DC 그리드를 위한 Solid-State Circuit Breaker의 구현

김진영*, 심재혁*, 김인동*, 노의철*
부경대 전기공학과*

Implementation of Solid-State Circuit Breaker for DC gird

Jin Young Kim*, Jae Hyeok Sim*, In Dong Kim*, Eui Cheol Nho*
Pukyong National Univ.*

ABSTRACT

전력효율을 높일 수 있는 DC 전송이 주요 관심사가 됨에 따라 전력품질에 대한 기술이 요구된다. DC 그리드의 전력품질을 위해서는 반도체 차단기(Solid State Circuit Breaker : SSCB)는 필수요소이다. 하지만 기존의 반도체 차단기는 AC 그리드에 기반을 두고 제안되었기 때문에 DC 그리드에 적용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 DC 그리드에 적용 가능한 SSCB (Solid State Circuit Breaker : SSCB)을 제안한다. 제안하는 DC SSCB는 사고 전류를 제한하며 사고 지점의 신속한 차단이 가능하다. 제안한 회로는 시뮬레이션을 통해 단락 사고를 모의하여 시스템의 동작 특성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 태양광 발전 및 풍력 발전 등 분산전원이 발달함에 따라 기존의 AC 전송에 비해서 전력효율을 높일 수 있는 DC 전송이 주요 관심사가 되고 있다.[1] 게다가 IT기술의 발달에 따른 민감한 부하들이 대중적으로 보급되어 있어 단락사고나 전압 새그 및 스웰 등에 민감하게 반응하므로 안정적으로 전력을 공급하는 기술이 요구된다. 반도체 차단기(Solid State Circuit Breaker : SSCB)는 4 [ms] 이내로 차단이 가능하여 사고최대 전류 보다 매우 낮은 전류에서 차단되므로 사고의 피해를 줄일 수 있다. SSCB에 사용되는 반도체 스위칭 소자에는 여러 가지가 있으나 SCR을 사용하는 것이 경제적이며 도통 손실이 매우 작다.[2] 따라서 본 연구에서는 SCR을 이용하여 신속한 차단이 가능하며 사고 전류를 제한 할 수 있는 기능을 갖는 간단한 구조의 새로운 DC SSCB를 제안 한다. 제안하는 DC SSCB는 가정용 DC 전송으로 적합한 380 [V], 5 [kW]급으로 설계하여 시뮬레이션을 통해 동작특성을 검증한다.

2. DC Solid-State Circuit Breaker

2.1 제안하는 DC SSCB

그림 1은 본 연구에서 제안하는 DC SSCB 회로이다. SSCB의 정상 운전 시에는 SCR(S_1)과 L_2를 통해 에너지가 전달되고 사고가 발생하면 L_1 C 공진 전류 i_{S3}(S_3 C L_1)에 의해 신속하게 차단이 된다. 정상 운전 시의 L_2는 임피던스가 없는 선로로 동작하므로 부하 측에 아무런 영향을 주지 않는다. 하지만 단락 사고가 발생하면 L_2는 인덕터로 동작하여 단락 전류의 급격한 증가를 제한하게 된다.

