

분산전원이 도입된 배전계통에 초전도전류제한기 적용에 따른 보호기기 동작분석

이용석, 정상현, 임성훈*
 송실대학교

Analysis on operation of Protective Equipment According to Application of SFCL in a Power Distribution System

Yong-Seok Lee, Sang-Hyun Jung, Sung-hun Lim*
 Soongsil University

Abstract - This paper analysed a protective equipment in power distribution system linked distribution power system when a superconducting fault current limiter(SFCL) is installed. This paper focused on a recloser, because the recloser is a general protective equipment. When power distribution system linked distribution power system, a fault current is increased by adding fault current of distribution power system. The increased fault current makes many problems. But SFCLs are limiting fault current and help the protective equipment to operate normal process. We analysed the operation of protective equipment in power distribution system linked distribution power system with SFCLs.

1. 서 론

계속되는 경제 발전으로 인해 전력 에너지 소비 증가는 전력 발전 설비의 확대를 가져왔다. 그러나 석탄과 석유와 같은 화석 연료 고갈 및 발전소 부지 선정의 어려움, 최근 일본의 원자력 발전소 사고와 같은 문제로 인하여 전력 발전 설비확대의 어려움은 더욱 커져만 가고 있다. 따라서 발전설비를 대체하기 위한 방안으로 환경오염이 적은 분산전원에 대한 관심이 커지고 있는 상황이다. 그러나 분산전원을 배전계통에 연계시키는 작업은 배전 계통이 복잡해지는 문제점을 가져올 뿐 아니라 보호 장치와의 협조문제는 계통에 문제가 발생할 시에는 분산전원 자체 뿐 아니라 배전계통이 연계된 다른 수용가들에게도 악영향을 끼칠 수 있으므로 적절한 보호기기의 연계가 필요하다.

배전계통은 사고구간을 줄이기 위해서 여러 가지 보호기기를 연계적으로 설치한다. 설치된 보호기기는 단방향 사고전류를 기초로 하는 과전류 계전방식을 사용하고 일정한 설정치를 통하여 계통의 정전시간을 최소화, 정전구간을 최소화 할 수 있도록 설정되어 있다. 분산전원이 투입된 상태에서 사고가 발생하게 되면 분산전원이 사고전류에 기여를 하게 되어 고장전류가 증가하게 되고 이로 인하여 자동 재폐로 차단기(Recloser)의 설정치와 다르게 기기가 동작하는 문제점이 발생한다. 따라서 이와같은 문제를 해결하기 위한 대안으로 초전도 전류제한기(SFCL)를 적용하는 방안이 연구되어 왔고, 이것은 전력 설비 및 보호기기를 교체하는 비용보다 경제적이다 [2].

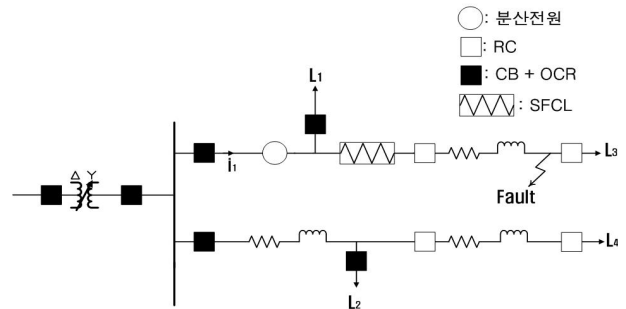
초전도 전류제한기의 특징은 고장 전의 상태, 즉 초전도 상태에서는 0 Ω의 저항으로 계통에 부담을 주지 않고 고장이 발생하면 저항이 발생하여 고장전류를 제한하는 특징을 가지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제들을 분석하기 위해서 분산전원을 모의하고 배전계통에서 분산전원이 투입된 배전계통에서 초전도 전류제한기를 적용하였을 때 및 보호기기의 동작특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 배전계통의 구성

