

# 환상형 분산전원 단지 보호를 위한 전압제어 과전류 계전기

## Voltage-controlled Over-current Relay for Loop-connected Distributed Generators

김 태 희\* · 강 상 희†  
(Tae-Hee Kim · Sang-Hee Kang)

**Abstract** - A protection algorithm using a voltage-controlled overcurrent element for a looped collection circuit in a wind farm is suggested in this paper. Because the proposed algorithm uses voltage relaying signals as well as current relaying signals, any fault in the looped collection circuit can be cleared by voltage-controlled overcurrent relays located at the two adjacent relaying points, the nearest place in each direction from the fault point. The algorithm can also distinguish the external faults which occur at the outside of a wind farm from the internal faults. It means that the proposed algorithm can provide the proper ability of protection coordination to the relays in the looped collection circuits of a large wind farm. The performance of the proposed algorithm is verified under various fault conditions using PSCAD/EMTDC simulations.

**Key Words** : Voltage-controlled Over-current relay, Wind farm, Protection coordination, Looped collection circuit

### 1. 서 론

에너지 자원 고갈과 환경문제가 대두되면서 신재생에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 신재생에너지를 이용한 여러 종류의 분산전원들에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있고, 실제 계통에 적용되어 운영되고 있다. 풍력발전의 경우 다른 분산전원들에 비해 낮은 발전비용과 높은 효율로 국내외적으로 각광받고 있다. 최근 풍력발전단지가 대단위화 됨에 따라 발전단지 내 발전기의 개수 및 구성이 복잡해지고 있다. 풍력발전단지 개별 발전기 구성으로는 병렬접속 구조와 루프접속 구조가 있다. 병렬접속 구조는 구성 및 보호시스템이 간단하지만 내부고장 시 고장지점에서 하위 발전기들은 모두 탈락하는 단점이 있다. 루프접속 구조의 경우 구성 및 보호시스템이 복잡해지지만 내부고장 시에도 고장구간을 선택적으로 차단할 수 있고, 나머지 발전기들은 발전전력을 계속 전송할 수 있다. 루프접속 구조의 풍력발전단지 보호 측면에서 발전기가 여러 대인 풍력발전단지가 계통과 연계되면 전력 조류와 고장전류에 영향을 미침으로 종래의 보호계전 방법으로는 적절한 보호를 하지 못하는 경우가 발생한다.

풍력발전단지 및 연계계통 보호에 대한 연구로 풍력발전단지에 사용된 유도 발전기의 회로 특성에 근거하여 풍력발전 모선단에 설치한 계전기에서 측정된 정상분 전압, 전류의 궤적을 이용하여 발전단지의 정상상태, 기동, 내부 및 외부고장을 구별하는

방법[1]이 제시되었으나, 이 방법은 유도발전기의 계통 직입 연계 시에만 사용할 수 있고 내부고장 시 풍력발전단지 전체를 차단해야 하는 단점이 있다. 다른 연구로는 풍력발전단지를 루프계통으로 구성하여 발전단지 내부 전류 특성을 이용해 풍력발전단지 내부 및 외부고장을 구별하며 내부고장 시 고장구간을 선택적으로 차단하는 방법[2]을 제안하였으나, 발전단지 내부고장 시 발전단지 내부 계전기 간 실제 계전기 및 차단기 동작시간을 고려한 보호협조가 고려되지 않은 단점이 있고, 풍력발전기는 유도발전기를 대상으로 하였다.

루프계통구조는 배전계통에서도 찾아 볼 수 있다. 일반적인 국내 배전계통은 풍력발전단지 병렬접속 구조와 같은 방사상 계통으로 구성되어 있지만 최근 국내 배전계통에도 송전계통과 같은 루프계통 도입을 추진하고 있다. 루프 배전계통을 운영하기 위해서는 방사상 배전계통에서와는 다른 보호시스템과 보호협조 방안이 필요하다. 송전계통에서 사용되는 거리계전기나 전류차동계전기와 같은 보호계전방식의 활용도 가능하지만 배전계통에서 송전계통 보호계전방식을 사용하는 것은 경제성이 떨어지는 문제와 배전계통 특성에 따른 거리계전기 적용의 한계가 있다. 루프 배전계통 보호에 관한 연구로는 방향성 과전류 계전기를 이용한 보호 방식이 제시된 바 있다[3].

