

전류 커패시터의 충전이 용이한 DC 반도체 차단기 설계 및 구현

김진영, 송승민, 최승수, 김인동, 최선규*
부경대학교, 한국전력공사*

Design and Implementation of DC Solid-State Circuit Breaker with Easy Charging Capability of Commutation Capacitor

Jin Young Kim, Seung Min Song, Seung soo Choi, In Dong Kim, Sun Kyu Choi*
Pukyong National University, KEPCO Research Institute*

ABSTRACT

AC 그리드에 비해 DC 그리드는 전류의 영교차점이 없으므로 사고전류를 신속하게 차단하지 못 한다면 아크나 스파크에 의한 전기화제가 발생하여 큰 피해가 따른다. 본 연구에서는 신속한 차단과 전류 커패시터를 쉽게 충전할 수 있는 구조가 간단한 새로운 DC SSCB를 제안한다. 제안하는 DC SSCB는 단락사고를 모의하여 시뮬레이션 및 실험을 통해 동작특성을 검증한다. 본 논문에서 연구한 DC SSCB는 향후 DC 그리드 시스템의 설계 및 구현에 활용될 것으로 기대된다.

1. 서론

DC 전송과 민감 부하가 발달함에 따라 안정적인 전력을 공급하기 위해서 DC 차단기가 요구된다.^[1] 사고의 최대 전류에 도달한 뒤에 차단이 되는 기계식 차단기에 비해 반도체 차단기(SSCB: Solid State Circuit Breaker)는 1 [ms] 이내에 차단이 가능하여 사고의 피해를 예방할 수 있다.

기존의 DC 반도체 차단기는 전류 커패시터의 전압을 유지하기 위한 제어가 복잡하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 신속한 차단이 가능하며 간단한 제어로 전류 커패시터의 재충전이 용이한 DC SSCB를 제안한다. 제안하는 DC SSCB는 가용 DC 전송으로 적합한 380 [V], 5 [kW]급으로 설계하고 단락사고를 모의하여 실험을 통해 동작 특성을 검증한다.

2. 제안하는 DC 반도체 차단기

2.1 제안하는 DC 반도체 차단기

그림 1은 본 연구에서 제안하는 DC SSCB 회로이며 그림 2는 시간에 따른 DC SSCB의 각 동작모드를 나타낸다. 제안한 DC SSCB의 동작은 충전모드, 정상모드, 차단모드, 재충전모드로 나뉜다. 충전모드에서는 사고 차단 시 사용되는 전류 커패시터를 충전하게 되고, 정상모드에서는 SCR S_1 을 통해 부하로 에너지가 전달된다. 사고가 발생하면 차단모드가 시작되고 사고전류가 신속하게 차단이 된다. 재충전모드에서는 전류 커패시터를 재충전하게 된다. 커패시터의 재충전이 완료되면 사고의 재차단이 가능하므로 SSCB는 재투입 동작을 할 수 있다.

제안하는 DC SSCB는 커패시터의 충전을 위한 별도의 제어가 요구되지 않아서 제어가 간단하다. 전류 커패시터는 과충전이 되지 않고 일정한 전압으로 유지되므로 신뢰도가 보장된다.