그림 1은 초전도전류제한기 투입 시 자동 재폐로 차단기의 협조 분석을 위한 모의 배전 계통을 나타낸다. 본 논문에서는 초전도 전류제한기(SFCL)를 자동 재폐로 차단기 앞에 설치하였고 변압기 보호를 위한 차단기와 피더를 보호하기 위해 인출점마다 차단기를 설치하였다. 자동 재폐로 차단기는 각 부하단의 인출점에 설치하였으며 피더 앞단에는 과전류 계전기와 차단기를 설치하였다. 고장은 1선 지락 고장으로 자동 재폐로 차단기가 설치된 배후 쪽에서 모의하였고 초전도 전류제한기의 투입과 비 투입시의 자동 재폐로 차단기의 동작을 분석하였다.



〈그림 1〉 배전계통의 구성
 Fig. 1 Configuration of power distribution system

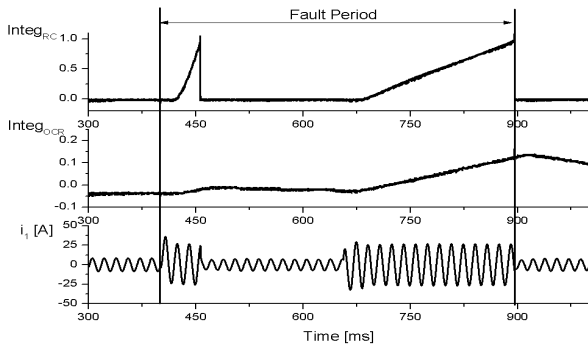
배전계통에서 정전은 순간적인 정전과 지속적인 정전으로 구분된다. 순간적인 정전은 동물이나 순간 단락 등과 같은 원인에 의해 발생하며, 지속적인 정전은 미리 계획된 정전이거나 지락과 같은 원인에 의해 발생한다. 자동 재폐로 차단기(Recloser)는 위에 언급한 두가지 정전에 대해 동작할 수 있는 가장 대표적인 보호기기로서 고장 발생시 과전류 계전기를 통하여 입력전류가 설정치 보다 크면 미리 설정된 시간-전류 특성 곡선에 의해 동작한다 [3]. 본 논문에서 설정치는 2Fast-1Delay (2F1D)로 설정하였다. 2F1D의 의미는 2번의 순시동작과 1번의 지연동작을 의미한다. 그리고 재폐로 시간은 순시동작 사이에 0.5[sec], 순시와 지연 동작 사이 0.3[sec], 전류 설정치는 10[A]로 설정하였다.

초전도 전류제한기는 고장전의 상태에서, 즉 초전도 저항 상태에서는 계통에 아무런 영향을 주지 않고 계통에 사고가 발생하였을 때는 저항이 생겨서 고장전류를 제한하는 특징을 가지고 있다. 본 논문에서는 초전도 전류제한기의 병렬저항을 2.3[Ω]의 2개 병렬연결 하여 사용하였다.

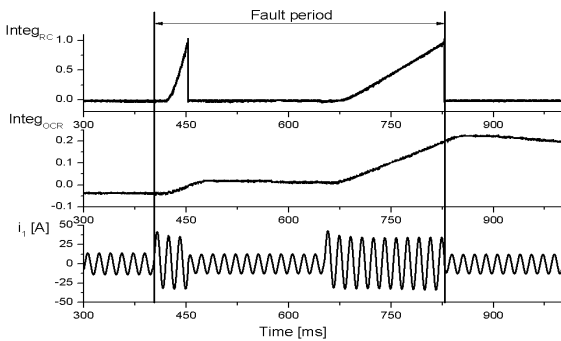
과전류 계전기는 계전기에 입력되는 전류가 사전에 정해진 값을 초과할 때 동작하는 계전기로서 설정치에 따라서 동작한다. 모든 보호계전기 중에서도 전류값 하나만을 가지고 동작하여 차단기의 트립코일을 여자시키는 가장 단순한 동작을 하는 계전기이다. 전류 설정값은 자동 재폐로 차단기와 같은 10[A]로 적용하였다.