본 논문에서는 풍력발전단지 내 고장 발생 시에도 안정적인 전력공급을 위해 각 발전기들을 루프계통으로 구성하였으며, 발전단지 내부고장과 외부고장을 판별하는 것은 물론 계전기와 차단기의 동작시간을 고려하여 내부 계전기간 보호협조가 이루어지도록 하는 전압제어 과전류 계전 알고리즘을 제안하였다. 풍력발전기는 동기기와 전력변환장치로 구성하였으며 고장 발생 시 전력변환 장치를 이용해 발전기 정지가 가능하여 각 풍력발전기 출력단 측의 차단기를 생략하였다.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Myongji University, Korea.  
E-mail: shkang@mju.ac.kr  
\* Dept. of Electrical Engineering, Myongji University, Korea.  
Received : December 9, 2014; Accepted : October 31, 2016

## 2. 본 론

### 2.1 풍력발전단지 구성방식

#### 2.1.1 풍력발전단지의 병렬접속 구성방식

풍력발전단지를 그림 1과 같이 병렬접속 구조로 구성하면 구성이 용이하고 차단기 설치개수가 적다는 장점이 있다. 그러나 보호 측면에서 풍력발전단지 내부에서 발생한 고장 Fault2에 대하여 차단기 CB3과 CB4를 개방하면 하위 발전기 3기를 정지해야 한다. 보다 상위 지점 고장 Fault1에 대해 차단기 CB1이 개방되면 하위의 모든 발전기를 정지해야 하므로 고장을 차단 복구할 때까지 발전전력을 전송하지 못하는 단점이 있다.

#### 2.1.2 풍력발전단지의 루프접속 구성방식

풍력발전단지를 그림 2와 같이 루프접속 구조로 구성하면 발전단지 내부에서 발생하는 고장 Fault2에 대해 고장구간 좌우의 차단기만 개방하면 고장구간을 차단할 수 있고, 나머지 발전기들은 발전전력을 계속 전송할 수 있으며, 병렬접속 구조와 비교할

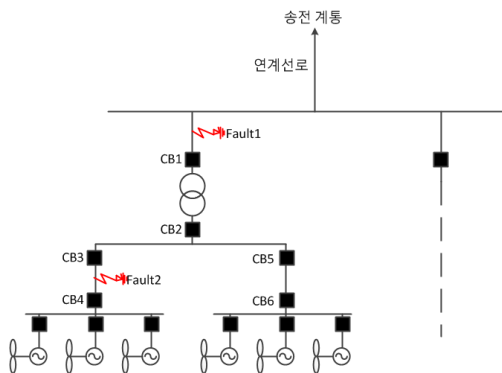


그림 1 풍력발전단지 병렬접속 구성  
Fig. 1 A parallel connection system of a wind farm

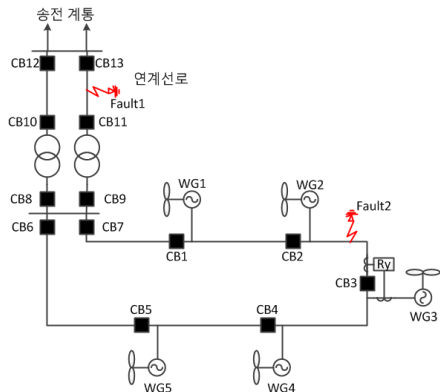


그림 2 풍력발전단지 루프 접속 구성  
Fig. 2 A loop-connected system of a wind farm

때 고장구간 내 발전기 외의 다른 발전기들을 차단하지 않아도 되는 장점이 있다. 예로 내부고장 Fault2가 발생하게 되면, 차단기 CB2와 CB3만 개방하여 고장이 발생한 연결선로 구간을 차단할 수 있다.

풍력발전단지를 송전계통에 연계할 때 단일 회선으로 연계하면 연계선로 상의 고장으로 선로가 차단될 경우 발전단지 전체가 전력을 전송할 수 없게 된다. 따라서 한 회선의 차단 시에도 다른 회선으로 전력전송이 가능한 2회선 이상으로 연계하는 것이 바람직하다.

