

# 다수 분산전원 연계시 계통측 보호협조에 관한 연구

(The Study on Protective Coordination of Utility Interconnected Multiple Distributed Generations)

정승복\* · 김재철 · 이봉이

(Seung-Bock Jung · Jae-Chul Kim · Bong-Yi Lee)

## Abstract

This paper studies protective coordination of utility interconnected multiple distributed generations(DG). The study of protective coordination interconnected DG has been conducted. A protective coordination of utility disturbed by reverse current of DG. Therefore, A protective device is not operate when reverse current flows. In this paper, we use phase difference between V and I. Also, we studied protective coordination algorithm of utility interconnected multiple DG.

## 1. 서론

국내의 전력소비량은 지속적으로 증가하여 이를 공급해줄 발전설비의 확충이 요구된다. 하지만 부지확보 문제, 환경문제로 인해서 원자력, 수력, 화력같은 대형 발전설비의 확충이 어려워지고 있다. 따라서 열병합 발전, 태양광발전, 풍력발전, 연료전지등의 다양한 형태의 소규모 분산전원에 대한 관심이 증대되고 국가차원에서 확충 및 지원 계획이 추진되고 있다. 특히 민영화로 인해서 경쟁시장의 개념이 전력시장에 도입되면서 이러한 소규모 분산전원의 중요성은 더욱더 증대되고 있다.

하지만 이러한 분산전원을 배전계통에 연계했을 경우 전압변동문제, 고조파문제, 보호협조, 고립운전등의 문제가 발생하게 된다. 이중 특히 보호협조의 문제의 경우에는 계통측의 보호협조 실패의 경우, 원하지 않는 정전의 피해, 기기손상등의 문제가 발생할 수 있게 된다.

분산전원이 보급이 확대될수록 소규모의 다수의 분산전원이 계통에 연계될 것이다. 기존의 분산전원 연계시 보호협조에 대한 연구에서는 하나의 분산전원 연계의 경우에 대해서만 연구하였다. 하지만 다수의 분산전원이 연계될 경우 사고위치에 따라서 보호기기들이 느끼는 사고전류의 크기가 변하기 때문에 기존의 배전계통 기기들의 보호방식이 달라져야 한다.

본 논문에서는 다수의 분산전원이 연계되었을 경우 기존의 배전계통 기기들의 보호협조에 대해서 연구하였다. 전압과 전류의 위상차를 통해서 사고위치를 구분하고 이에 따른 보호협조 방식을 제안하였다.

## 2. 본론

### 2.1. 배전계통 모델과 분산전원 모델

전원측은 상위계통을 154kV로 등가하고 154/22.9kV Δ-Y결선을 가진 변압기를 통해서 배전계통에 공급이 된다. 배전계통의 보호기기는 국내의 기본 보호협조 방식인 계전기-차단기, 재폐로 차단기, 구분개폐기로 구성되어 있다. 분산전원은 다음 그림 1과 같이 총 4기의 분산전원이 연계되어 있다고 가정하였다.

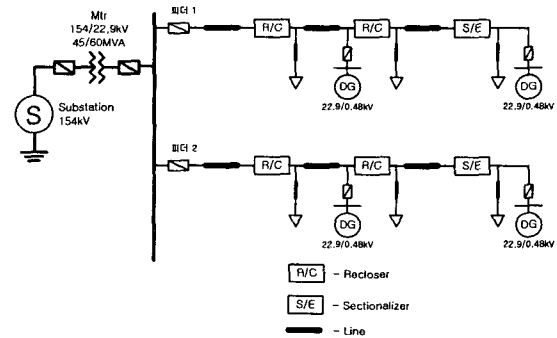


그림 1. 배전계통 모델  
Fig.1. The distribution system model

분산전원 모델은 동기 발전기로 구성하였으며 0.48kV로 발전되어서 22.9kV로 배전계통에 공급된다. 용량은 1MVA, 지상역률 0.9로 가정하였다.

### 2.2. 다기의 분산전원 연계시 보호협조

다기의 분산전원이 연계되었을 경우 사고위치에 따라서 각 보호기기에 흐르는 사고전류의 크기가 다르게 되고 전류의 방향 또한 변하게 된다.

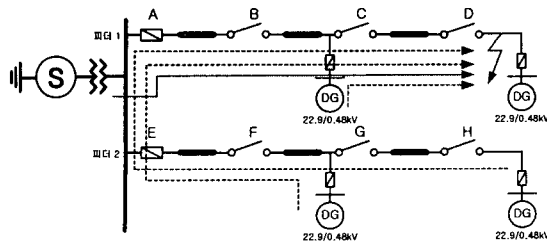


그림 2. D 후단에서 사고의 경우 사고전류의 흐름  
Fig.2. The current flow of fault on the rear D

그림 2와 같이 D 후단에서 사고가 난 경우 리클로저 B보다 리클로저 C에 더 큰 전류가 흐르게 된다. 이와 같은 경우 리클로저 C에 흐르는 전류의 크기 증가로 인해서 리클로저 C의 지연동작의 Trip이 빨라지게 된다.

