

분산전원이 연계된 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 개선된 보호협조 방안

정현준*, 최준호*, 남해곤*, 문채주**
전남대학교*, 목포대학교**

The Advanced Recloser and Sectionalizer Coordination and Protection Scheme in Distribution System Interconnected Distributed Resources

Jung Hyun-Jun*, Choi Joon-Ho*, Nam Hae-Kon*, Moon Chae-Joo**
Chonnam National University*, Mokpo National University**

Abstract - According to the second plan of the Korean Government about technology development, utilization and population of new-renewable energy, the continuous growth of distributed resources are expected. But if those are interconnected with distribution system, there are many problem. In this paper, it is searched the biggest capacity of distributed resources under limit of actuating current of protection devices and scheme.

2. 본 론

2.1 기존 배전계통에서 리크로저와 섹셔널라이저의 설정

우선 일반적인 기존 배전계통 모델을 다음 그림 1과 같이 설정하였다. 우리나라의 경우, 리크로저와 섹셔널라이저를 배전계통의 주 보호기기로 구성하고 있다. C, G 점들의 경우는 리크로저 R₀, R₁ 바로 앞에서의 고장을 모의하기 위하여 설정한 경우이다.

1. 서 론

1997년 교토의정서가 지구 온난화 방지책의 일환으로 채택되어 1차 의무 감축 대상국인 36개 선진국가들은 2008년부터 2012년까지 1990년 대비 5.2%의 온실가스 배출을 감축할 것을 규정하였다. 2004년 10월 22일 러시아 교토의정서를 비준함에 따라 의정서가 발효되기 위한 두 번째 요건인 비준서를 기탁한 부속서(Annex) I 국가들의 1990년 기준 이산화탄소 배출량의 합이 전체 부속서 I 국가들의 1990년 기준 이산화탄소 배출량의 55% 이상을 차지해야 함을 충족시켜 2005년 2월 16일 교토의정서가 발효되었다[1].

우리나라의 경우 2002년 11월 8일 교토의정서를 비준하였으며, 아직 교토의정서에 따른 법적 의무는 부담하고 있지 않으나 OECD 회원국으로서 온실가스 감축 압력을 받고 있다. 이에 따라 정부는 “제 2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003-2012)[2]”를 살펴보면 신·재생에너지 개발·보급 목표를 2006년 3%에서 2011년 5%로 두고 있다. 신·재생 에너지원은 분산전원의 형태로 계통에 연계되기 때문에, 현 배전계통에 분산전원의 연계는 계속 증가 할 예정이다.

우리나라의 경우 배전계통은 부하절체를 하기위해 20초에서 1분간 루프(Loop)형태로 운전하는 경우를 제외하고는 단방향 전원에 의한 방사상(Radial)으로 운전되고 있으며, 보호시스템 또한 단방향 조류에 기초하여 구성되고 있다[3]. 이러한 배전계통에 분산전원이 연계되면 단방향 전원에서 양방향 전원 시스템으로 전환됨에 따라 기존의 보호시스템에 대한 검토가 필요하다[3,4].

보호시스템에 검토해야 할 사항은 보호기기의 교체 혹은 리크로저의 TC(Time-Current) 곡선 교체, 리크로저와 리크로저의 보호협조 방식 재설정, 비동기화, 안전성 등 매우 다양하나 본 논문에서는 분산전원의 용량을 적절하게 선정하여 많은 문제들의 시발점이 되는 분산전원에 고장전류를 제한함으로써 그 문제점을 줄여보고자 한다. 또한 IEEE Standard P1547[5]을 살펴보면 가장 이상적인 방법은 기존의 보호기기를 그대로 사용하면서 분산전원을 연계시키는 방법이므로 고려해 보기에 충분한 항목이라 할 수 있겠다.