그림 2와 같은 루프접속 시스템에서 각 풍력발전기 출력단에 과전류 계전기를 설치한 경우 이 계전기는 풍력발전단지 내부 계통의 고장에만 동작해야 하나 Fault1과 같은 연계선로상의 고장에 대해서도 동작할 소지가 있다. 연계선로 상의 고장 Fault1에 대해서는 연계선로 보호용 계전기 동작으로 차단기 CB11과 CB13을 개방하여 연계선로를 차단하고, 이 때 풍력발전단지 내부의 보호계전기들은 동작하지 않아야 한다. 따라서 본 논문에서는 고장구간을 최소화 하고 지속적인 발전전력 전송이 가능한 그림 2와 같은 루프접속 구조이고 계통에 2회선으로 연계되는 풍력발전단지를 대상으로 내부 및 외부 고장을 구분할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

## 2.2 제안 알고리즘

### 2.2.1 내부고장과 외부고장 시 루프선로 전류의 특징

그림 3은 그림 2에서 내부고장 Fault2가 발생했을 때 풍력발전단지 모선 측 차단기 CB9와 계통 모선 측 차단기 CB13 위치에서 측정된 고장전류이며 그림 4는 외부고장인 연계선로 고장 Fault1에 대해 같은 위치에서 측정된 고장전류이다. 풍력발전단지 모선 측에 변압기가 있으나 전류의 순시치 파형을 변압비를 고려하여 1:1로 나타내었고, 시간 0[ms]를 기준으로 이전은 고장 전 정상상태이며 이후는 고장상태이다. 전류 측정은 CB9와 CB13에서 각각 연계선로 쪽을 정방향으로 하여 측정하였다.

내부고장 Fault2 발생 시 그림 3과 같이 계통측으로 부터 큰 고장전류가 풍력발전단지 측으로 유입되는 것을 알 수 있다. 외부고장 Fault1에 대해서는 그림 4와 같이 상대적으로 용량이 큰 계통 쪽으로부터 대부분의 고장전류가 공급되며, 풍력발전단지

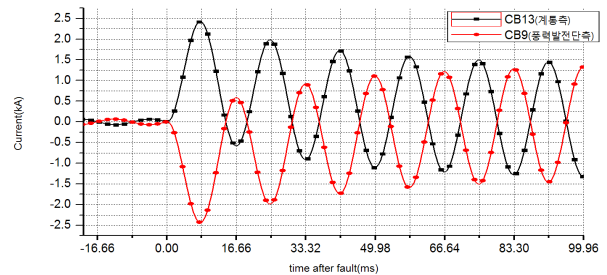


그림 3 내부고장에 대한 연계선로 고장전류  
Fig. 3 The fault current of interconnection line in case of internal fault of the wind farm

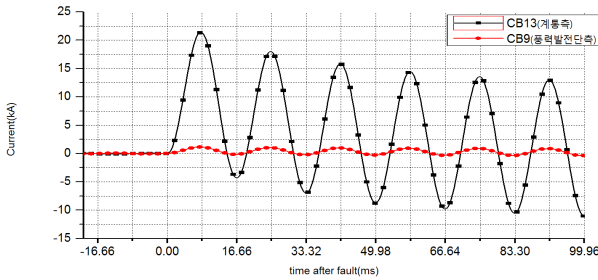


그림 4 외부고장에 대한 연계선로 고장전류  
**Fig. 4** The fault current of interconnection line in case of external fault of the wind farm

쪽에서는 외부고장에 대하여 고장전류를 거의 공급하지 않는 것을 볼 수 있다.

### 2.2.2 발전단지 내부 및 외부고장 판별

본 논문에서는 과전류 계전기를 기본으로 하여 발전단지 내부 고장과 외부고장을 구별할 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 외부고장에 동작하지 않고 내부고장에 대해서만 동작해 고장 발생 구간을 차단할 수 있다. 알고리즘 구현을 위해서는 그림 2의 WG3과 같이 CT를 2개 사용하여 발전기 출력 전류와 발전기에 연결된 루프선로 전류를 측정해야 한다. 측정한 이 두 전류의 비를 식 (1)과 같이 ROC(Ratio Of Current)로 정의한다. 이 ROC값은 종단인 WG3으로부터 인출된 WG1이나 WG5쪽으로 갈수록 발전기의 출력전류가 루프선로 전류에 더해짐으로 식 (2)와 같은 특징을 보인다.

$$ROC = \frac{\text{발전기 출력전류}}{\text{발전기 접속 루프선로 전류}} \quad (1)$$

$$ROC_{WG1} < ROC_{WG2} < ROC_{WG3} \quad (2)$$

그림 2 계통의 풍력발전기는 모두 동일한 용량이므로 발전량에 따라 출력전류의 증감만큼 루프선로 전류도 증감하므로 ROC 값은 평상시 부하상태에서는 일정한 값을 유지한다. 발전단지 외부고장 시에도 고장으로 인해 증가한 발전기 출력전류가 루프선로 전류에 더해지면서 ROC값이 일정하게 유지된다. 그러나 내부고장 시에는 루프선로에는 발전기에서 출력되는 고장전류와 더불어 외부 계통으로부터 유입되는 고장전류가 더해짐으로 ROC 값의 분모가 커져 값이 작아진다. 따라서 본 논문에서는 내부고장과 외부고장 판별을 위해 발전기에 설치된 과전류 계전기 픽업 이후 ROC값이 픽업 이전값과 비교하여 15%이상 감소하면 내부고장으로 판별하고, 픽업 이후 값이 픽업 이전 값과 비교하여 15% 이상 감소하지 않으면 외부고장으로 판별하였다.

