

## 분산형 전원이 연계된 배전계통에 분산형 전원 추가 시 리크로저와 섹셔널라이저의 보호 협조 방안

°정현준\*, 최준호\*, 남해곤\*, 박성준\*, 박장현\*\* 노경수\*\*\*  
 전남대학교\* 목포대학교\*\* 동국대학교\*\*\*

### The effective recloser and sectionalizer coordination and protection scheme when distributed resource is added in distribution system interconnected distributed resource

Jung Hyun-Jun\* Choi Joon-Ho\* Nam Hae-Kon\* Park Sung-Jun\* Park Jang-Hyun\*\* Ro Kyoung-Soo\*\*\*  
 Chonnam National University\* Mokpo National University\*\* Dongguk University

#### ABSTRACT

According to the second scheme of the Korean Government about technology development, utilization and popularization of new · renewable energy, the continuous growth of distributed resources are expected. But there is a few paper about recloser and sectionalizer coordination and protection scheme in distribution system interconnected a number of distributed resources. In this paper, it is dealt with that recloser and sectionalizer coordination at the cases concerned with position among protection devices. Adding distributed resource, the problems of each case are investigated through simulation.

#### 1. 서 론

2005년 2월 16일 교토의정서가 발효되었다<sup>[1]</sup>. 우리나라의 경우 2002년 11월 8일 교토의정서를 비준하였으며, 아직 교토의정서에 따른 법적 의무는 부담하고 있지 않으나 OECD 회원국으로서 온실가스 감축 압력을 받고 있다. 또한 2002년 기준 CO<sub>2</sub> 배출량은 세계10위에 달하기 때문에 2차 의무 감축 대상국이 될 가능성 매우 높다. 이에 따라 정부의 계획인 “제 2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 (2003~2012)<sup>[2]</sup>”를 살펴보면 신·재생에너지 개발·보급목표를 2006년 3%에서 2011년 5%로 두고 있다.

신·재생에너지로 주로 쓰이는 것은 태양광과 풍력이다. 하지만 빛과 바람의 양이 풍부한 곳은 일부 지역으로 국한되어 있다. 따라서 신·재생에너지 지원이 기존에 설치된 지역에 추가되는 일은 매우 있음직하다. 본 논문에서는 기존 배전계통에서 리크로저(Recloser)와 섹셔널라이저(Sectionalizer)의

보호협조와 분산형 전원이 피더의 끝에 연계되었을 때의 보호협조를 알아보고, 분산형 전원이 추가되었을 때의 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조를 분석하여 문제점 및 해결방안을 도출 해 보고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조 원칙

섹셔널라이저는 자체적으로 고장을 차단하는 능력이 없으며, 일반적으로 후비 보호장치인 리크로저와 함께 쓰인다. 리크로저의 최소동작전류의 80%의 과전류가 흐르면 섹셔널라이저는 계수를 행할 준비를 하고 선로가 무전압 상태가 되면 이를 감지하여 계수한다. 무전압 상태의 횃수를 일정 시간동안 기억하고 있으며, 미리 정해놓은 횃수에 도달하면 선로의 무전압 상태에서 선로를 개방하여 고장구간을 분리시킨다<sup>[5]</sup>. 그림 1에서 C지점에서 영구고장이 발생하는 경우에 후비에 위치한 리크로저 R2가 로크아웃(lockout)하기 전에 섹셔널라이저 S1이 먼저 로크아웃하는 것이 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조 원칙이다.

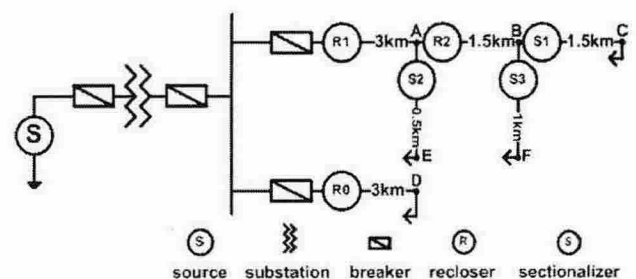


그림 1 배전계통 모델 단선도  
 Fig. 1 One-line diagram of the power distribution system model

### 2.1.1 고장 계산

그림 1의 배전계통 모델을 고장 계산하기 위해 사용한 입력 파라미터는 다음 표 1과 같다.

표 1 배전계통 모델 입력 파라미터  
Table 1 Input parameter of distribution system model

전원측	영상분 임피던스[%]	0.257+j1.336
	정상,역상분 임피던스[%]	0.072+j0.757
	정격전압[kV]	154
배전용변전소 주변압기	정격용량[MVA]	45/60
	임피던스[%]	j11
배전선로 ACSR 1600mm <sup>2</sup>	영상분 임피던스[%/km]	11.99+j29.26
	정상,역상분 임피던스[%/km]	3.47+j7.46

각 지점 A, B, C, D, E, F에서 고장 계산을 실시하면 값은 다음 표 2와 같다. 단 고장 계산은 3상 단락고장과 1선 지락고장을 실시하였으며, 고장 저항은 0으로 가정하였다.