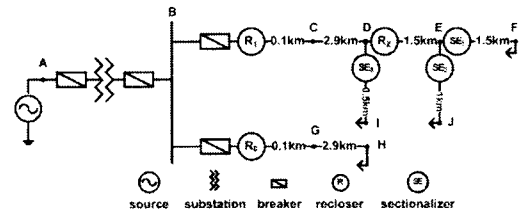


그림 1 배전계통 모델 단선도
Fig. 1 One-line diagram of the power distribution system model

그림 1에서 쓰인 입력 파라미터(Parameter) 값들은 다음과 같다.

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
배전용변전소	정격전압[kV]	154
	주변압기	임피던스[%]
배전선로	영상분 임피던스[%/km]	11.99+j29.26
	ASCR1600mm ²	정상·역상분 임피던스[%/km]
부하	F[MW]	5
	I[MW]	5
	J[MW]	2
	H[MW]	2

2.1.1 리크로저, 섹셔널라이저 설정방법[6]

리크로저의 최대고장전류, 최소고장전류, 최소동작전류의 설정 방법은 다음과 같다.

• 최대고장전류

리크로저 설치점에서 3상 단락고장전류와 설치점의 지락저항을 0[Ω]으로 상정한 1선 지락고장전류 중 큰 값

- 최소고장전류
자기보호구간의 최소고장전류
- 리크로저를 2대 이상 설치하는 경우 최소고장전류
부하측에서 보아 후비 리크로저의 자기보호구간의 최소고장전류는 전위 리크로저의 설치점까지 구간 내에서 최소고장전류가 되도록 하며, 이후 리크로저의 자기보호구간의 최소고장전류는 설치점 이후 말단까지의 고장전류 중 보호해야할 최소고장전류가 되도록 한다.
- 최소동작전류
설치점 최대부하전류×2.8-4.0배(부하종류에 따라)

섹셔널라이저의 최소동작전류 설정 방법은 다음과 같다.

- 최소동작전류
후비 리크로저의 최소동작전류×0.8

2.1.2 리크로저, 섹셔널라이저 설정

리크로저의 최대고장전류와 최소고장전류를 설정하기 위해 B-II점에서 3상 단락고장과 고장지항을 0으로 상정한 1선 지락고장계산을 실시하였다. 그리고 리크로저와 섹셔널라이저의 최소동작전류를 설정하기 위해서 조류계산을 실시하였다. 그 결과는 다음 표와 같다.

표 2 각 지점에서 고장전류 값
Table 2 Fault current at each point [kA]

구분	B	D	E	F	H	I	J
3상단락 고장전류	13166	58751	45703	37371	58731	53631	39800
1선지락 고장전류	13370	38170	27991	22088	38170	34035	23761

표 3 각 구간에서 조류계산 값
Table 3 Power flow at each section [A]

구분	A-B	B-D	B-II	D-E	D-I	E-F	E-J
조류	342	221	122	172	49	123	49

2.1.1절의 내용과 고장계산, 조류계산을 토대로 한 보호기들의 설정값은 다음과 같다.

표 4 보호기들의 설정값
Table 4 Setting value of protection devices

R ₀	최대 고장전류	13.1606 [kA]
	최소 고장전류	3.8170 [kA]
	최소 동작전류	341.6 [kA]
R ₁	최대 고장전류	13.1606 [kA]
	최소 고장전류	2.2088 [kA]
	최소 동작전류	618.8 [A]
R ₂	최대 고장전류	5.8751 [kA]
	최소 고장전류	5.2088 [kA]
	최소 동작전류	481.6 [kA]
SE ₁ , SE ₂	최소 동작전류	385 [A]
SE ₃	최소 동작전류	495 [A]

2.2 분산전원의 용량 설정

2.1절에서는 배전계통 모델과 리크로저와 섹셔널라이저를 설정하였다. 이번 절에서는 F, G, I, J점에 분산전원을 추가하는 경우에 리크로저와 섹셔널라이저의 오동작을 일으키지 않는 용량을 선정해보고자 한다. 적정 용량의 선정만으로는 완벽한 보호협조가 이루어지지 않으나, 보호기기 추가 및 보호계획의 변경을 최소화시키는 효과가 있으며, 분산전원을 설치하는 경우 분산전원 측에 보호기기를 설치하므로 충분한 보호협조가 이루어진다고 할 수 있겠다. 분산전원이 추가된 후의 배전계통 모델은 그림 2와 같다.