내부고장 시 각 발전기 위치에서의 ROC 값의 변화량은 발전단지 종단인 WG3 쪽으로 갈수록 계통에서 공급된 고장전류에 각 발전기들에서 출력된 고장전류가 더해지면서 값의 변화가 크다. 반면 발전단지 인출 모선측인 WG1의 위치에서는 계통에서 공급

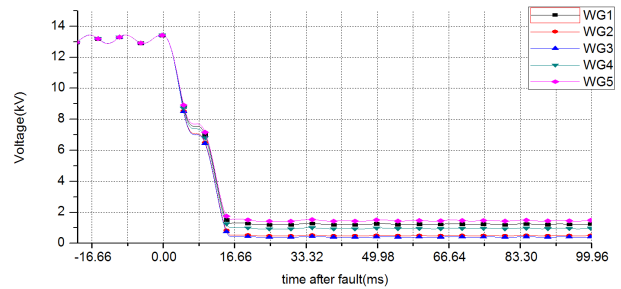


그림 5 내부고장 시 각 풍력발전기의 고장상 전압강하  
**Fig. 5** Each voltage drop of wind generators in case of internal fault of the wind farm

된 고장전류만 식 (1)의 분모에 들어가므로 값의 변화가 가장 적다. 따라서 내부고장 판별을 위한 ROC 설정값은 내부고장 시 변화량이 가장 작은 지점의 변화량을 기준으로 하였다. 모든 내부고장에 대하여 ROC 값은 고장전과 비교하여 15% 이상 작아졌으므로, 내부고장 검출을 위한 ROC 값의 변화량은 자기 위치에서 고장전 정상상태 값의 -15%로 설정하였다.

### 2.2.3 전압요소를 사용한 계전기 동작시간 제어

그림 5는 그림 2의 계통에서 내부고장 Fault2가 발생했을 때 발전기 WG1~WG5의 고장상 전압강하를 나타낸다. 루프접속 방식에서는 내부고장 위치에 따라 각 발전기의 전압강하량이 다르고 고장 위치에 가까운 발전기의 전압강하량이 가장 크게 나타난다.

그림 5에서도 고장 위치에 가까운 발전기 WG2와 WG3의 전압강하량이 가장 큰 것을 볼 수 있다. 따라서 발전기 출력전압을 사용하여 다음 식 (3)과 같이 수정된 과전류 계전기의 동작시간식을 사용하여 동작시간을 제어하는 방법을 제안한다.

$$T = \left( \frac{k}{\left( \frac{I}{I_s} \right)^a - 1} + C \right) \times (1 - H) \times Lever \quad (3)$$

여기서, T: 과전류 계전기 동작시간, I: 입력전류,  $I_s$ : 전류 정정치, a, k, C: 시간특성 계수

$$H = \frac{\Delta V(\text{고장시 발전기 전압강하량})}{V_{rated}(\text{정격전압})} \quad (4)$$

식 (3)은 일반적인 과전류 계전기 동작시간 식에 전압요소 H를 추가한 것이다. H의 값은 식 (4)와 같이 고장 시 전압강하량을 정격전압으로 나눈 값이다. 따라서 고장으로 인해 발생한 전압강하량이 클수록 식 (3)의 T값이 줄어들어 동작시간이 단축된다.

식 (3)에서 배전계통에서 일반적으로 사용되는 과전류 계전기 특성곡선 식의 계수를 이용하게 되면 루프구조의 풍력발전단지 내부고장 시 과전류 계전기 동작시간 제어는 가능하지만 차단기