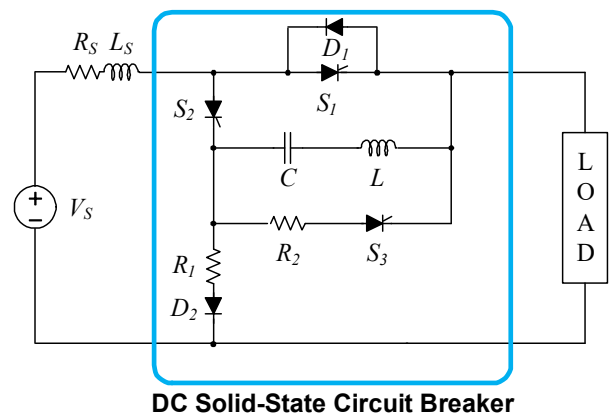


Fig. 1 제안하는 DC 반도체 차단기

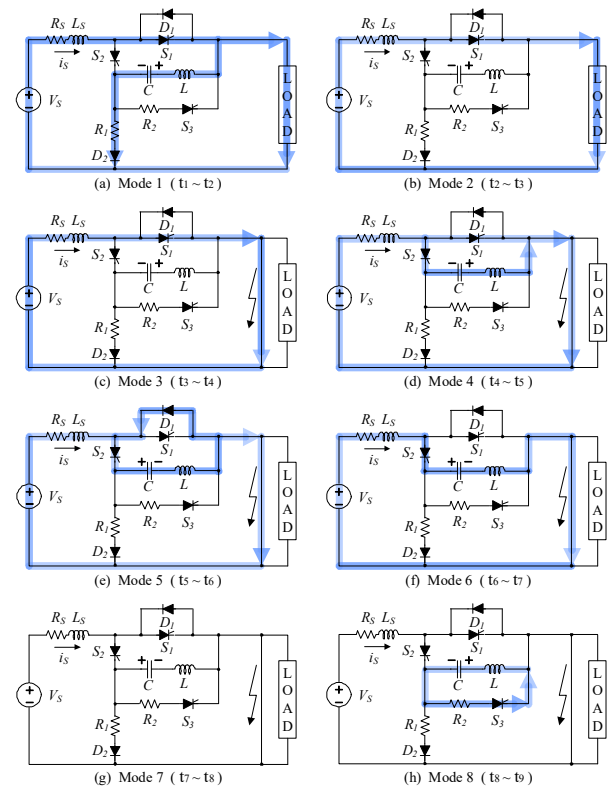


Fig. 2 제안하는 DC 반도체 차단기의 동작 모드

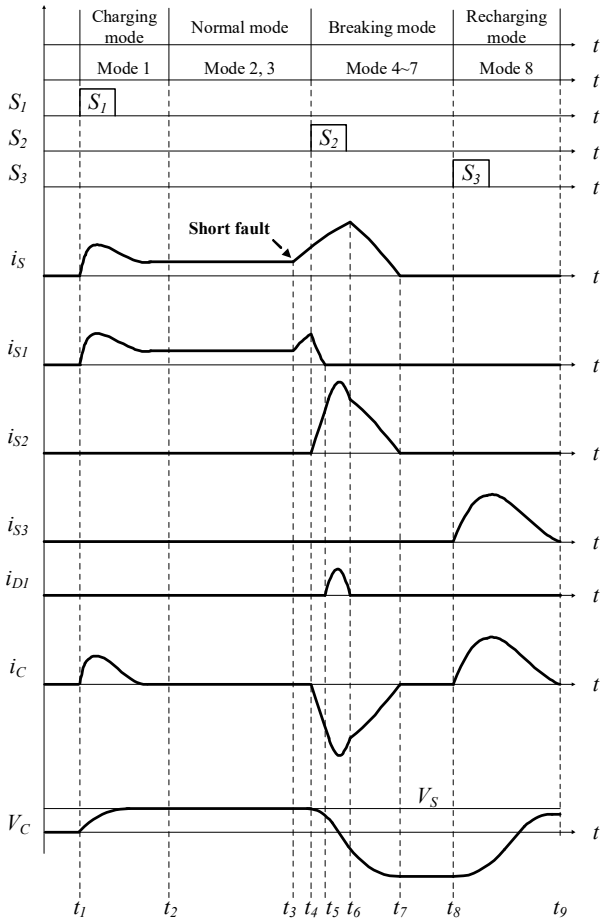


Fig. 3 제안하는 반도체 차단기의 동작 파형

그림 3은 모드에 따른 각 소자의 파형을 나타낸다.