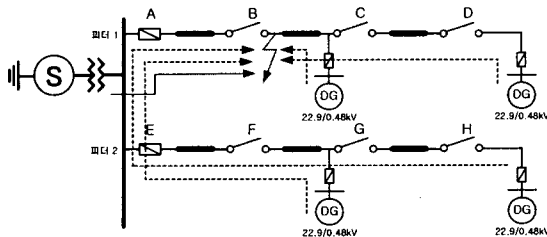


그림 3. B와 C사이에서 사고의 경우 사고전류의 흐름  
Fig.3. The current flow of fault between B and C

하지만 그림 3과 같은 경우는 리클로저 B와 리클로저 C사이에서 사고가 나는 경우는 리클로저 C보다 리클로저 B에 더 큰 사고전류가 흐르게 된다. 하지만 모선에서 사고가 났을 경우 계전기 A와 리클로저 B사이에서 사고가 났을 경우에도 리클로저 C보다 리클로저 B에서 더 큰 사고전류가 흐르게 된다.

하지만 사고가 A, B에서 사고가 났을 경우 피더 2에서는 리클로저나 계전기가 동작할 필요가 없다. 피더 1의 계전기 혹은 리클로저의 동작으로 사고가 제거되기 때문이다. 또한 모선 사고였을 경우에는 피더 1의 계전기와 피더 2의 계전기가 모두 동작을 해야 한다. 그렇지 않으면 사고 전류로 인해서 분산전원과 기기들이 손상을 입게 된다. 리클로저 B와 C, 리클로저 F와 G의 사고일 경우에는 리클로저 B가 C보다, 리클로저 F가 G보다 먼저 동작을 해야 한다. 하지만 계전기와 리클로저 사이의 사고였을 경우에는 계전기가 먼저 동작을 해 주어야 한다. 하지만 다기의 분산전원 연계로 인해서 사고 전류 크기로는 구분이 불가능하기 때문에 방향성 판별을 해주어서 역으로 사고 전류가 흐르는지 정방향으로 사고 전류가 흐르는지를 판별할 수 있어야 한다. 이를 통해서 역방향으로 사고 전류가 흐를 경우에는 사고 전류를 흐르더라도 트립시키지 말아야 하고 정방향으로 사고 전류

를 흐를 때만 트립시켜야 한다.

### 2.3. 사고 위치에 따른 위상 변동

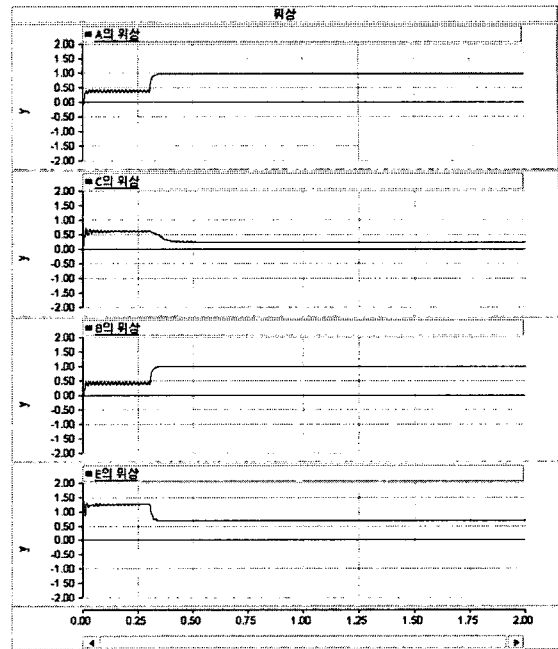


그림 4. D후단 사고의 경우 위상

Fig.4. The phase when fault on the rear D

그림 4와 같이 D후단의 사고의 경우 사고지 A, B는 정방향으로 흐르는 위상 상승현상이 일어나고 C와 E는 역방향으로 흐르는 위상 하강 현상이 일어난다.

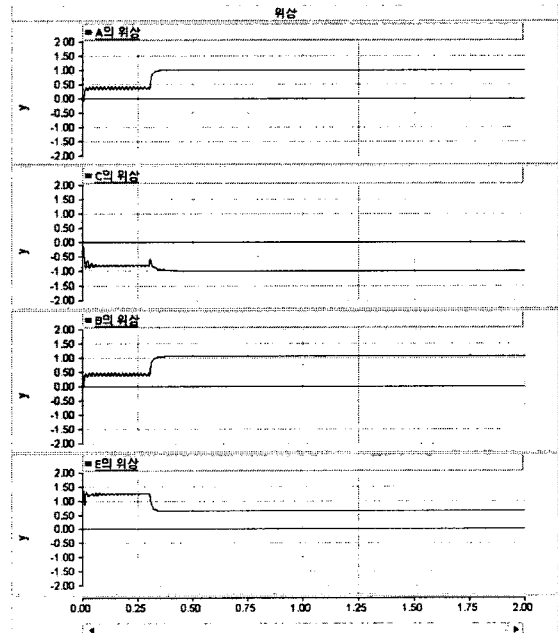


그림 5. B와 C사이의 사고의 경우 위상

Fig.5. The phase when fault between B and C

그림 5와 같이 B와 C사이에서 사고가 난 경우에는 A,B 에서는 정방향으로 흐르는 위상 상승현상 C, E에서는 역방향으로 흐르는 위상 하강현상이 일어난다.