표 1 특성곡선의 시간특성 계수

Table 1 Time characteristic parameter

	$\alpha$	$k$	$C$
기존 특성곡선	1.95	39.85	1.084
수정된 특성곡선	1.9	90	1.5

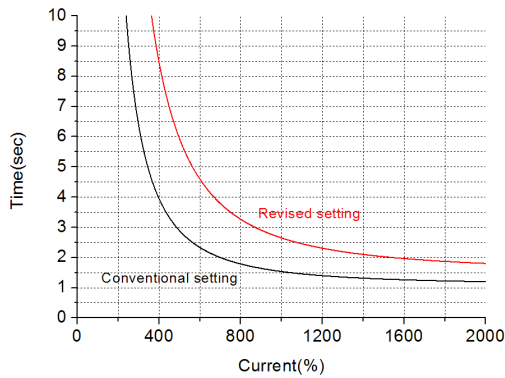


그림 6 과전류 계전기 특성곡선

Fig. 6 Time-current curve of the overcurrent relay

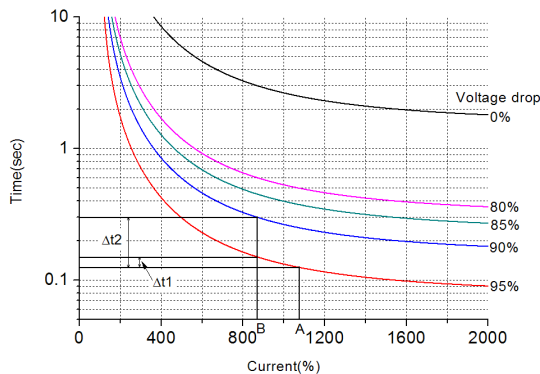


그림 7 전압강하량에 따른 과전류 계전기의 보호협조 곡선

Fig. 7 Coordination of overcurrent relay with voltage drop

동작시간을 고려한 보호협조가 이루어지지 않아 고장구간이 아닌 차단기가 동작하는 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 과전류 계전기 동작시간 식 (3)의 시간특성 계수  $\alpha$ ,  $k$ ,  $C$  값을 고장전류에 의한 동작시간의 변화가 크도록 설정하였다. 표 1은 기존 배전계통에서 사용되는 과전류 계전기 특성곡선의 시간특성 계수와 본 논문에서 제안한 전압제어 과전류 계전기 특성곡선의 시간특성 계수를 보여주고 있다.

그림 6은 배전계통에서 일반적으로 사용되는 과전류 계전기 특성곡선과 루프계통 풍력발전단지 보호협조를 위해 수정된 특성곡선을 보여주고 있다. 수정된 특성곡선은 시간특성계수  $k$  값을 높여 곡선을 가파르게 만들었고,  $C$  값을 높여 특성곡선을 전체적으로 높게 되면 전압강하량에 따라 특성곡선의 변화도 커지게 된다.

그림 7은 제안된 전압제어 과전류 계전기가 전압강하량에 따

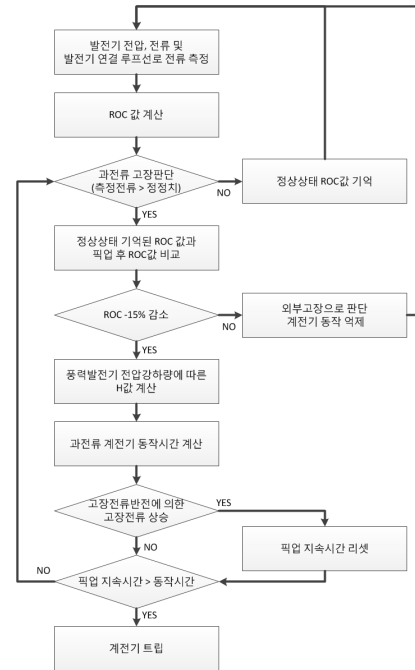


그림 8 전압제어 과전류 계전 알고리즘 흐름도

Fig. 8 The flow chart of voltage-controlled overcurrent relaying algorithm

라 특성곡선이 조정되어 동작시간 차이가 더 많이 남을 보여주고 있다. 고장전류 A, B를 계측한 경우 특성곡선이 고정되어 있다면 고장전류 A와 B의 동작시간 차이는  $\Delta t1$ 만큼 생기는 반면, 전압강하량에 따라 특성곡선이 조정되면 동작시간의 차이가  $\Delta t2$ 만큼 늘어나게 된다. 전압강하량에 따라 과전류 계전기 동작시간의 차이를 늘려 차단기 동작시간을 고려한 보호협조가 이루어지도록 하였다.

그림 8은 제안하는 전압제어 과전류 계전 알고리즘의 흐름도를 보여주고 있다. 앞서 설명했던 것과 같이 ROC값의 변화를 통해 내부 및 외부고장을 판별하고 전압요소가 추가된 과전류 계전기 동작시간을 계산하게 된다. 루프계통에서 고장 발생 시 고장구간의 한쪽 차단기가 동작하게 되면 양방향으로 흐르던 고장전류가 단방향으로 흐르게 되면서 최초 차단기 동작 전보다 더 커진 고장전류가 흐르게 된다. 이때 고장전류의 크기가 바뀌면서 계전기 동작시간이 변경되어 고장구간이 아닌 계전기가 동작하게 되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 고장전류반전에 의한 고장전류의 상승을 검출해 픽업지속시간을 리셋하여 계전기 동작시간이 지연되도록 하였다.