표 2 각 지점에서 고장 전류값  
Table 2 Fault current at each point

구분	A	B	C	D	E	F
3상고장 전류[kA]	5.1604	4.1312	3.4407	5.1604	4.7645	3.6447
1선지락고장 전류[kA]	3.5062	2.6298	2.1028	3.5062	3.1551	2.2535

### 2.2 분산형 전원이 연계된 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조

분산형 전원이 연계된 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조 원칙은 분산형 전원이 연계되기 전과 같다.

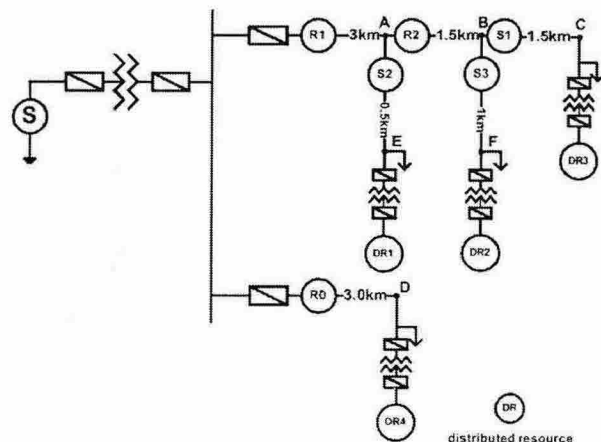


그림 2 다수의 분산형 전원이 연계된 배전계통 모델 단선도  
Fig. 2 One-line diagram of the power distribution system model interconnected with a number of distributed resources

그림 1 배전계통 모델 단선도에 분산형 전원이 그림 2 처럼 연계된 경우를 살펴보자. 리크로저와 섹셔널라이저의 전위에 각각 분산형 전원이 하나씩 연계 되어있다..

### 2.2.1 분산형 전원 연계 후 고장 계산

분산형 전원의 연계 후의 고장 전류값을 비교하기 위해서 고장계산을 실시하였다. 그림 2의 분산형 전원 DR1, DR2, DR3, DR4, DR5의 파라미터 값들은 다음 표 3과 같으며, 고장 저항은 0으로 가정하였다.

표 3 분산형 전원 모델 입력 파라미터  
Table 3 Input parameter of distributed resource

분산형 전원 (DR1, DR2, DR3, DR4 모두 공통)	정격용량[MVA]	2
	정격전압[V]	480
	X''d[p.u.]	0.2
	변압기	480[V]
		480[V]/22.9[kV]
2[MVA]		
	j2[%]	

고장 계산의 결과는 아래 표 4와 같으며, 일반적으로 1선지락 고장 전류값이 고장 전류의 최소값인데 반해 이 경우에는 1선지락 고장 전류값이 3상 고장 전류값보다 커서 모든 종류의 고장 계산을 수행해보니 선간단락 고장의 경우가 최소값이어서 이를 나타내었다. 이 값은 리크로저의 최소동작전류의 설정에 참조된다.

표 4 다수의 분산형 전원이 연계된 배전 계통의 각 지점에서 고장 전류값  
Table 4 Fault current at each point in distribution system interconnected a number of distributed resources

구분	A	B	C	D	E	F
3상고장 전류[kA]	5.2658	4.2560	3.9340	5.5422	4.8446	3.7392
1선지락고장 전류[kA]	6.0740	5.1152	4.2053	5.2054	5.5535	4.4683
선간단락고장 전류[kA]	5.0891	4.1131	3.4070	4.7997	4.6816	3.6135

### 2.2.2 각 지점에서 고장 발생 시 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조

4개의 분산형 전원이 모두 연계되었을 때의 보호협조에 관하여 조사하면, 최초로 배전계통에 연계된 분산형 전원의 위치와 추가되는 분산형 전원의 위치의 순서에 상관없이 그림 1에서 분산형 전원의 연계에 관한 모든 경우를 포함하게 된다.

분산형 전원의 계통 연계로 인하여 최소 고장 전

류값이 증가함을 표 2와 표 4를 통해 알 수 있었다. 따라서 리크로저 R1과 R2의 Time-Current 설정을 이에 맞춰 수정하였다고 가정하고, 각각의 경우를 살펴보겠다.

