

# 간단한 구조를 갖는 DC Solid-State Circuit Breaker

김진영\*, 최승수\*, 김인동\*, 노의철\*  
부경대 전기공학과\*

## DC Solid-State Circuit Breaker with Simple Structure

Jin Young Kim\*, Seung Soo Choi\*, 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. 따라서 본 연구에서는 DC 그리드에 적용 가능한 SSCB (Solid State Circuit Breaker : SSCB)을 제안한다. 제안한 회로는 단락 사고를 모의하고 시뮬레이션과 실험을 통해 시스템의 동작 특성을 검증하였다.

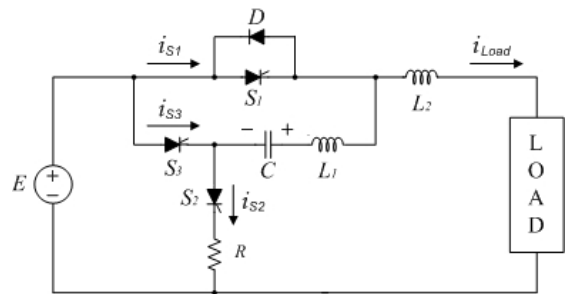


그림 1 제안하는 DC Solid-State Circuit Breaker

### 1. 서론

최근 AC 전송에 비해 전력효율을 높일 수 있는 DC 전송이 관심사가 됨에 따라 DC 그리드의 안정적인 전력품질 기술이 요구된다.<sup>[1]</sup> DC 그리드는 AC 그리드에 비해 전류의 영교차점이 없으므로 사고가 발생하면 큰 피해로 이어질 우려가 있다. 따라서 반도체 차단기(Solid State Circuit Breaker : SSCB)는 4 [ms] 이내로 사고 전류의 차단이 가능하므로 DC 그리드에 적합하다. SSCB에 사용되는 반도체 스위칭 소자에는 여러 가지가 있으나 SCR을 사용하는 것이 경제적이며 도통 손실이 매우 작다.<sup>[2]</sup> 하지만 기존의 SSCB는 AC 그리드에 기반을 두고 제안되었기 때문에 DC 그리드에 그대로 적용하기 어렵다. 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 제작하여 실험을 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<sub>1</sub>)과 L<sub>2</sub>를 통해 에너지가 전달되고 사고가 발생하면 L<sub>1</sub> C 공진 전류 i<sub>S3</sub>(S<sub>3</sub> C L<sub>1</sub>)에 의해 신속하게 차단이 된다. 정상 운전 시의 L<sub>2</sub>는 임피던스가 없는 선로로 동작하므로 부하 측에 아무런 영향을 주지 않는다. 하지만 단락 사고가 발생하면 L<sub>2</sub>는 인덕터로 동작하여 단락 전류의 급격한 증가를 제한하게 된다.

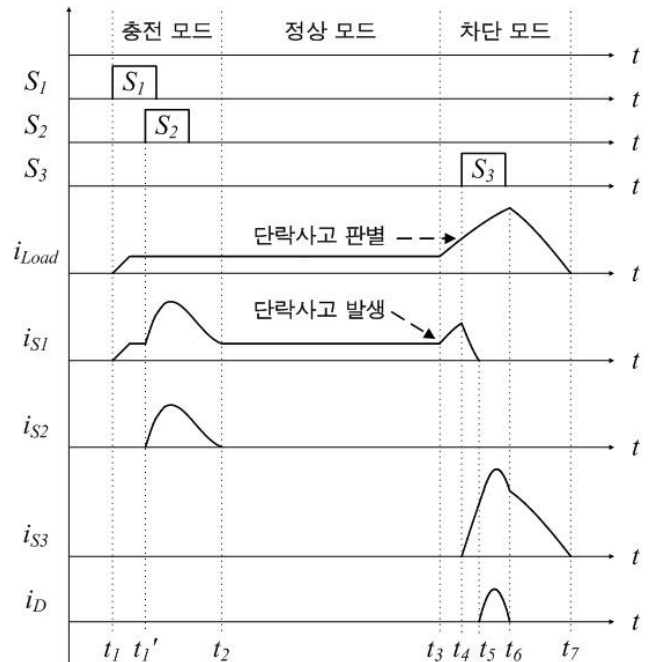


그림 2 제안하는 DC SSCB의 동작파형

그림 2는 제안하는 DC SSCB의 모드에 따른 동작 파형이며 그림 3은 DC SSCB의 동작 모드를 나타낸다. 제안하는 DC SSCB는 커패시터를 충전하는 충전 모드(t<sub>1</sub>~t<sub>2</sub>), 부하에 에너지를 공급하는 정상 모드(t<sub>2</sub>~t<sub>3</sub>), 사고 전류를 차단하는 차단 모드(t<sub>3</sub>~t<sub>7</sub>)로 나누어진다. t<sub>3</sub>에서 단락 사고가 발생하면 차단모드는 시작되고 사고 전류가 전부하 전류의 3~4배를 초과하는 t<sub>4</sub>가 되면 단락사고로 판별되어 S<sub>3</sub>는 턴온 된다.

