

배전계통에 분산전원 연계시 전압강하에 의한 민감부하의 피해를 고려한 보호협조 연구

정승복 김재철
승실대학교

A Study on the Coordination Scheme Considering the Loss of Sensitive Load by Voltage Sag at Distribution System Interconnected Dispersed Generation

Jung Seung-Bock Kim Jae-Chul
Soongsil University

Abstract - Recently, the concern of power quality problem is increasing. Especially, Voltage quality problem have been increased important problem. Electronic device was affected by voltage sag. So, sensitive load that included many electronic Device was affected by voltage sag. also, it may have economic loss.

In this paper, we argue the coordination scheme considering the loss of sensitive load. The coordination device of distribution system for instaneous fault is recloser and sectionalizer, But, the fault clearing time of recloser is more than 2 seconds. So, voltage sag generates long time that affected sensitive load.

HS(high speed switchgear) has fast fault clearing time(0.015s) that not affected sensitive load. Therefore, the coordination applied HS is used. The proposed schemes are proved and evaluated by a case study using PSCAD/EMTDC simulation.

1. 서 론

최근 국내의 전력수요량은 지속적으로 성장하고 있으나 우리나라 석유같은 주 에너지 자원의 고갈로 인해서 대체에너지 자원의 개발이 요구되고 있다. 또한 부지 확보문제, 환경문제등으로 인해서 원자력 발전같은 대형 발전설비의 확충을 전세계적으로 지양하고 있다. 따라서 태양열, 풍력, 소형열병합같은 분산전원의 도입이 적극적으로 검토되고 있다. 그러나 분산전원을 배전계통에 연계시 계통의 단락용량 증대, 전압품질, 보호협조등의 문제가 발생한다. 국내 22.9kV계통은 ULTC에 의해서 전압조정을 하고 있기 때문에 분산전원 연계시 전체 계통을 경부하로 인식하게 되어 공급전압이 저하되게 된다. 분산전원 연계계통에서 계통사고시 비사고 피더의 전압강하는 분산전원 비연계계통에보다 심한 전압강하가 발생하게 된다. 최근 첨단산업의 발달로 인해서 전압강하에 민감한 부하들이 증가하고 있어 전압강하는 경제적 손실을 초래할 가능성이 매우 높다.

따라서 본 논문에서는 기존의 배전 계통에 분산전원을 연계시킬 경우 사고시 계통의 전압강하로 인한 민감부하의 피해를 고려한 보호협조에 대해서 연구하였다. 분산전원 연계 피더와 전압강하에 민감한 부하가 있는 피더에 상시 오픈 스위치를 연결하였다. 그리고 분산전원 연계 피더와 민감한 부하가 있는 피더에는 기존 배전 계통에 보호협조 기기로 갖추어져 있는 섹셔널라이저 뒤편에 고속도 차단기를 설치하였다. 그래서 고속도 차단기 상 위쪽의 사고시 고속차단을 하고 상시 오픈 스위치를 닫았다. 이로 인해서 민감한 부하에 전압강하를 줄이고 분산전원에 의한 전원공급을 하여 전압강하로 인한 민감부하의 경제적 손실을 방지하였다. 결과검증을 위해서 PSCAD/EMTDC로 시뮬레이션 하였다.

2. 본 론

2.1 배전계통 보호기기

2.1.1 기본 보호기기

리클로저(recloser)는 배전계통 보호기기 중 보호협조를 하는데 중추적 역할을 담당하며 순간 사고가 일어났을 경우 선로를 순간적으로 차단한 후 일정 시간 후 자동으로 재폐로 함으로써 순시 사고를 제거하고 전력공급의 신뢰도를 향상시킨다. 순시동작에 의한 사고제거가 되지 않을 경우 설정된 지연동작으로 동작하게 되며 선로를 차단한 후 고장구간을 배전계통으로부터 분리시킨다. 대표적인 리클로저의 동작 특성으로는 2F1D(2번 순시동작과 1번 지연동작)이다.

섹셔널라이저(sectionalizer)는 후비 보호장치인 리클로저의 동작횟수를 카운트하여 동작하며 리클로저 트립동작에 의해 선로가 무전압 상태가 되었을때 고장구간을 분리한다. 최소동작전류 이상의 전류가 흐르면 리클로저의 동작횟수를 카운트를 한다[1,4].

