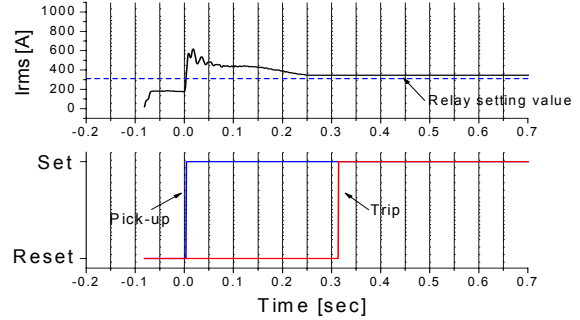
〈그림 4〉는 풍력발전기가 100% 출력으로 운전중 고장이 발생했을 때 전류파형과 과전류 계전기의 Pick-up, Trip 신호를 나타낸 것이고, 그림 5 은 풍력발전기의 출력이 50%일 때 동일 정정치를 적용하였을 경우의 전류파형과 Pick-up, Trip 신호를 나타낸 것이다. 그림 4 의 경우는 계전기가 정상동작 하지만 그림 5 의 경우 부동작함을 알 수 있다.



〈그림 4〉 풍력발전기 출력 100% - 기존 과전류 계전 알고리즘

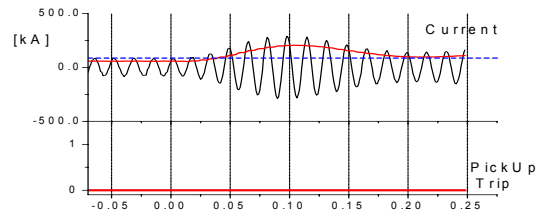


〈그림 5〉 풍력발전기 출력 50% - 기존 과전류 계전 알고리즘



〈그림 6〉 풍력발전기 출력 50% - 적응형 과전류 계전 알고리즘

그림 6 은 그림 5 과 같은 사례에 제안된 적응형 과전류계전기 계전을 적용했을 경우의 고장 전류 파형과 과전류 계전기의 Pick-up, Trip 신호를 나타낸 것이다. 그림 5 에서 부동작한 기준의 계전 방식과 달리, 제안된 적응형 과전류 계전 방식은 풍력발전기가 50% 출력으로 운전중일때 연계선로에 고장 발생 시에도 고장을 검출하여 정상동작 함을 알 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 풍력발전기의 출력이 감소하여 고장 전류가 작아진 상황에서도 출력이 따른 자율정정으로 고장검출이 가능함을 확인할 수 있다. 동작 전류가 낮게 정정된 상황에서 다시 발전기의 출력이 증가하여 동작전류를 넘게 될 경우에는 전류 변화의 기울기에 따라 고장과 출력을 증가를 판단하도록 하였으며 그림 7 은 이와 같은 경우의 모의 결과를 보인 것이다.



〈그림 7〉 풍력발전기 출력 50%에서 100%로 증가시

4. 결 론

본 논문에서는 풍력발전기의 출력 변동 시, 고장이 발생할 경우 분산전원 측에 설치된 자율정정기능을 갖는 보호계전기를 통해 기존 과전류 계전기의 부동작 문제를 해결하였다. 이때, 자율정정을 위해 풍력발전기의 출력량을 추정하는 방법을 제시하였고, 계산된 출력을 통해 분산 전원측에 설치된 계전기가 자율정정기능을 갖도록 하였다. 출력용량의 증가 시 고장으로 판단하지 않도록 고장과 발전량의 변화를 전류의 변화를 이용하여 구별 하였다.

사례 연구를 통해 본 논문이 제안한 적응형 과전류 계전기가 올바르게 동작함을 검증하였고, 기존 계전기가 올바르게 검출해내지 못했던 고장도 검출함을 보였다. 따라서 기존 과전류 계전기를 사용하였을 때보다 제안한 적응형 과전류 계전기를 사용하였을 때, 보호계전기의 신뢰도와 분산전원 시스템의 안정성이 향상될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업(차세대전력기술연구센터) 및 2단계 BK21 사업 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] 장성일, 김광호, 권혁완, 김대영, 권혁진, “풍력발전단지 연계 전용선로 보호계전방식의 향상에 대한 연구”, 대한 전기 학회 논문지, Vol. 52A, No 15, 675-683, 2003
- [2] 명지대학교 차세대전력기술연구센터, “대단위 풍력발전단지의 송전계통 연계기술 개발 연구”, 2004
- [3] 유상봉, 임성준, 강창원, 이순형, 한찬호, 박용덕, 전명수, 이규복, 김정철 “보호계전 시스템의 실무활용기술”, 기다리, 2002