- A지점에서 고장이 발생하였을 경우(R1과 R2사이)
- R1, S2 : 보호협조해야 하는 기기들은 R1과 S2이다. R1은 고장을 감지하여 재폐로 하게 되고, S2는 고장을 감지하지 못해야한다. 하지만 DR1에서 고장 지점으로 고장 전류가 흐르게 된다.
  - DR1 : 주 전원과의 비동기화를 고려한다면 DR1은 계통에서 신속하게 분리되어야 한다.
  - DR4 : DR4의 경우에는 R0이 동작하지 않으므로 주전원과의 비동기화 문제를 고려할 필요없이 지속적으로 연계운전 할 수 있다. 인근선로 고장과 연계선로의 고장의 구분은 인근선로 고장은 리크로저에 의해 고장제거 후 전압이 회복되고 전류가 기존 부하 전류를 회복함을 통해 구분할 수 있으며 리크로저(R1)에 의한 첫 번째 선로 차단 후 전류의 부하전류 회복시간을 고려하여 최소 3[Cycle]에서 최대 10[Cycle]내에서 고장선로를 구분한다<sup>[3]</sup>.

표 5 각 전원에 따른 고장 전류 기여  
Table 5 The fault current contribution by each resource [kA]

구분	A	B	C	D	E	F
S	4.4199	3.5012	2.8707	4.3319	2.9217	3.0051
DR1	0.1972	0.1562	0.1281	0.0932	0.1977	0.1362
DR2	0.1924	0.1964	0.1610	0.0909	0.1766	0.1977
DR3	0.1919	0.1957	0.1977	0.0907	0.1758	0.1708
DR4	0.0990	0.7837	0.6431	0.1977	0.0909	0.1686

- B지점에서 고장이 발생하였을 경우(R2와 S1사이)
- R2, S1, S3 : 보호협조해야 하는 기기들은 R2와 S1, S3이다. R2는 고장을 감지하여 트립하게 되고 S1, S3의 경우에는 고장을 감지하지 못해야 한다.
  - DR2, DR3 : 이번에는 DR2, DR3가 단독운전하는 경우를 가정해보자. 영구 고장이 발생하였을 때, DR2, DR3가 단독운전을 하게 된다면 고장 복구 시 안전문제가 발생할 수 있으며, 부하에 저품질의 전력을 공급하는 경우가 발생할 수 있다<sup>[3]</sup>.

C지점에서 고장이 발생하였을 경우(S1의 전위)

- S1, S3 : 보호협조해야 기기들은 R2와 S1이다. 여기서 고려할 수 있는 경우는 DR2의 용량이 커서 S3가 계수할 준비를 하게 만드는 크기의

고장전류가 발생하는 것이다. S3가 계수할 준비는 하게 되면 R2에 의한 트립을 계수하게 되어 S1과 같이 로크아웃하게 될 수 있다.

D지점에서 고장이 발생하였을 경우(R0의 전위)

- R1, R2 : 고려해야 할 사항은 분산형 전원에 의한 고장 전류로 인해 R1과 R2의 보호협조 시퀀스가 바뀌는 경우이다. 이러한 경우에는 리크로저에 방향성 계전기를 추가하여 일정한 방향의 고장 전류에만 작동하도록 설정하면 된다<sup>[6]</sup>.

### 3. 결 론

분산형 전원을 계통에 연계시킬 때 보호협조 측면에서 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 분산형 전원의 용량이다. 또한 분산형 전원이 계통에서 분리되는 시간 설정 또한 매우 중요하다. 분리되는 시간이 적절하지 않으면 분산형 전원 자체는 물론 주변 부하들과 보호협조 시스템에도 좋지 않은 영향을 끼친다. 마지막으로 보호기기들의 최소동작전류(minimum actuating current)값의 설정을 고려해야 한다. 이를 위해 연계되는 분산형 전원의 용량에 따른 분산형 전원이 계통에 분리되어야 하는 적절한 시간설정과 보호기기들의 최소동작전류값의 설정의 체계적이고 수치적인 상관관계 분석이 필요하다 하겠다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] KYOTO PROTOCOL to the united nations framework convention on climate change, 1997
- [2] 산업자원부, 제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 2003
- [3] 최준호, 정성교, 조동우, 김낙경, 손학식, 김재철, "배전계통에 연계된 열병합발전 시스템의 개선된 보호협조 방안에 관한 연구", 전기학회지논문, 49A, 280~288, 2000
- [4] Hadjsaid, N.; Canard, J.-F.; Dumas, F. , "Dispersed generation impact on distributed network", Computer Applications in Power, IEEE, Volume 12, Issue 2, 22-28, April 1999
- [5] Cooper Power System, Electrical Distribution System Protection-Third Edition, 1990
- [6] Sukumar M. Brahma; Adly A. Girgis, "Microprocessor-Based Reclosing to Coordinate Fuse and Recloser in a System with High Penetration of Distributed Generation", Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE, Volume 1, Page(s):453 - 458, 2002