2.2 자동 재폐로 차단기(Recloser) - 초전도 전류제한기 협조

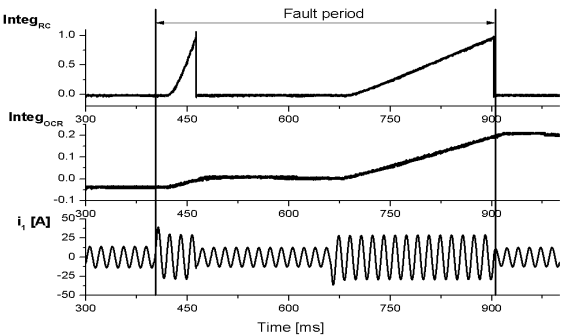
그림 2에서 2-a, 2-b, 2-c의 동작과형중 위의 파형은 자동 재폐로 차단기의 동작 파형이고 중간에 있는 파형은 피더가 삼입된 인입구에 설치된 과전류 계전기의 적분 파형, 아래 동작파형은 피더가 설치된 선로의 분기 전 지점의 전류(i_1) 파형이다. 자동 재폐로 차단기의 동작과형은 적분값이 1이 되게 되면 자동 재폐로 차단기는 동작한다. 과전류계전기의 동작과형은 i_1 의 전류값을 적분 한 것으로 전류가 분산전원이 있을 때와 없을 때를 전류값을 비교할 수 있다. 마지막으로 i_1 의 그래프는 정상시에는 전류가 작지만 사고가 발생하고 난후에는 전류값이 상승하는 것을 볼 수 있다. 사고 발생은 400[ms]에서 발생한 것으로 모의하였다.



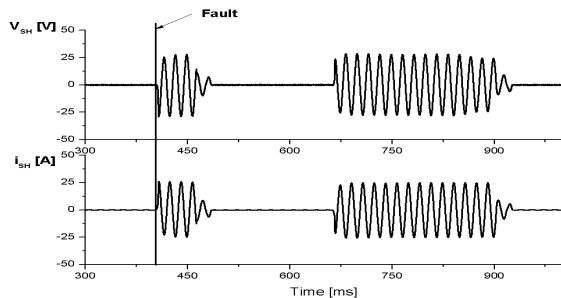
〈그림 2-a〉 분산전원이 없을시 재폐로 차단기 동작파형
Fig 2-a. Waveform of recloser without distributed generation



〈그림 2-b〉 분산전원 투입시 재폐로 차단기 및 과전류 계전기 동작파형
Fig 2-b. Waveform of Recloser and Over Current Relay with distributed generation



〈그림 2-c〉 분산전원과 초전도 전류제한기 투입시 재폐로 차단기 및 과전류 계전기 동작파형
Fig 2-c. Waveform of recloser and Over Current Relay with distributed generation and SFCL



〈그림 2-d〉 초전도 전류제한기 투입시 초전도 전류제한기의 동작파형
Fig 2-d. Waveform of SFCL with distributed generation

그림 2-a에서 확인 할 수 있는 것은 정상적인 배전계통에서 자동 재폐로 차단기와 과전류 계전기의 동작 특성을 확인할 수 있다. 자동 재폐로 차단기의 동작은 위에서 언급한 것과 같이 사고가 발생하면 설정치 만큼의 시간을 두고 이후에 고장이 제거되지 않으면 다시 차단하는 것을 확인할 수 있다. 과전류계전기는 일반적인경우에 약 0.1 정도 까지 적분값이 상승하는 것을 볼 수 있다.

