

# 마이크로그리드를 위한 Solid-State Circuit Breaker의 특성 해석

김진영\*, 정재현\*, 김슬기\*, 김인동\*, 노의철\*, 김흥근\*\*  
 부경대 전기공학과\*, 경북대학교 전자전기공학부\*\*

## A Characteristic Analysis of Solid-State Circuit Breaker for Microgrid Applications

Jin-Young Kim\*, Jae-Hun Jung\*, Seul-Gi Kim\*, In-Dong Kim\*, Eui-Cheol Nho\*,  
 Heung-Geun Kim\*\*  
 Pukyong National Univ.\*, Kyungpook National Univ.\*\*

### ABSTRACT

도통손실이 작고 경제적인 SCR을 이용하여 마이크로그리드에 적용이 가능한 25 [kVA]급 SSCB(Solid-State Circuit Breaker)를 설계하였다. 시뮬레이션을 통하여 3상 단락 사고시의 SSCB 동작특성을 살펴보고 시스템의 용량에 따른 커패시터의 설계값을 제시하였다.

### 1. 서론

높은 전력품질을 위해서 마이크로그리드는 계통과의 연계뿐만 아니라 독립적인 운전이 가능하도록 계통으로부터 신속하게 분리할 수 있는 성능이 필요하다. 따라서 계통의 단락사고, 지락사고, Sag /Swell 등으로 인한 정전 발생 시 전력계통을 4 [ms] 이내에 신속하게 차단할 수 있는 반도체 차단기(SSCB)에 대한 기술이 요구 된다. SSCB에 사용되는 반도체 스위칭 소자에는 여러 가지가 있으나 SCR을 사용하는 것이 경제적이며 도통손실이 매우 적다.<sup>[1][2]</sup> 이러한 배경으로 본 연구에서는 SCR을 이용하여 마이크로그리드에 적용이 가능한 25 [kVA]급의 SSCB를 설계하고 시뮬레이션을 통하여 동작특성을 알아보고자 한다.

### 2. Solid-State Circuit Breaker 설계

#### 2.1 SSCB의 회로구성

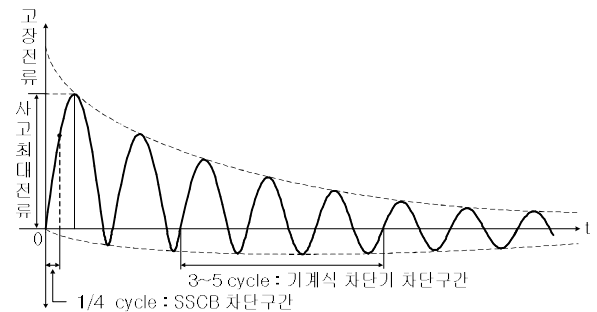


그림 1 계통의 고장전류 파형

그림 1은 계통사고 발생 시의 고장전류 파형이다. 기계식 차단기는 최소 3 cycle 부터 차단이 가능하므로 신속하게 차단하는 것은 불가능하다. 하지만 SSCB는 전원 주기의 1/4 cycle 이내로 차단이 가능하여 높은 전력품질을 유지할 수 있으며 사고 최대전류 보다 낮은 전류에서 차단하므로 사고의 피해를 줄일 수 있다.

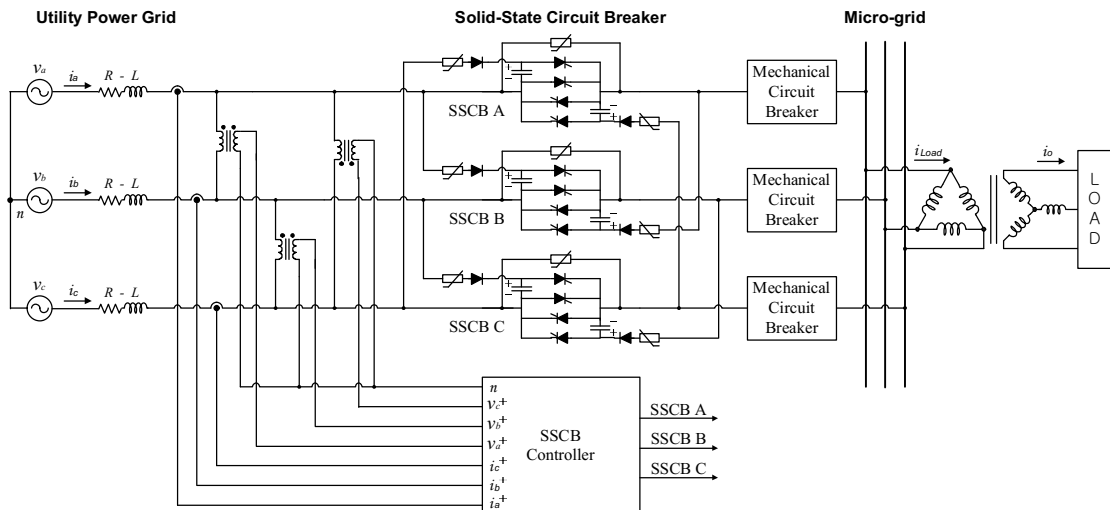


그림 2 3상 SSCB 회로도 및 제어기

표 1 3상 SSCB 각 소자의 파라미터

Handling Power	3 phase, 25[kVA], 220[V], 60Hz
SCR(Main)-P0128SH12	1200[V], 128[A], tq=20 usec
SCR(Auxiliary)	1200[V], 128[A], tq=20 usec
Varistor(Main SCR 보호용)	500[V]
Varistor(충전전압 제어용)	200[V]
Diode(충전회로용)	1200[V]
C (충전회로용)	100uF, 500[V]

그림 2는 25 [kVA]급 3상 SSCB의 회로이며 표 1은 설계된 각 소자의 파라미터이다.