### 2.3 사례연구

제안하는 전압제어 과전류 계전 알고리즘의 검증을 위해 PSCAD/EMTDC를 사용하여 그림 9와 같은 풍력발전단지를 모델링하였다. 풍력발전기는 동기기와 전력변환장치로 구성하였고 단위 발전기 용량은 5[MW]로 전체 발전용량은 25[MW]이다. 풍력

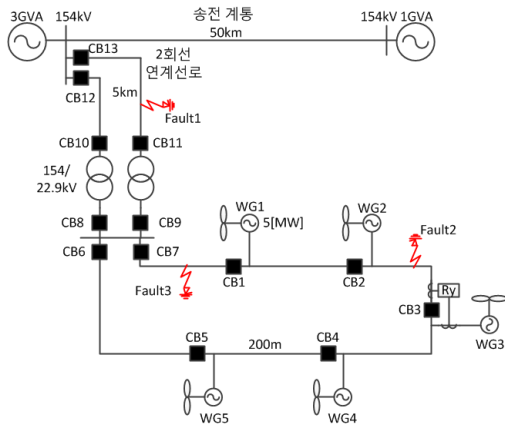


그림 9 풍력발전단지 모델  
Fig. 9 A wind farm model

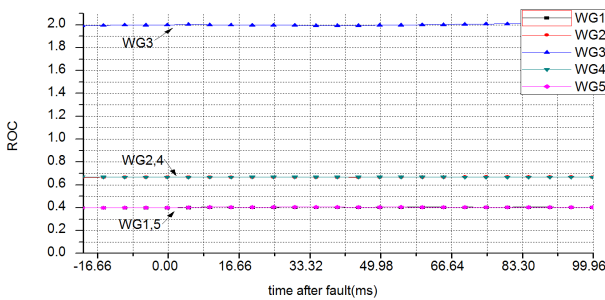


그림 10 외부고장 Fault1에 대한 ROC값의 변화  
Fig. 10 Change of the ROCs in case of an external fault

발전기의 출력전압은 690[V]이며 0.69/22.9[kV]( $\Delta$ -Y) 변압기를 통해 승압하여 풍력발전단지 내부 루프선로에 연결하고 풍력발전단지 인출 모선에서 다시 22.9/154[kV](Y-Y) 변압기를 통해 연계선로에 연계하였다. 발전기간 연결선로는 200[m]이며 2회선 연계선로의 길이는 5[km]이다. 모델 계통에서 외부고장 Fault1과 내부고장 Fault2, 인출단 고장 Fault3에 대하여 1선 지락고장을 모의하였다. 발전기가 정격 출력으로 운전되고 있는 상황에서 고장을 모의 하였으며, 결과는 고장 발생시간을 0[ms]로 표시하였다.

### 2.3.1 외부고장

외부고장인 Fault1에서 1선 지락고장인 경우 각 발전기에서 고장으로 인해 전류는 증가하지만 계통으로부터 루프선로에 유입되는 전류가 없으므로 ROC값은 그림 10과 같이 고장 발생 시점인 0[ms] 이전과 비교하여 변화가 없으므로 외부고장으로 판단하여 각 전압제어 과전류 계전요소가 픽업이 되더라도 그림 11과 같이 트립을 억제하게 된다. 풍력발전단지 인출 모선 측 CB6과 CB7에 위치한 과전류 계전기는 풍력발전기를 가지고 있지 않아 ROC값을 계산할 수 없어 내부 및 외부고장을 판별할 수 없으므로 방향성 과전류 계전기를 설치하고 동작영역은 발전단지

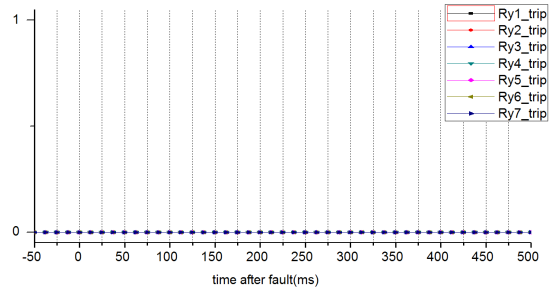


그림 11 외부고장 Fault1에 대한 과전류 계전기 동작결과  
Fig. 11 Result of overcurrent relay in case of an external fault