차단기는 계전기와 함께 사용되며 계전기는 탭설정값 이상의 전류가 흐를 때 정방향으로 동작하고 전류가 흐르지 않을 때 역방향으로 동작한다. 적절한 탭과 타임레버설정치를 이용하여 다른 보호장치들과 협조를 한다.

2.1.2 고속도 차단기(High Speed Switchgear)

사이리스터를 응용한 고속도 차단기가 개발되었다. 일반 차단기가 0.2초정도에서 차단하는 것에 비해서 고속도 차단기는 0.015초 정도에 사고 차단을 한다. 사이리스터를 응용한 고속도 차단기가 계통에 응용될 때 전압강하를 줄임으로서 민감부하의 피해를 줄일 수 있다[2].

2.2 부하장비들의 순간전압강하에 대한 영향

그림 1은 순간전압강하에 대한 부하장비들의 영향을 나타낸 것이다. 대부분의 부하 장비들은 순간전압강하가 0.2초를 지속할 경우에는 오동작을 일으킬 위험이 있다. 특히 전자 스위치의 경우에는 0.01초 정도의 순간전압강하도 오동작을 일으킬 수 있을만큼 민감한 부하장비이다[2].

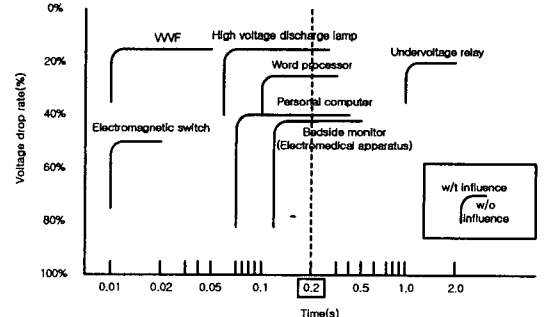


그림 1. 부하 장비들의 순간전압강하에 대한 영향

2.3 배전계통 모델

그림 3은 피더가 4개이고 각 피더별로 10MVA 역률 0.9(5MVA-0.9, 4MVA-0.9, 1MVA-0.9)의 부하가 있다. 분산전원이 연계된 피더 1과 민감부하가 있는 피더 2에는 고속도 차단기를 쉐셔널라이저 뒤편에 설치하였고 피더 1과 피더 2사이에는 상시 오픈 스위치를 통해서 연결하였다.

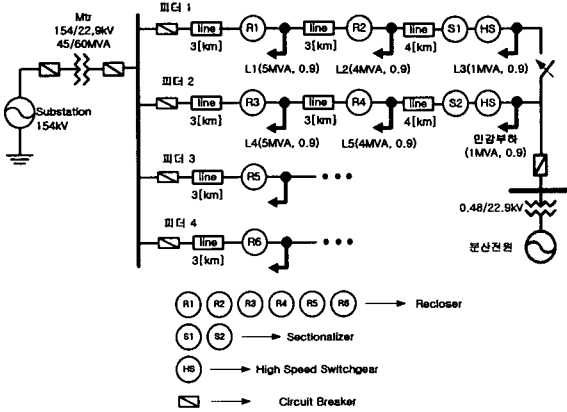


그림 2. 배전계통 모델

다음 표1은 배전계통 모델에 대한 파라메타를 나타낸 것이다. 분산전원은 3MVA 역률 0.9이고 22.9kV배전선 정상, 영상임피던스는 한전배전보호기술서를 참고하였다[5].

표1. 배전계통 모델 파라메타

전원측	영상분 임피던스[/km]	0.00257+j0.01336 [p.u.]
	정상, 역상분 임피던스[/km]	0.00072+j0.00757 [p.u.]
	공급전압[kV]	22.9
배전선로	영상분 임피던스[/km]	0.0987+j0.2268 [p.u.]
	정상, 역상분 임피던스[/km]	0.0386+j0.0698 [p.u.]
주변압기	임피던스	j0.1214[p.u.]
	정격용량	45/60 [MVA]
	변압비	154/22.9kV
분산전원	3[MVA], 역률 0.9	

2.4 계통사고시 전류의 흐름

2.4.1 고속도 차단기가 없을 경우 전류의 흐름

고속도 차단기가 없는 계통에서는 일반적으로 A지점에서 사고가 날 경우 민감부하에는 사고로 인한 전압강하된 전압이 흐르게 될 것이다. 순간사고시 리클로저에 의한 0.2초정도후 사고 차단이 일어날 것이다. 그리고 0.2초정도 민감부하는 전압강하를 경험하게 된다. 이는 대부분의 부하 장비들에 영향을 미쳐 오동작으로 이어질 수가 있다.

