

## 배전계통에 분산전원 연계시 보호협조측면에서 적정용량 검토

이연화\*, 최준호\*, 정현준\*\*, 남해곤\*, 문채주\*\*\*, 박성준\*  
 전남대학교\*, 금호타이어\*\*, 목포대학교\*\*\*

### A Study of Propriety Capacity about Protection Scheme When Distribution System Interconnected with Distributed Resources

Lee Yeon-Hwa\*, Choi Joon-Ho\*, Jung Hyun-Jun\*\*, Nam Hae-Kon\*, Moon Chae-Joo\*\*\*, Park Sung-Jun\*  
 Chonnam National University\*, Kumhotire\*\*, Mokpo National 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

1992년 브라질 리우데자이루에서 UN 주관으로 열린 환경회의에서 “기후변화에 관한 UN협약”(UNFCCC)<sup>[1]</sup>이 채택되었다. 이 협약의 목적은 지구 온난화가 점차적으로 심각해짐에 따라, 인류에 의해 발생하는 인위적인 영향이 지구의 기후 시스템에 미치지 않도록 대기 중의 온실가스의 농도를 안정화시키자는 것이다. 이에 따라 1997년 12월 일본 교토에서 열린 제 3차 당사국총회에서 교토의정서<sup>[2]</sup>가 최종 채택되었다. 그 당시 의무국은 미국, 일본, EU회원국 등 총 38개국이었다. 교토 의정서의 무이행 내용은 각각 2008~2012년 사이에 온실가스 총 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축하는 것이다. 또한 1990년 이후의 토지 이용변화와 산림에 의한 온실가스 제거를 의무이행 당사국의 감축량에 포함하도록 하였다.

우리나라의 경우 1993년 12월 47번째로 기후변화 협약에 가입하였고 2002년 11월 교토 의정서를 비준하였으며 제 3차 당사국총회에서 기후변화협약 상개발도상국으로 분류되어 의무대상국에서 제외되었으나, OECD회원국으로서 온실가스 감축 압력을 받고 있다. 또한 2002년 기준 CO2배출량은 세계 10위에 달하기 때문에 2차 의무 감축 대상국이 될 가능성이 높다. 이에 따라 정부는 제 1, 2, 3차 종합 대책을 수립하여 분야 별로 추진하고 있다. 그 중에 제 2차 “신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003~2012)”<sup>[3]</sup>을 살펴보면 신·재생에너지 개발·보급 목표를 2006년 3%에서 2011년 5%로 두고 있다. 따라서 앞으로 지속적으로 증가될 것으로 예상되는 신·재생에

너지원은 배전 계통에 분산형 전원의 형태로 연계된다.

지금까지의 연구사례들을 살펴보면 기존 배전계통에 분산형 전원이 연계되었을 때 릴레이(Relay), 퓨즈(Fuse) 등을 이용한 보호협조를 다룬 논문<sup>[4],[5]</sup>들이 대부분이었다. 따라서 본 논문에서는 기존의 배전계통에서 리크로저(Recloser)와 섹셔널라이저(Sectionalizer)의 보호협조를 알아본 다음 분산형 전원이 연계된 배전계통에서의 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조 측면에서 악영향을 끼치지 않는 분산형 전원의 적정 용량을 검토하여 효과적으로 연계하는 방안을 제시하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 기존 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 설정

일반적인 기존 배전계통 모델을 다음 그림1과 같이 설정하였다. 우리나라의 경우, 리크로저와 섹셔널라이저를 배전계통의 주 보호기기로 사용하고 있다. 그림에서 C, G점들의 경우는 리크로저 R<sub>0</sub>, R<sub>1</sub> 바로 앞에서의 고장을 모의하기 위해서 설정한 경우이다.

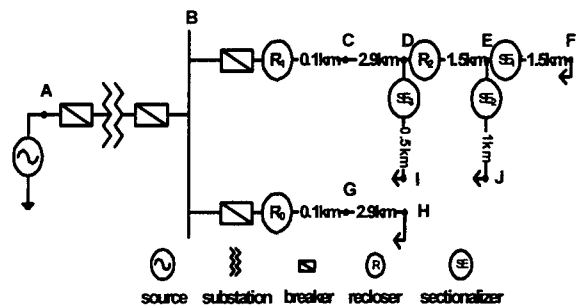


그림 1 기존 배전계통 모델 단선도

Fig. 1 One-line diagram of the distribution system model

##### 2.1.1 고장계산

그림1에서 고장계산을 위해 사용한 입력 파라미터(Parameter) 값들은 다음 표1과 같다.