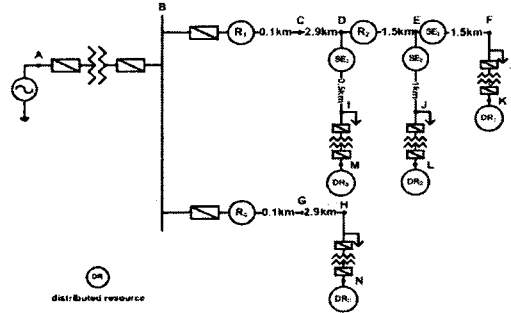


그림 2 분산전원이 연계된 배전계통 모델 단선도
Fig. 2 One-line diagram of the power distribution system model interconnected with distributed resources

2.2.1 단계별 용량 설정

F, G, I, J점 모두에 분산전원을 설치하려는 경우에 제안하고자 하는 적정 용량 선정법은 다음과 같다.

1. 여러 개의 급전선 중, 분산전원을 가장 많이 연계시킬 급전선부터 차례대로 한다. 그 이유는 분산전원이 많이 연계가 될수록 인접 선로에서 고장이 발생하였을 때, 인접선로에 설치되어 있는 리크로저의 최대 고장전류 값을 초과할 확률이 높기 때문이다. 또한 최종 수정을 할 때에 연계하는 분산전원의 수가 적은 급전선을 선택하여 수정하는 것이 더 유리하기 때문이다. 따라서 B-F 구간을 먼저 선택하였다.

2. 각 지점에서 가장 가까운 보호기기들의 최소동작전류를 넘지 않는 최대 용량을 선정하고 이 값을 초기값으로 한다. 이 경우에는 모든 분산전원을 동시에 연계해서 선정하는 것이 아니라 각각의 위치에서 한 개씩 연계하고 분산전원의 고장전류값이 가장 커서 인접 보호기기들의 동작에 영향을 줄 수 있는 지점에 고장을 모의하여 선정한다. 알맞은 용량을 얻기 위해서 가장 좋은 방법은 거리는 정해서 있으므로 식을 유도하여 대입하여 결과를 찾는 것이지만, 본 논문에서는 용량을 변경하면서 알맞은 용량을 찾아갔다. 그 결과는 다음과 같다.

표 5 분산전원 용량의 초기값
Table 5 Default capacity of distributed resources

연계한 분산전원	DR ₁	DR ₂	DR ₃
고장지점	E	E	D
보호기기	SE ₁	SE ₂	SE ₃
용량[MVA]	3.2	3.1	4

3. 초기값을 토대로 선택한 급전선의 끝단에서부터 주전원 방향으로 연계하는 분산전원의 수를 늘려가면서 그 다음 인접한 보호기기들의 최소동작전류를 넘지 않는 최대 용량을 선정한다. 급전선의 첫 번째 보호기기의 경우에는 인접 선로의 첫 번째 보호기기의 최대 고장전류값을 넘지 않도록 조정한다. 분산전원의 용량을 줄여야 하는 경우에는 각 분산전원들의 용량이 비슷하게끔 선택하여 줄여나갔다.

표 6 분산전원 용량의 수정 (1)
Table 6 adjustment of distributed resources capacity

연계한 분산전원	DR ₁ , DR ₂	DR ₁ , DR ₂ , DR ₃	DR ₁ , DR ₂ , DR ₃
고장지점	D	G	G
보호기기	R ₂	R ₁	R ₀
용량[MVA]	2 2	2 1.5 2	1.5 1.5 1.5

4. B-II 구간에서 2, 3번 과정을 반복한다.
B-G 구간에서는 추가되는 분산전원의 용량이 적으므로 R_0 의 최소 동작전류를 넘지 않는 고장전류를 발생하는 용량이면 R_1 의 최대 고장전류의 한계를 넘어서지 않는다.