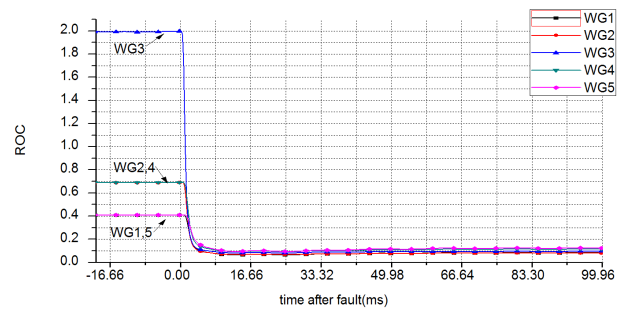


그림 12 내부고장 Fault2에 대한 ROC값의 변화  
Fig. 12 Change of the ROCs in case of an internal fault

내부고장에 동작하도록 정정하였다. 이 방향성 계전기의 동작시간 정정은 풍력발전단지 내부 계전기들보다 길어야 하는데, 이는 내부 고장에 대하여 제안하는 전압제어 과전류 계전기보다 방향성 계전기가 더 빨리 동작하는 것을 방지하기 위함이다.

### 2.3.2 내부고장

내부고장 Fault2에서 1선 지락고장인 경우 계통으로부터 고장 전류가 루프선로에 유입되어 더해지므로 그림 12와 같이 ROC값의 분모가 커져 값이 작아지게 된다. ROC값이 고장전과 비교하여 15% 이상 감소하였으므로 제안하는 전압제어 과전류 계전기가 내부고장으로 판별하였다.

고장 구간을 선택적으로 차단하기 위해서는 발전단지 내부 계전기간 동작시간의 차이가 차단기 동작시간인 5주기(80[ms])이상 차이가 나도록 해야 한다. 제안된 전압제어 과전류 계전기의 특성곡선을 통해 보호협조가 이루어지도록 하였고, 이를 통해 내부고장 시 고장 지점과 가장 가까운 계전기가 먼저 동작하고 5주기 후에 해당 차단기가 동작할 때까지 나머지 계전기는 동작하지 않게 된다. 그림 13은 내부고장 Fault2에서 각 풍력발전기 WG1~WG5의 위치에서 전압제어 과전류 계전기의 동작결과이다. 고장이 발생한 지점에서 가장 가까운 계전기 Ry3, Ry2가 먼저 동작하여 고장구간을 차단하게 된다.

본 내부고장 사례에서 Ry1의 실제 동작시간은 Ry3가 동작하고 5주기 후에 CB3가 동작하게 되면, 풍력발전기 WG3~WG5에



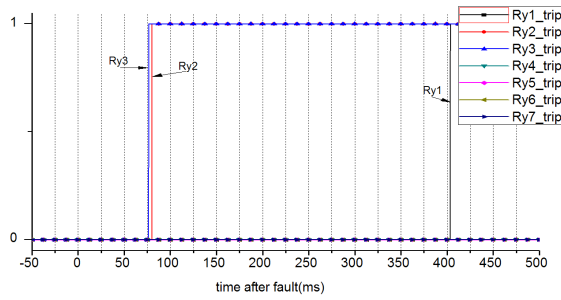


그림 13 내부고장 Fault2에 대한 과전류 계전기 동작결과  
 Fig. 13 Result of overcurrent relay in case of an internal fault

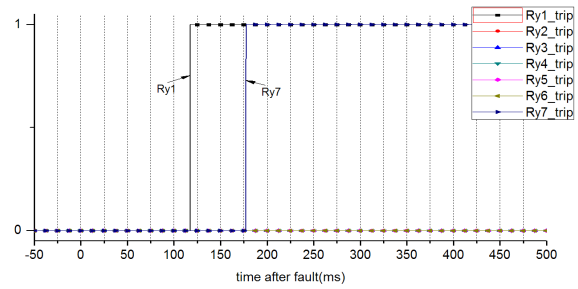


그림 15 인출단 고장 Fault3에 대한 과전류 계전기 동작결과  
 Fig. 15 Result of overcurrent relay in case of a fault near wind farm busbar