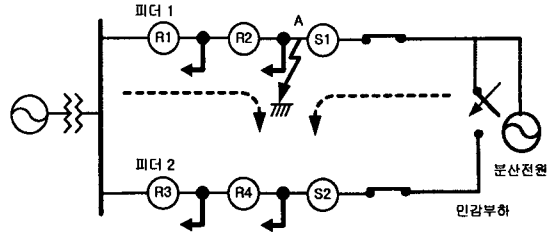


그림 3. 고속도 차단기가 없을 경우 전류의 흐름

2.4.2 고속도 차단기가 있을 경우 전류의 흐름

A지점에서 사고가 날 경우 계통은 전체적으로 전압강하를 경험하게 된다. 하지만 고속도 차단기가 설치되어 있는 경우 0.015초 정도의 고속 차단과 동시에 상시 오픈 스위치를 연결하여 분산전원에 의한 민감부하에 의한 전력공급을 할 수 있고 부하 장비들의 전압강하에 의한 오동작이 일어날 가능성이 거의 사라지게 된다. 따라서 이로 인한 경제적 손실또한 줄어들게 된다.

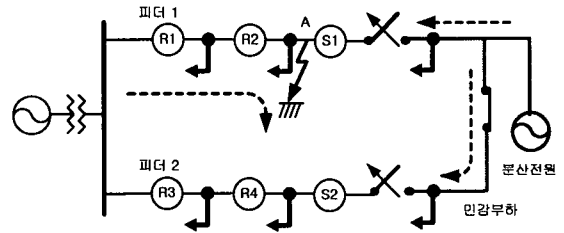


그림 4. 고속도 차단기가 있을 경우 전류의 흐름

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

결과 검증을 위해서 PSCAD/EMTDC를 통한 시뮬레이션을 하였다. 민감부하는 1MVA, 지상 역률 0.9, 분산전원은 3MVA, 지상 역률 0.9로 가정하였다.

3상 단락사고인 사고는 1초에 시작되어 3초까지 지속된다고 가정하였다. 그리고 리클로저는 사고발생후 0.2초에 동작되어 이후 0.5초간 첫 번째 무전압 구간을 가진다고 설정되었다. (1.2초에 차단하여 1.7초에 재폐로) 고속도 차단기는 0.015초에 차단된다고 설정되었다.

3.1 고속도 차단기가 없는 경우

고속도 차단기가 없는 경우 사고시 리클로저에 의한 순시동작이 발생하게 된다. 하지만 사고발생후 0.2초정도 순시동작시 시간이 걸리게 되므로 전압강하가 0.2초 동안 발생한다는 것을 알 수 있다. 또한 리클로저의 동작 특성상 다시 0.5초후 다시 트립하여 1.7초에 전압강하가 다시 발생함을 알 수 있다.

3.2 고속도 차단기가 설치된 경우

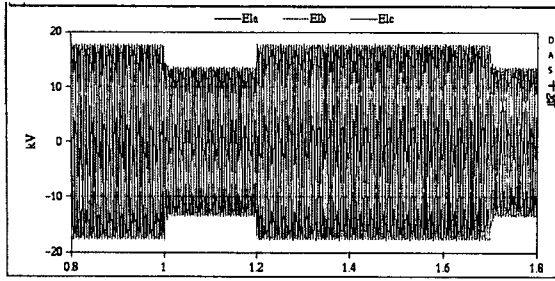


그림 5. 고속도 차단기가 없는 경우 민감부하의 전압

고속도 차단기가 설치한 경우 사고시 리클로저 동작 이전에 고속도 차단기에 의한 0.015초에 민감부하측에 의한 사고 차단이 발생하게 되고 이와 동시에 상시 오픈 스위치가 연결되어 분산전원에 의한 전압공급을 하게 되어 전압강하기간이 길지 않고 전압이 회복됨을 알 수 있다.