각 지점 A, B, C, D, E, F에서 고장 계산을 실시하면 다음 표2와 같은 결과가 나온다. 고장계산은 3상 단락고장과 1선 지락고장을 실시하였으며, 고장저항은 0으로 가정하였다.<sup>[6]</sup>

표 1 배전계통 모델 입력 파라미터

Table 1 Input parameter of distribution system model

전원측	정격용량[MVA]	100
	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 (ACSR160mm <sup>2</sup> )	영상분 임피던스[%/km]	11.99+j29.26
	정상,역상분 임피던스[%/km]	3.47+j7.46
부하	F[MW]	5
	I[MW]	2
	J[MW]	2
	H[MW]	5

표 2 각 지점에서 고장전류 값

Table 2 Fault current at each point

구분	A	B	C	D	E	F
3상고장전류[kA]	5.1604	4.1312	3.4407	5.1604	4.7645	3.6447
1선지락고장전류[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.

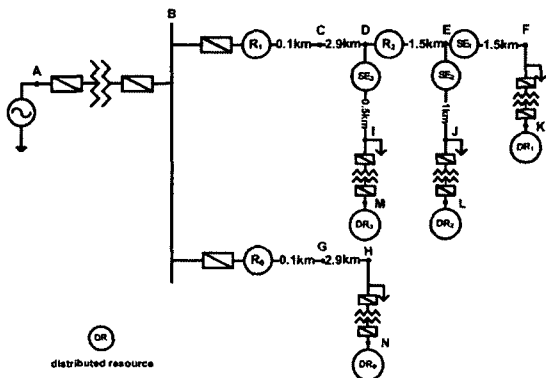


그림 2. 다수의 분산형전원이 연계된 배전계통 모델 단선도

Fig. 2 One-line diagram of the power distribution system model interconnected with a number of distributed resources

다수의 분산전원을 연계하면 총 용량이 증가하여 여러 개의 보호기기들을 고려해 주어야 한다. 따라서 각 분산형 전원의 최대 용량은 적정용량의 조합으로 수정되어야 한다. 모든 분산형 전원을 연계한 후 고장해석을 실시 해 보니, D점과 G점에서 고장이 발생하였을 때, 각각 R<sub>2</sub>, R<sub>1</sub>의 최소동작전류를 넘는 고장전류를 분산형 전원 DR<sub>1</sub>, DR<sub>2</sub>, DR<sub>3</sub>에서 공급하고 있었다. 따라서 DR<sub>1</sub>, DR<sub>2</sub>의 최소동작전류를 넘지 않는 분산형 전원의 용량의 조합을 조사하였다.

2.2.1 D점에서 고장 발생시, R2에 관한 DR1, DR2의 적정용량 선정

분산형 전원의 연계후의 고장 전류값을 비교하기 위해 고장 계산을 실시하였다. 그림 2의 분산형 전원 DR<sub>0</sub>, DR<sub>1</sub>, DR<sub>2</sub>, DR<sub>3</sub>의 파라미터값들은 다음 표3과 같으며, 고장 저항은 0으로 가정하였다. 각각의 경우에 보호기기에 악영향을 끼치지 않는 적정용량을 선정해 보았다.

표 3 분산형 전원 모델 입력 파라미터

Table 3 Input parameter of distributed resource

분산형 전원	정격용량[MVA]	0~10
	정격전압[V]	480
	X'd[P.U.]	0.2
변압기		480[V]
		480[V]/22.9[kV]
		2[MVA]
		j3[%]

DR<sub>1</sub>의 용량은 고정이며, 그에 따른 DR<sub>2</sub>의 연계 가능한 적정용량은 해당 값 이하 전부이다. 조합은 아래 표4와 같다.

표 4 DR1과 DR2의 적정용량 조합

Table 4 The propriety capacity DR1 and DR2

DR <sub>1</sub> 용량 [MVA]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
DR <sub>2</sub> 용량 [MVA]	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.9
DR <sub>1</sub> 용량 [MVA]	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
DR <sub>2</sub> 용량 [MVA]	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9
DR <sub>1</sub> 용량 [MVA]	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
DR <sub>2</sub> 용량 [MVA]	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0
DR <sub>1</sub> 용량 [MVA]	3.1									
DR <sub>2</sub> 용량 [MVA]	0.9									

2.2.2 G점에서 고장 발생시, R1, R0에 관한 DR1, DR2, DR3의 적정용량 선정

위의 2.2.1절의 방법과 유사한 방법으로 적정용량의 조합을 구하였다. R<sub>1</sub>의 최소동작전류는 618.8[A]이며, 고장은 고장 저항이 0[Ω]인 3상 고장을 모의하였다. 결과의 조합이 너무 많아서 다음과 같은 경우에 적정용량 조합의 예를 들어 보았다.