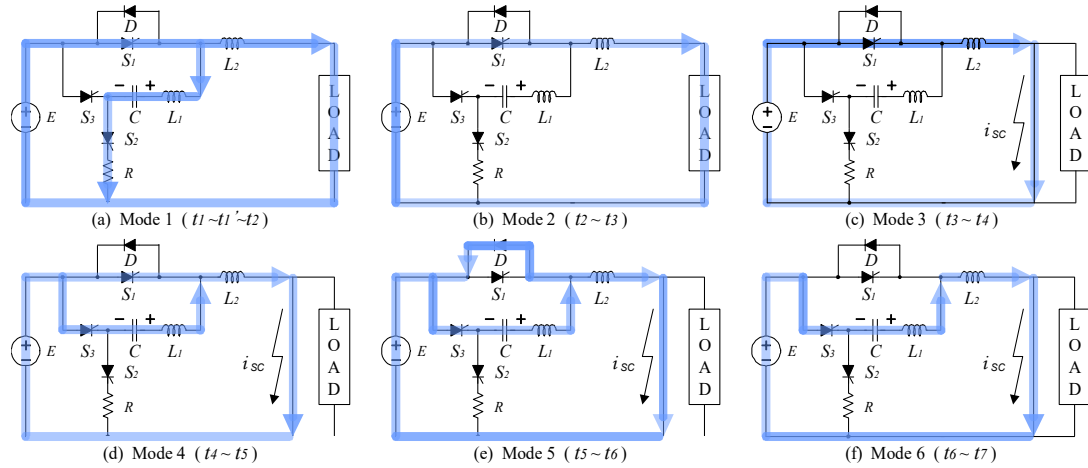


그림 3 제안하는 DC SSCB의 동작모드

## 2.2 제안하는 DC SSCB의 실험 결과

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 충전모드와 차단 모드의 실험결과 파형은 다음과 같다.

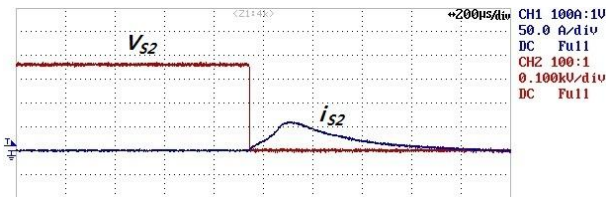
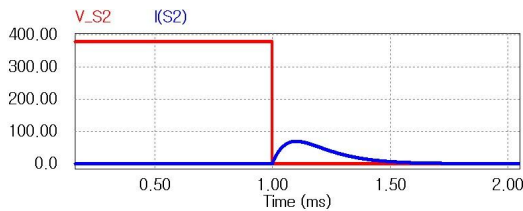


그림 4 충전모드 S<sub>2</sub>의 시뮬레이션 파형과 실험 파형

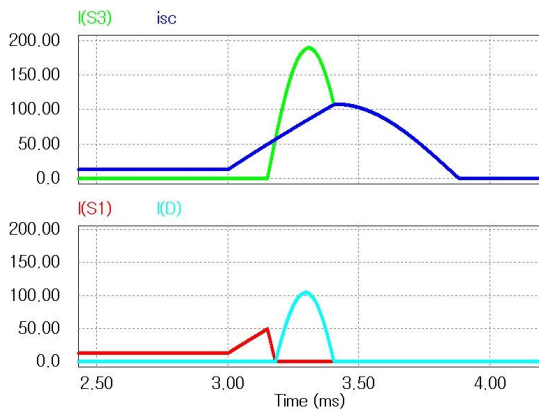


그림 5 차단모드  $i_{sc}$ ,  $i_{S3}$ ,  $i_{S1}$ ,  $i_D$ 의 시뮬레이션형

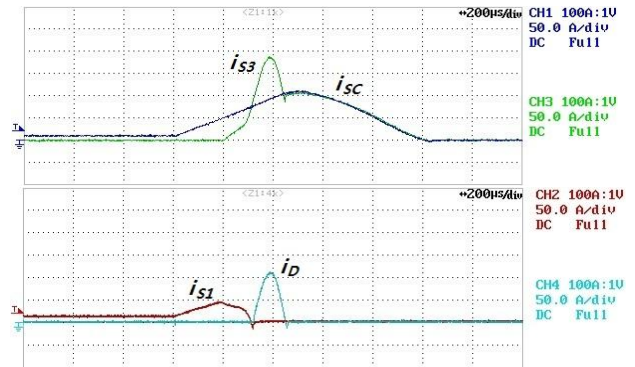


그림 6 차단모드  $i_{sc}$ ,  $i_{S3}$ ,  $i_{S1}$ ,  $i_D$ 의 실험파형

$L_1$  C 공진 전류  $i_{S3}$ 에 의해  $S_1$ 이 턴오프 되고 단락 전류  $i_{sc}$ 는 약 1 [ms]만에 차단하는 것을 확인 할 수 있다.

## 3. 결론

DC 그리드의 높은 전력품질을 위해서는 DC SSCB는 필수 요소이다. 본 논문에서는 SCR을 이용한 구조가 간단한 새로운 DC SSCB를 제안하였다. SCR을 이용한 SSCB는 턴오프하기 위한 전류회로가 필요하나 도통손실이 작고 경제적이다. 제안한 회로는 단락 사고를 모의하여 실험을 통해 동작 특성을 검증하였다. 본 논문에서 연구한 DC SSCB는 향후 DC 그리드 시스템의 설계 및 구현에 활용될 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [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