표 7 분산자원 용량의 수정 (2)
Table 7 adjustment of distributed resources capacity

연계한 분산자원	DR_0
고장지점	C
보호기기	R_0, R_1
용량[MVA]	2

5. 각 급전선에서 선정된 분산전원의 용량으로 모든 분산전원은 연계한 후에 전 지점에서 고장계산을 실시하여 각 보호기기들의 동작을 방해하는 고장전류를 발생시키는 지 검토하였다. 결과는 모두 만족이었으며, 그 내용은 다음과 같다.

표 8 분산자원 용량의 선정
Table 8 Selection of distributed resources capacity

구분	R_0	R_1	R_2	SE_1	SE_2	SE_3
고장지점	C					
고장전류 [kA]	0.231	12.885	0.340	0.170	0.170	0.174
비교설정	최소 동작	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작
고장지점	D					
고장전류 [kA]	0.086	4.813	0.364	0.182	0.182	0.186
비교설정	최소 동작	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작
고장지점	E					
고장전류 [kA]	0.070	3.881	4.028	0.185	0.185	0.150
비교설정	최소 동작	최대 고장	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작
고장지점	F					
고장전류 [kA]	0.058	3.225	3.347	3.497	0.154	0.125
비교설정	최소 동작	최대 고장	최대 고장	최대 고장	최소 동작	최소 동작
고장지점	G					
고장전류 [kA]	13.137	0.493	0.327	0.163	0.164	0.167
비교설정	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작
고장지점	H					
고장전류 [kA]	4.847	0.182	0.121	0.060	0.060	0.061
비교설정	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최소 동작
고장지점	I					
고장전류 [kA]	0.080	4.445	0.336	0.168	4.776	0.168
비교설정	최소 동작	최대 고장	최소 동작	최소 동작	최소 동작	최대 고장
고장지점	J					
고장전류 [kA]	0.061	3.419	3.548	0.163	3.706	0.132
비교설정	최소 동작	최대 고장	최대 고장	최소 동작	최대 고장	최소 동작

3. 결 론

2.2 절에서 언급한 순서대로 용량을 선정해 나가면 점차 만족시키는 분산전원의 용량이 줄어드는 것을 알 수 있으며, 결과적으로 모든 보호기기들의 기존 설정에 어긋나지 않음을 알 수 있다. 그리고 본 논문에서는 설치하는 분산전원의 용량을 비슷하게끔 선정하였으나, 만약 어느 한 지역에 바람 자원이나 햇빛 자원이 더 풍부하여 용량을 더 늘리고자 하는 경우에는 그 지점의 용량을 최대로 하고 다른 지역의 용량을 보호기기들의 설정에 맞출 수도 있으므로, 매우 유용한 방법이라 할 수 있겠다.

하지만 많은 부분들을 간과한 방법이기에 때문에 차후에 추가적으로 고려해야 할 부분들이 많다. 예를 들면 분산전원 측의 보호기기들의 작동으로 인해 고장지점과 상관 없는 섹셔널라이저의 순간적인 오동작은 무시할 수도 있는 경우, 리크로저의 보호설정 중 동작 시퀀스(Sequence)나 T-C 곡선의 설정 변경 등을 고려한다면 좀 더 완벽한 리크로저, 섹셔널라이저의 보호협조 방안이 제안될 것이다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성지원 사업에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] KYOTO PROTOCOL to the united nations framework convention on climate change, 1997
- [2] 산업자원부, 제 2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 2003
- [3] 최준호, 정성교, 조동우, 김낙경, 손학식, 김재철, "배전계통에 연계된 열병합발전 시스템의 개선된 보호협조 방안"에 관한 연구", 전기학회지 논문, 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] IEEE Standard of Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE, 2003
- [6] 배전보호기술서, 한국전력공사 배전처, 1995