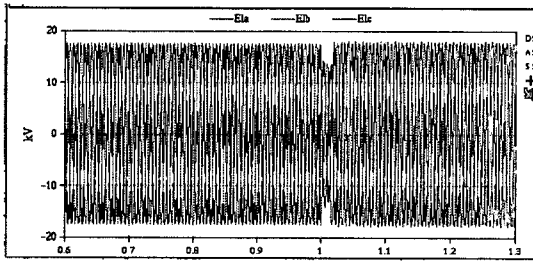


그림 6. 고속도 차단기가 설치된 경우 민감부하의 전압

3.3 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 7과 같이 고속도 차단기가 설치 되지 않고 기존의 배전보호기기로만 보호협조를 하였을 때 0.2초 이상의 전압강하를 일으켜서 민감한 전자기기들의 오동작을 일으킨다. 하지만 그림 8과 같이 고속도 차단기를 설치했을 경우에는 0.015초에서 차단되어 민감한 전자장비라고 할지라도 전혀 영향을 미치지 않음을 알게 된다. 그림에서 굵은 선이 시뮬레이션 결과에 의한 민감부하의 전압강하를 나타낸 것이다. 따라서 고속도 차단기가 설치할 때 전압강하의 영향을 줄일 수가 있고 전압강하로 인한 경제적 손실을 방지할 수 있다.

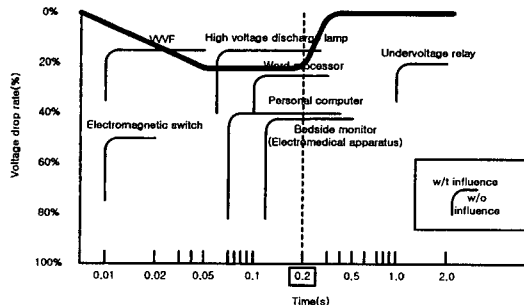


그림 7. 고속도 차단기가 없을 때 민감부하의 전압강하 정도 및 기간

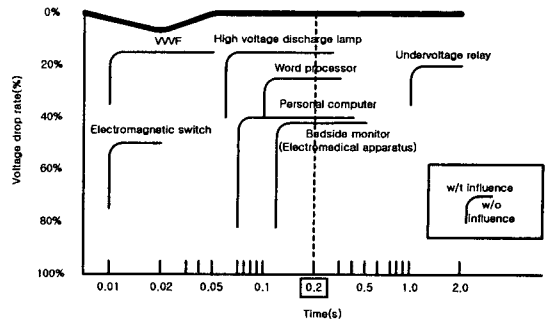


그림 8. 고속도 차단기가 설치했을 때 민감부하의 전압강하 정도 및 기간

4. 결 론

과거에는 순간 전압강하가 부하에 큰 영향을 끼치지 못하였지만 최근에는 순간 전압강하에 민감한 장비들의 발달로 순간 전압강하는 관심의 대상이 되고 경제적 손실까지 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 배전계통에 분산전원 연계시 전압강하에 대한 영향에 대해서 알아 보았다. 기존의 보호협조 방식으로는 리클로저가 순시사고제거를 위해서 동작을 한다고 해도 기계적인 동작시간을 고려해서 0.2초 이상 정도 사고가 차단될 때까지 기다려야 했다. 그래서 현재 민감한 부하에는 순간 전압강하로 인한 경제적 손실을 야기할 수 있다. 하지만 고속도 차단기를 배전계통의 보호협조에 응용되게 될 때 전압강하의 문제를 해결할 수 있게 된다.

사고가 일어날 때 민감부하 앞단과 분산전원 최종부하 앞단에 고속도 차단기를 설치하고 고속차단을 하였다. 분산전원 피더와 민감부하가 있는 피더사이에 상시 오픈 스위치를 연결하고 사고시 연결하였다. 이로 인한 사고시 민감부하의 전압강하를 줄였다.

추후 고속도 차단기 하위쪽에서 발생한 사고에 대해서 연구가 필요하다. 그래서 고속도 차단기가 상위와 하위 사고를 구별해서 차단을 하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 기초전력공학공동연구소의 01-중-04 사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] 최준호, 정성교의, "배전계통에 연계된 열병합발전설비의 개선된 보호협조 방안"에 관한 연구, 대한 전기학회지, Vol 49A, no 6, pp 280-288, Jun. 2000년.
- [2] Kunio Matsushita, Yoshihiko Matsuura et al. "Study for the Performance of High Speed Switchgear for Protection of In-House Generation System", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp 91-95, May 1996
- [3] Cooper Power System, Electrical Distribution System Protection-Third Edition, 1990
- [4] 한국전력공사 배전처, 배전보호기술서, 1995년.
- [5] HVDC, PSCAD/EMTDC Manual