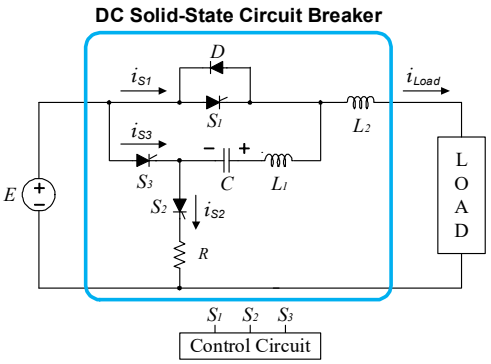

그림 1 제안하는 DC Solid-State Circuit Breaker

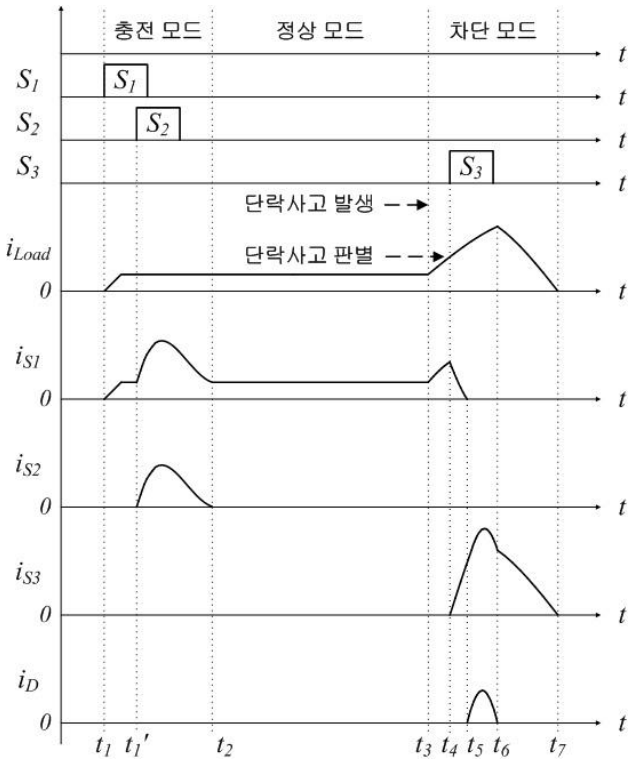

그림 2 제안하는 DC SSCB의 동작파형

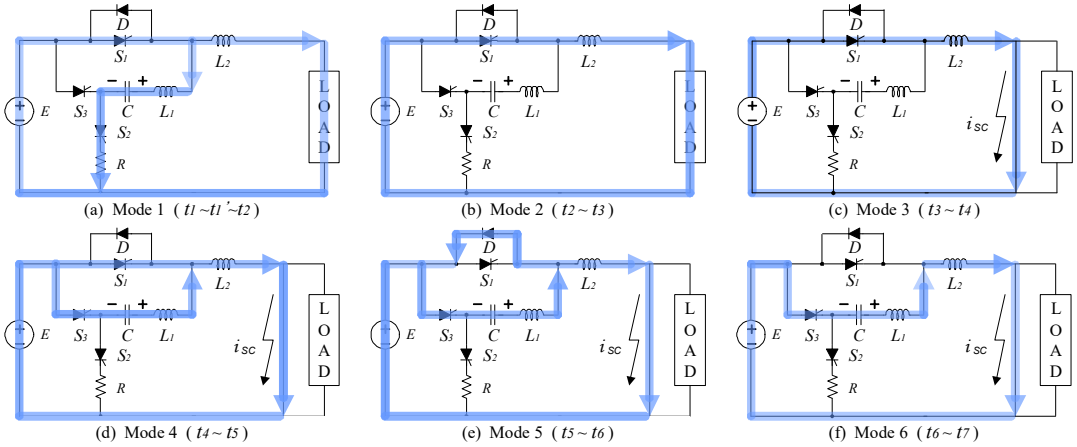

그림 3 제안하는 DC SSCB의 동작모드

그림 2는 제안하는 DC SSCB의 모드에 따른 동작 파형을 나타낸다. 제안하는 DC SSCB는 커패시터를 충전하는 충전 모드(t_1~t_2), 부하에 에너지를 공급하는 정상 모드(t_2~t_3), 사고 전류를 차단하는 차단 모드(t_3~t_7)로 나누어진다. t_3에서 단락 사고가 발생하면 차단모드는 시작되고 사고 전류가 전부하 전류의 3~4배를 초과하는 t_4가 되면 단락사고로 판별되어 S_3는 턴온 된다. 그림 3은 제안한 SSCB의 각 모드를 나타낸다.

2.2 제안하는 DC SSCB의 시뮬레이션

표 1. DC SSCB의 파라미터

Power rating	5 [kW]
Source voltage E	380 [V]
Full load current	13.1 [A]
Range of trip settings	13.1 [A] → 50 [A]
Charging time	1 [ms]
Breaking time	1 [ms]

본 연구에서 제안한 DC SSCB의 실험 파라미터는 표 1과 같으며 SCR과 각 소자의 전류 파형은 다음과 같다.

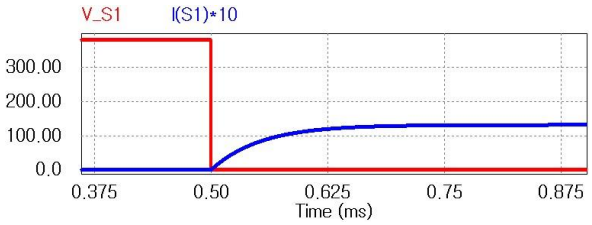

그림 4 S_1의 전압과 전류의 시뮬레이션 파형

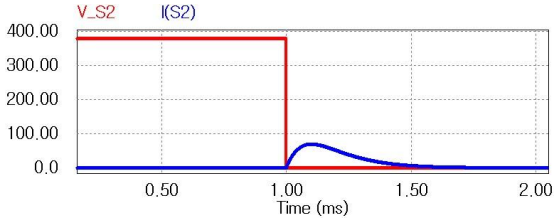

그림 5 S_2의 전압과 전류의 시뮬레이션 파형

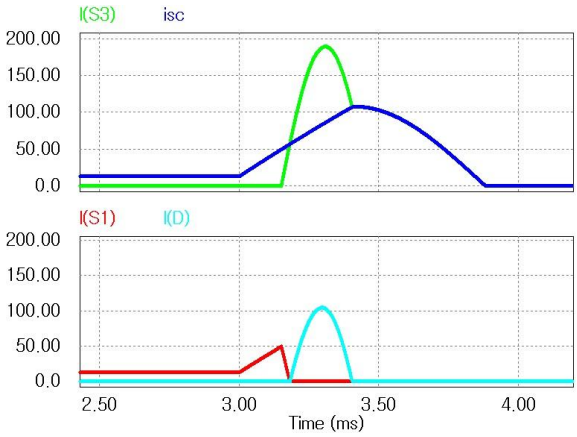

그림 6 차단모드 i_{SC}, i_{S3}, i_{S1} i_D의 시뮬레이션 파형

L_1 C 공진 전류 i_{S3}에 의해 S_1이 턴오프 되고 단락 전류 i_{SC}는 약 1 [ms]만에 차단하는 것을 확인 할 수 있다.

3. 결 론

분산 전원이 발달함에 따라 DC 그리드의 높은 전력품질을 위해서는 DC SSCB는 필수 요소이다. 본 논문에서는 SCR을 이용한 구조가 간단한 새로운 DC SSCB를 제안하였다. 제안한 회로는 단락 사고를 모의하여 시뮬레이션을 통해 동작 특성을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] D. Boroyevich, et al., "Future electronic power distribution systems a contemplative view", in Proc. IEEE Optimization of Electrical and Electronic Equipment, 2010, pp. 1369 1380.

[2] Christoph Meyer, "Solid State Circuit Breaker Based on Active Thyristor Topologies" IEEE Trans, Power Electron, vol 21. no2, pp.450 458, Mar. 2006