가) DR<sub>1</sub> 과 DR<sub>2</sub>의 조합 중 최대값의 경우는 DR<sub>1</sub>이 0.9[MVA], DR<sub>2</sub>가 3.1[MVA]일 때이다. 이 경우에 DR<sub>3</sub>의 최대 적정용량은 1.6[MVA]이고 고장전류의 값은 611.7[A]이었다.

### 2.2.3 다수의 분산형 전원을 연계하는 경우의 제약조건

2.2.2절을 통해 얻어진 제약조건은 다음과 같다.

분산형 전원들에 의한 고장전류( $I_{DRCof}$ )가 역(주전원측) 방향으로 중첩될 때마다, 역방향 쪽으로 가장 가까운 보호기기의 최소동작전류( $I_{CoMIN}$ )의 크기보다 적어야 한다.

$$I_{DRCof} < I_{CoMIN} \quad (2.1)$$

분산형 전원에 의한 고장 전류로 인해 정(분산형 전원너 설치점 이후의 부하말단 방향)방향 쪽으로 중첩될때마다, 정방향 쪽으로 가장 가까운 보호기기의 최대고장전류( $I_{CoMAX}$ )를 초과해서는 안된다. ( $I_{SF}$ =주전원에 의한 고장 전류)

$$I_{SF} + I_{DRCof} < I_{CoMAX} \quad (2.2)$$

### 2.2.4 알고리즘 제안

위에서 얻은 결과를 토대로 다음과 같은 알고리즘을 제안하였다.

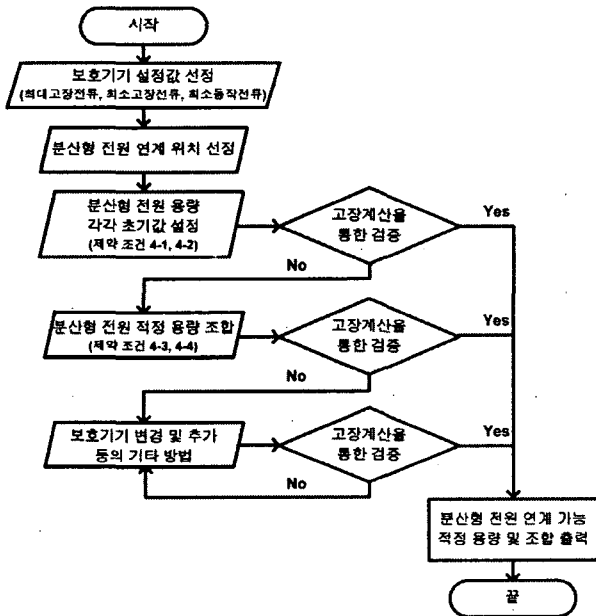


그림 3 분산형 전원 적정 용량 검토 알고리즘  
Fig. 3 The distributed resource limitation capacity algorithm

위의 알고리즘은 분산형 전원의 연계 위치를 정하였을때 연계 가능한 분산형 전원의 적정 용량을 제시하는 방안으로써, 분산형 용량을 적정 용량 이상으로 증가하였을 경우에는 다른 선로로의 연계 등의 방안을 강구하여야 한다.

### 3. 결론

본 논문에서는 효과적인 분산형 전원의 계통 연계를 위해 분산형 전원의 적정 용량을 검토하는 방안을 제안하였다. 분산형 전원의 용량을 적절히 검토, 제한하여서 역방향의 고장전류가 흘러도 보호기기의 최소동작전류와, 최대고장전류를 초과하지 않게끔 하여 악영향을 끼치지 않게끔 하는 것이다. 분산형

전원에서 발생하는 고장전류를 보호기기의 동작전류보다 낮게 하여, 보호기기의 오동작을 원천적으로 방지, 기존의 보호협조를 최대한 유지, 경제적 추가 비용 감소 등의 효과를 얻고자 한다.

다만, 본 논문에서는 계전기의 정정, 리크로저-리크로저의 보호 시퀀스나 섹셔널라이저의 검출 지연 시간 등을 고려하지 않았기 때문에 향후 이 점들을 고려한 연구를 진행할 예정이다

### 참고 문헌

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992.
- [2] KYOTO PROTOCOL to the united nations framework convention on climate change, 1997
- [3] 산업자원부, 제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 2003.
- [4] 최준호, 정성교, 조동우, 김낙경, 손학식, 김재철, “배전계통에 연계된 열병합발전 시스템의 개선된 보호협조 방안에 관한 연구”, 전기학회지논문, 49A, 280~288, 2000.
- [5] 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.
- [6] 정현준, 최준호, 남해곤, 문채주, “다수의 분산형 전원이 연계된 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 보호협조 방안”, 대한전기학회 하계학술대회, A, 429~431, 2005.