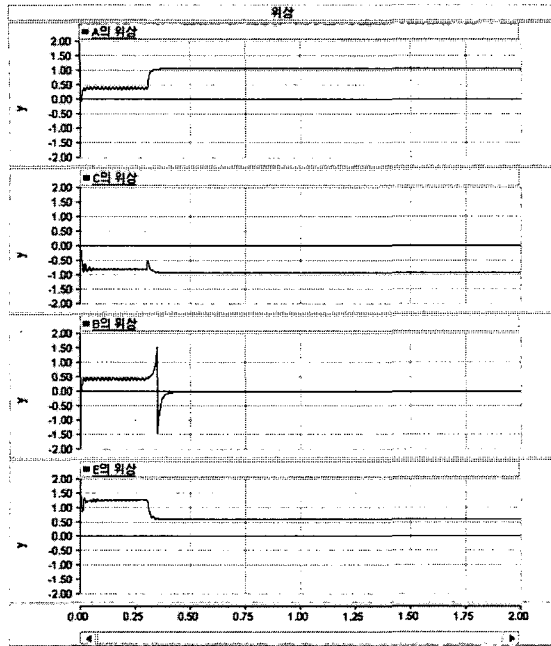


그림 6. A와 B사이의 사고의 경우 위상  
Fig.6. The phase when fault between A and B

그림 6와 같이 A와 B사이에서 사고가 난 경우에는 A 에서는 정방향으로 흐르는 위상 상승현상, B, C, E에서는 역방향으로 흐르는 위상 하강현상이 일어난다.

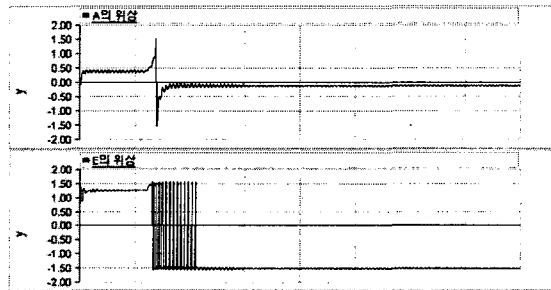


그림 7. 모선에서 사고의 경우 위상  
Fig.7. The phase when fault on bus

그림 7와 같이 모선에서 사고가 난 경우에는 A와 E에서 역방향으로 흐르는 위상 하강 현상이 일어난다.

#### 2.4. 계통측 보호협조 알고리즘

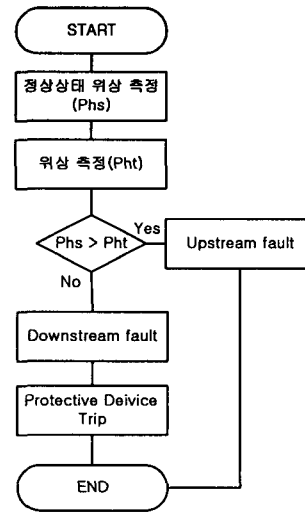


그림 8. 계통측 보호협조 알고리즘  
Fig.8. An algorithm of protective coordination algorithm of utility

### 3. 결론

본 논문에서는 다기의 분산전원이 연계된 배전계통의 계통측 보호협조에 대하여 연구하였다. 분산전원이 계통에 연계되면 역조류가 흐르게 되고 특히 다기의 분산전원이 연계되었을 경우 사고 위치에 따라서 사고 전류의 크기, 특히 역조류의 사고 전류의 크기가 커지게 된다. 이로 인해서 방향성을 가지고 있지 않은 기존 배전계통의 보호기기의 경우 역조류의 사고 전류로 인해서 동작할 수 있게 되고 이로 인해서 재폐로로 인한 피해, 불필요한 정전구간이 발생할 수 있게 된다. 따라서 본 논문에서는 보호기에 흐르는 전압과 전류의 위상차를 이용해서 계통에 흐르는 역조류를 감지하였다. 그래서 역조류가 흐를 경우에는 보호기기를 트립시키지 않게 하였다. 전압과 전류의 위상차가 사고 전에 비해서 상승현상이 일어날 경우에는 정방향 조류이고, 하강현상이 일어났을 경우에는 역방향 조류로 판단하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 전력산업기반기금 지원(R-2003-0-231)에 의하여 수행된 과제임

#### 참고 문헌

- [1] 정승복, 김재철, "사고위치를 고려한 분산전원의 단독운전 상태 검출에 관한 연구", 한국조명전기설비학회논문지, Vol. 18, No. 4, pp. 118~123, 2004. 7
- [2] Girgis, A, Brahma, S, "Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System", IEEE Power Engineering 2001, pp. 115~119, 2001
- [3] Peter E. Sutherland, "Protective device coordination in an industrial power system with multiple sources", IEEE tras. IA, Vol.33, No.4, pp 1096~1103, july/august 1997.