

변압기결합형 DC 차단기 설계에 관한 연구

박성미¹, 이상훈², 나정승³, 정대원³, 양승학³, 박성준⁴
한국승강기대¹, 동의과학대², 호남대³, 전남대⁴

A Study on the Design of DC Circuit Breaker with Transformer

Seong Mi Park¹, Sang Hun Lee², Jeong Sueng Na³, Seung Hak Yang³, Dae Won Chung³, Sung Jun Park⁴
Korea Lift College¹, Dong-Eui Institute of Technology², Honam University³, Chonnam National University⁴

ABSTRACT

DC 전력전송은 송전선로의 원거리화 및 절연내력의 저감과 같은 장점이 있으나, 전류 차단 시 큰 아크로 인하여 고속 차단기 구성이 어렵다는 큰 단점이 있다. 최근 소용량 DC 전력 전송에 있어서 큰 과제인 고속차단을 위해 전자식 차단기에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 변압기와 결합한 SCR을 이용한 새로운 전자식 차단기를 제안한다. 제안된 방식은 SCR 오프시 변압기를 이용하여 SCR에 역전압을 인가하므로 전류를 소호하는 방식이다. 또한 Psim을 이용한 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식의 타당성 검증하였다.

1. 서 론

현재 ESS와 결합한 태양광 발전 및 케이블을 이용한 해상풍력과 같은 신재생 이용이 증대되고 있으며, 에너지의 전력전송의 대용량화에 따른 기존의 AC 전력전송 방식의 단점을 개선한 DC 전력전송에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다. 최근 지구 온난화 방지 및 설치의 용이성으로 인하여 차세대 에너지원인 태양광 발전 시스템을 이용한 DC 전력망 구축이 주목 받고 있다. 또한, 일상에서도 DC를 사용하는 기기들의 증가로 인해 직류 계통의 설비 및 기기의 안전성에 대한 문제점이 대두되고 있다. 이를 확보하기 위해서 고장전류에 대한 차단기술과 누설전류에 대한 안정적인 보호기술이 필요하게 되었다.^[1]

본 논문에서는 SCR 소호를 위해 변압기와 결합한 새로운 전자식 차단기를 제안한다. 제안된 방식은 변압기를 이용하여 SCR에 역전압을 인가함으로써 전류를 소호하는 방식으로 그 성능이 우수함을 검증하였다.

2. 차단기 특성

기존에 사용되어 왔던 대표적인 회로 차단 기술은 Fuse와 차단기이다. Fuse는 직류와 교류 계통 모두에서 특성의 변화 없이 사용할 수 있으나 일회성이라는 단점과 한시 특성 변경에 대한 어려움으로 인해 재투입 및 보호 협조가 필요한 시스템에서는 차단기를 사용하고 있다. 배전망에서 AC의 경우 Zero Level 구간이 있기 때문에 전압이 Zero인 상태에서 차단기가 투입되고 전류가 Zero인 상태에서 차단기가 Trip되는 반면에 DC의 경우 일정한

에너지가 유지된 상태에서 차단기가 Trip되기 때문에 AC에 비해 고속 차단이 어렵고 큰 아크가 발생한다. 따라서 DC 차단기의 경우 점점 개폐 속도 및 아크 구동력이 매우 높아야 한다. 고 성능이 요구되는 DC 차단기는 종류도 한정적이지만 그 가격도 매우 고가이다. 이러한 이유로 산업체에서는 기존 AC 차단기의 전압 레벨을 높이기 위해 Pole을 직렬로 연결하여 DC 차단기를 대체하여 사용하고 있다. 하지만 고장 검출 방식과 기계식 접점을 개폐해서 Trip 동작을 하다 보니 개폐 속도의 한계와 아크가 발생할 수 밖에 없다. DC 배전에서 차단시간이 커지면 차단 시간과 사고 전류에 따라 치명적인 장비손상과 인명 피해가 발생할 수 있다. 그림 1은 DC 배전에서 차단시간 별 사고화재 발생정도를 나타내고 있으며, 100[msec] 이후에 차단한 경우 화재발생은 피할 수가 없다.

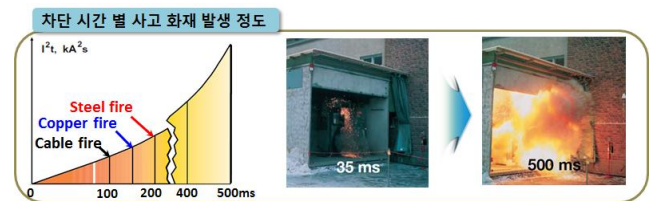


그림 1 DC 배전에서 차단시간 별 사고화재 발생정도

Fig.1 Degree of accident fire occurrence by DC breakdown time

DC 차단기는 AC차단기에 비해 동일 전류 하에서도 아크 발생이 크게 나타난다. 따라서 발생아크제거를 위한 소호실이 AC방식에 비해 크게 구성되어 있으며, 아크에 의한 접점손실도 크게 나타난다.

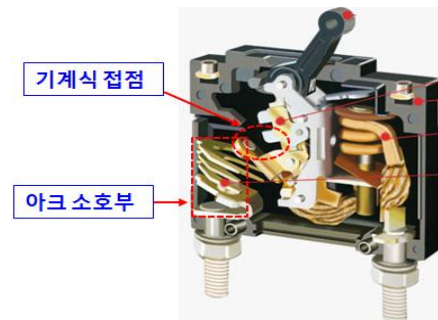


그림 2 DC 차단기의 아크발생 정도

Fig. 2 Arc generation rate of DC breaker

기존 DC 차단 방식의 경우 차단 시 높은 아크에너지가 발생하게 되는데 전류, 회로인덕턴스 및 아크시간의 증가에 따라서 증대하고 이것이 증가하면 접촉자를 손상시키고 차단 불능이 된다.