그림 2-b는 분산전원이 투입된 배전계통에서 재폐로 차단기와 과전류 계전기의 동작 파형이다. 고장이 발생하였을 때 분산전원이 고장전류의 크기를 크게 하여 보호기기의 설정 시간보다 더 짧은 시간에 자동 재폐로 차단기가 동작하였다. 이와 같은 일이 발생할 경우에는 자동 재폐로 차단기와 연계되어 있는 타 보호기기도 설정치와 다르게 동작 하는 오작동 문제가 발생할 수 있고 이런 영향으로 다른 보호기기의 절연 문제나 고장이 발생하였을 때 정전의 최소구간 및 최소 시간을 불가능 하게 할 수 있다. 과전류 계전기의 동작파형을 보게 되면 전류가 약 0.15정도 증가한 것을 확인할 수 있다. 이처럼 분산전원이 투입된 배전계통은 전류가 정상시보다 증가한다.

그림 2-c는 분산전원과 초전도 전류제한기가 투입되었을 때 재폐로 차단기와 과전류 계전기의 동작 파형을 나타낸다. 그림 2-b와는 다르게 초전도 전류제한기가 고장전류를 제한함으로써 자동 재폐로 차단기의 동작 시간을 분산전원이 투입되기 전에 설정한 설정치와 거의 비슷한 시간으로 만들어주고 있다. 또한 과전류계전기에 적분값을 보게 되면 전류가 줄어든 것을 확인할 수 있는데 이는 초전도 전류제한기가 전류를 제한하는 역할을 수행하였기 때문이다. 이와 같이 초전도 전류제한기를 적절하게 투입하면 분산전원이 투입되었을 경우에 설정치가 변화하여 보호 기기의 오작동 문제를 개선할 수 있다.

마지막으로 그림 2-d는 초전도 전류 제한기의 전압과 초전도 전류 제한기에 연결된 병렬저항에 흐르는 전류를 나타내었다. 초전도 전류제한기의 전압에서 볼 수 있듯이 사고가 발생한 이후에만 동작하여 전류를 제한하는 역할을 한다.

3. 결 론

본 논문은 배전계통에서 분산전원이 도입된 경우에 초전도 전류제한기의 투입시 자동 재폐로 차단기의 동작을 분석하였다.

배전계통에 분산전원이 투입되지 않았을 때는 자동 재폐로 차단기의 보호협조가 잘 이루어 졌으나 분산전원이 투입된 후에는 증가된 고장전류 때문에 자동 재폐로 차단기의 설정치와는 다르게 오동작을 일으켰다. 이것은 자동 재폐로 차단기와 연계된 다른 보호 기기들의 오동작이 가능하여 배전 계통 내에 있는 보호 기기들의 보호 협조를 무너뜨릴 수 있다. 이때 일정한 수준의 초전도 전류 제한기를 적용하게 되면 자동 재폐로 차단기의 설정치 변화 없이 보호기기의 교체 없이 경제적인 선에서 보호 기기들의 협조 동작을 가능하게 할 수 있다는 결과를 나타내었다.

따라서 분산전원이 투입된 배전계통에 초전도 전류제한기 적용 시 적당한 초전도 전류 제한기의 투입으로 보호기기의 설정치 변화 없이 기존의 보호 기기들과 적용하여 협조동작을 할 수 있을 것으로 기대한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최준호, 노경수, 김재철, "분산전원이 연계된 배전계통의 온라인 보호협조 방안", 조명·전기학회 논문지, 제 21권, pp. 132~141, 2007년
- [2] 김명후 외, "소형 열병합 발전 시스템이 연계된 배전계통에 초전도 전류제한기 적용시 리클로저-퓨즈 협조 분석", 전기학회 논문집, 제 59권 3호, pp. 499~505, 2010. 3.
- [3] 김명후 외, "배전계통에 초전도 전류제한기 적용 시 Recloser-Fuse 협조 방법에 관한 연구", 대한전기학회 Vol 58 No10, pp 1835~1841, 2009년
- [4] 김재연, "분산전원 연계배전계통 보호방식상의 문제점에 대한 대책", 전력전자 학회지 제 8권 6호, 2003년 12월
- [5] 대한전기학회, "최신 배전시스템 공학", 2011년