2.2 제안하는 DC 반도체 차단기의 실험 결과

표 1 시스템 파라미터
Table 1 System Parameter

Parameters	Specification
Power rating	5 [kW], 380 [Vdc]
Full load Current	13.1 [A]
Line impedance R_s, L_s	50 [mΩ], 80[uH]
Range of trip setting	13.1 [A] → 50 [A]
Short fault switch resistance	100 [mΩ]
L	25 [uH]
C	50 [uF]
R_1	200 [Ω]
R_2	0.2 [Ω]

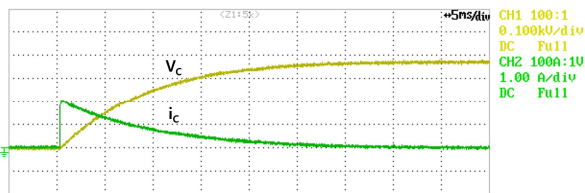


Fig. 4 충전 모드의 전압 V_C 와 전류 i_C 의 측정된 파형

그림 4는 충전모드($t_1 \sim t_2$)의 전류 커패시터의 충전 동작에서 나타나는 커패시터의 전압 V_C 와 전류 i_C 의 측정된 파형이다. 커패시터의 전압 V_C 는 입력 전압과 같은 380 [V]로 충전되는 것을 확인 할 수 있다

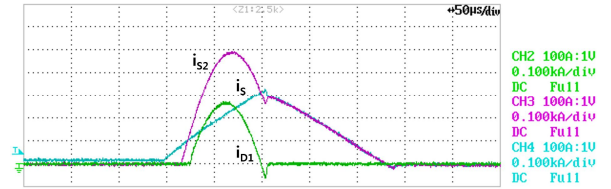


Fig. 5 차단모드의 i_S, i_{S2}, i_{D1} 측정된 전류 파형

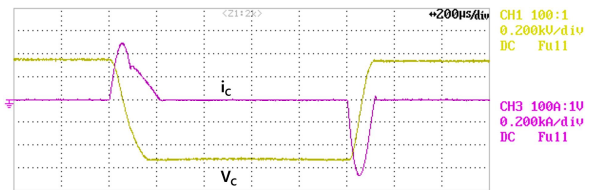


Fig. 6 차단과 재충전 동작의 측정된 파형 V_C, i_C

그림 5는 차단모드($t_4 \sim t_7$)에서 나타나는 사고전류를 차단하는 동작에서 측정된 각 소자의 전류파형이다. 입력 전류 i_S 가 50 [A]를 초과하면 SCR S_2 가 턴온이 되어 차단 동작이 시작된다. LC 공진전류 i_{S2} 가 사고전류 i_S 보다 커지는 시점이 되면 다이오드에 전류 i_{D1} 가 흐르게 된다. 반도체 차단기에 사용되는 인덕터 L과 커패시터 C는 SCR S_1 의 turn off time을 고려하여 선정해야 한다.

그림 6은 차단 모드와 재충전 모드에서 측정된 커패시터의 전압 V_C 와 전류 i_C 파형이다. 부하 측에 단락 사고가 유지되어 있는 상황에서도 커패시터의 재충전 동작이 원활하게 이루어지는 것을 확인 할 수 있다. 커패시터의 재충전이 완료되면 반도체 차단기는 재차단 동작을 수행 할 수 있는 상태가 된다. 따라서 본 연구에서 제안하는 반도체 차단기는 동작책무를 수행 할 수 있다.

3. 결론

DC 그리드의 높은 전력품질을 위해서는 DC SSCB는 필수 요소이다. 본 연구에서는 신속한 차단이 가능하며 전류 커패시터를 쉽게 충전할 수 있는 구조가 간단한 새로운 DC SSCB를 제안한다. 제안하는 DC SSCB는 가정용 DC 전송으로 적합한 380[V], 5 [kW]급으로 설계하고 단락사고를 모의하여 실험을 통해 동작특성을 검증하였다. 본 논문에서 연구한 DC SSCB는 향후 DC 그리드 시스템의 설계 및 구현에 활용될 것으로 기대된다.

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초 연구개발과제의 지원을 받아 수행된 것임. [과제번호:R15XA03 52]

참고 문헌

- [1] A. Sannino, G. Postiglione, and M.H. Bollen, "Feasibility of a DC Network for Commercial Facilities," IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 39, no. 5, pp. 1499-1507, Sep/Oct. 2003.