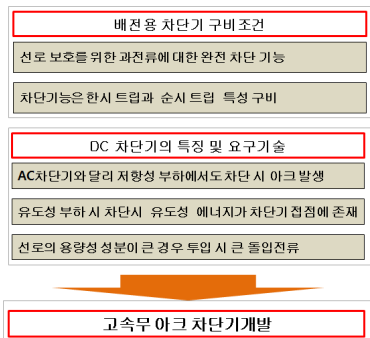


그림 3 차단기의 구비조건 및 요구기술
Fig. 3 Requirements of breaker and requirements

그림 3은 차단기의 구비조건 및 요구기술을 나타내고 있다. 그림 3에서 보듯이 DC차단기로 시스템을 보호하기 위해서는 전자식 고속 차단기 개발이 절실히 요구된다.

3. 제안된 변압기 결합형 전자식 차단기

그림 4는 본 논문에서 제안된 변압기 결합형 전자식 차단기 시뮬레이션 회로도이다.

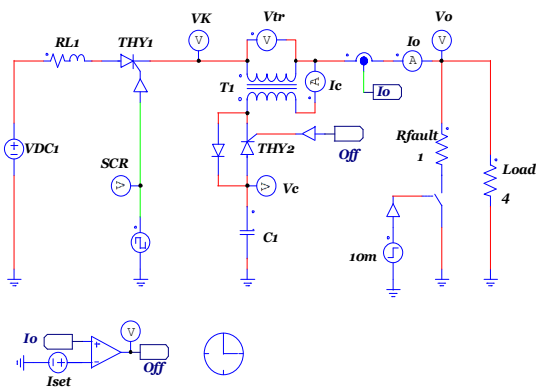


그림 4 변압기 결합형 전자식 차단기 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Simulation circuit diagram of electronic circuit breaker combined with transformer

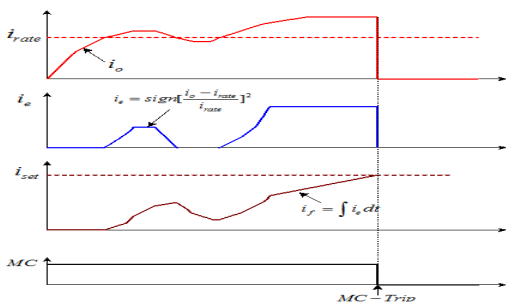


그림 5 과전류 분 스퀘어 적분방식 한시 계전기
Fig. 5 Over-current flow Square integration type Time delay relay

그림에서 THY_1 은 메인 SCR이며 THY_2 는 메인 SCR 소호를 위한 보조 SCR이다. I_{set} 을 기준으로 하여 과전류가 검출되면 소호용 보조 SCR 온하면 주 SCR에 직렬로 연결된 변압기 2차측 전압에 의해 주 SCR에는 역전압이 인가되어 전원으로부터 부하가 차단된다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 과전류 분 스퀘어 적분방식 한시 계전원리를 나타내고 있다. 제안된 알고리즘은 차단시간을 포함한 과전류 적분 설정치(i_{set})를 근거로 하여 과전류 분에 대하여 적분을 행하고 그 값이 적분 설정치에 도달하는 경우에 차단기를 차단하는 방식이다.

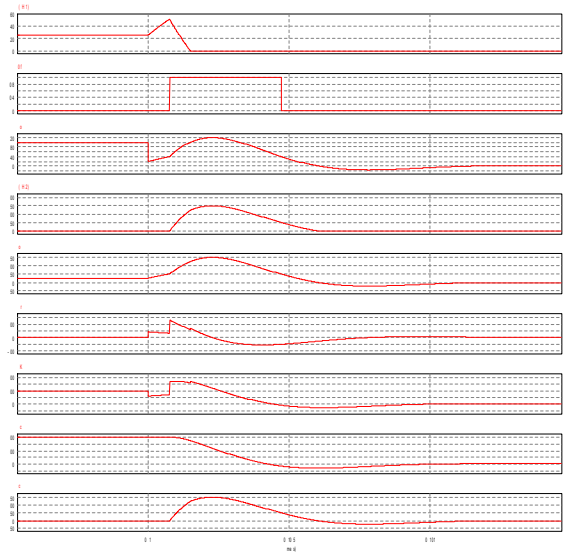


그림 6 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Simulation result

그림 6의 시뮬레이션 결과 메인 SCR 소호시 SCR에 부의 전압이 인가됨을 알 수 있었으며, 이로 인하여 과전류 검출 후 8[usec]이내 전류가 소호됨을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 SCR과 변압기와 결합한 새로운 전자식 차단기를 제안하고, 과전류 분 스퀘어 적분방식 한시 계전원리 알고리즘을 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 그 성능이 우수함을 검증하였다.

본 연구는 중소기업청의 창업성장 기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [S2389091, “변압기결합형 DC 차단기 설계에 관한 연구”]

참고 문헌

[1] Seonghyun Kang, Moonseon Jeong, Sungjun Park, Jaeha Ko, Chaejoo Moon, “Power Transmission Loss Analysis Between the Load and the Energy Storage System in a DC Power Distribution”, The Korean Society for New and Renewable Energy, pp 120 120, 2016