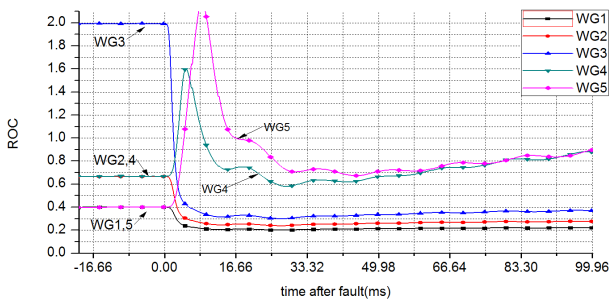


그림 14 인출단 고장 Fault3에 대한 ROC값의 변화  
 Fig. 14 Change of the ROCs in case of a fault near wind farm busbar

의한 고장전류반전에 의해 Ry1의 고장전류가 커지게 되어 Ry1의 동작시간이 변경된다. 이때 Ry1의 픽업지속시간이 리셋되면서 Ry1의 동작은 더 지연되다 CB2 차단 후 리셋 된다. 차단기 CB2의 동작은 계전기 Ry2가 동작하고 차단기 동작시간 5주기 후 동작하여 고장 구간을 차단하므로, 실제 Ry1은 동작하지 않게 된다.

### 2.3.3 풍력발전단지 인출단 측 고장

풍력발전단지 인출단 측 고장 Fault3에서 1선 지락고장이 발생하는 경우 각 발전기에서의 ROC값의 변화는 그림 14와 같이 WG1~WG3은 계통으로부터 유입되는 고장전류와 각 발전기들에서 출력된 고장전류가 더해지면서 ROC값이 고장전과 비교하여 15% 이상 감소하게 되어 내부고장으로 판별하게 되고, WG5의 경우 루프선로 전류에는 계통에서 유입된 고장전류와 각 발전기에서 출력되어 반시계방향으로 흐르는 고장전류가 존재하는데, 이때 발전기에서 출력되는 고장전류가 루프선로 전류보다 커 ROC값이 커지게 되어 내부고장을 판별하지 못하고, WG4의 경우에도 WG4 발전기에서 출력되는 고장전류가 루프선로 전류보다 커서 ROC값이 커지게 되고 내부고장으로 판별하지 못하게 된다.

그림 15는 인출단 측 고장 시 발전단지 내부의 각 계전기 동작결과를 보여주고 있다. 고장지점과 가까운 Ry1과 Ry7이 동작하여 고장구간을 차단하게 된다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 고장 구간만 선택적으로 차단 후 지속적인 발전전력 전송이 가능한 루프계통으로 구성된 풍력발전단지에서 풍력발전지의 내부고장과 외부고장을 구분하고 고장 구간만 선택적으로 차단할 수 있는 전압제어 과전류 계전알고리즘을 제안하였다. 제안한 전압제어 과전류 계전알고리즘은 발전기 접속 루프선로 전류와 발전기 출력전류 비의 변화량을 이용하여 내부와 외부고장을 구분하며 전압요소를 이용하여 계전기 동작시간을 제어하였다. 계전기와 차단기 동작시간을 고려하여 풍력발전단지 내의 각 전압제어 과전류 계전기간의 보호협조가 가능하게 하였다. 제안한 전압제어 과전류 계전기를 적용한 결과 풍력발전단지 모델계통의 외부 및 내부고장을 성공적으로 판별하며, 고장구간을 선택적으로 차단할 수 있음을 검증하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통산자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었습니다. (NO.20143030071320)

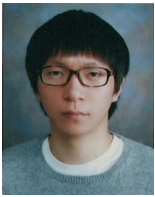
## References

- [1] Haslam S. J, Crossley P. A, Jenkins N, "Design and field testin of a source based protection relay for wind farms", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 14, Issue 3, pp.818-823, 1999
- [2] Young-Jin Kwon, Sang-Hee Kang, "A Protection Algorithm Discriminating Between Internal and External Faults for Wind Farms", The Transations of the Korea Institute of Electrical Engineers, Vol.56 No.5, pp. 854-859, 2007

- [3] Bin Li, Xuan Yu, Zhiqian Bo, "Protection Schemes for Closed Loop Distribution Network with Distributed Generator", Sustainable Power Generation and Supply, 2009. SUPERGEN '09. International Conference on, 2009

---

저 자 소 개



**김 태 희 (Tae-Hee Kim)**

1988년 11월 11일생. 2013년 명지대학교 공대 전기공학과 졸업. 2013년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : (031) 336-3280

E-mail : taheelife@gmail.com



**강 상 희 (Sang-Hee Kang)**

1962년 8월 15일생. 1985년 서울대학교 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 명지대학교 공대 전기공학과 교수

Tel : (031) 330-6364

Fax : (031) 330-6816

E-mail : shkang@mju.ac.kr