## 2.2 SSCB의 동작특성

### 2.2.1 차단 모드

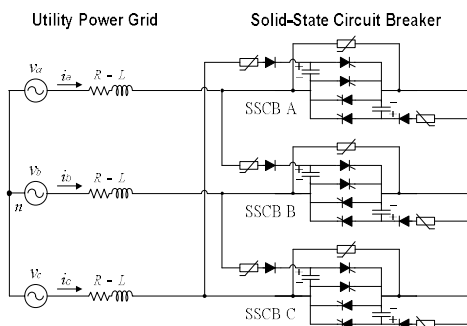


그림 3 3상 단락사고 발생 시 등가회로

계통사고의 원인에는 전압의 Sag/Swell등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 시스템의 설계를 위해 최악의 상황을 고려하여 3상 단락사고( $i_a > 0, i_b \text{ \& } i_c < 0$ ) 시의 차단모드를 살펴보았다. 그림 3은 3상 단락사고 발생 시의 등가회로이며 그림 4는 사고 발생 시의 상전류 및 부하전류이다.

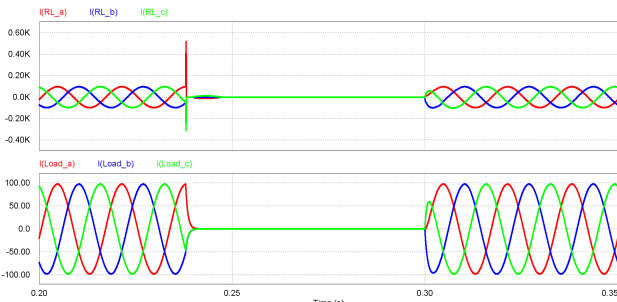


그림 4 3상 단락사고 발생 시 상전류 및 부하전류

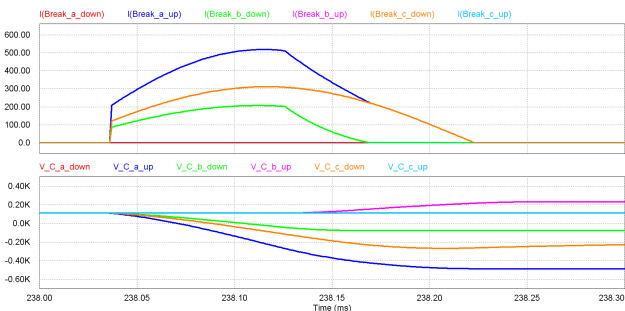


그림 5 3상 단락사고 시의 보조 SCR 전류와 C전압파형

그림 5는 Main SCR을 차단하기 위한 보조 SCR의 전류파형과 C의 전압파형이다. a상 C의 전압이 110 [V]에서 0 [V]까지 소요되는 시간은 약 35 [us]이므로 Main SCR을 turn-off시키기 위한 tq(turn-off time) 20 [usec] 이상 유지하는 것을 볼 수 있다.

### 2.2.2 재충전 모드

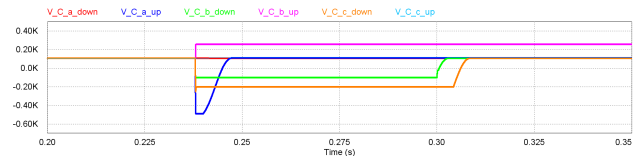
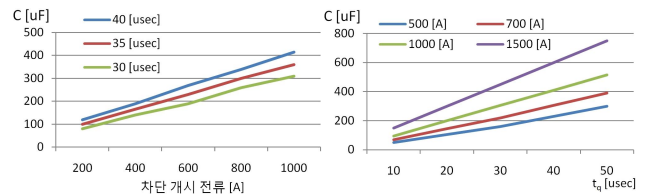


그림 6 계통 사고 후의 C 재충전 파형

그림 6은 3상 단락사고 이후 계통의 정상복귀(0.3 [s])에 의하여 C가 재충전 되는 것을 보여준다. 그림 7은 차단 개시 전류에 따른 C의 설계값과 SRC의 tq에 따른 C의 설계값이다.



(a) 차단 개시전류에 따른 C 설계값 (b) SCR의 tq에 따른 C 설계값

그림 7 SSCB의 용량에 따른 필요한 C의 설계값

## 3. 결론

본 논문에서는 계통과 마이크로그리드에 적용하기 위한 25 [kVA]급 SSCB에 대해 연구해 보았다. SCR은 턴오프를 위해 전류회로를 필요로 하지만 도통손실이 매우 작고 경제적이므로 SSCB를 구성하기에 적합한 소자이다. 따라서 SCR로 구성된 SSCB를 설계 하고, 사고 발생 시의 차단특성을 살펴보았다. 또한 실험 결과를 바탕으로 SSCB의 용량에 따른 C의 설계값을 제시하였다. 본 논문에서 연구한 SSCB의 설계 및 동작특성은 향후 마이크로그리드 시스템의 설계 및 구현에 활용될 것으로 기대된다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(No. 2007-P-EP-HM-04-0000)

## 참고 문헌

[1] Christoph Meyer, "Solid-State Circuit Breakers and Current Limiters for Medium-Voltage Systems Having Distributed Power Systems" IEEE Trans, Power Electron, vol 19. no5, pp.1333-1340, Sep. 2004

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