

SVC TSC Valve의 과전류 합성시험에 관한 연구

이진희*, 김영우*, 원진*, 정택선*, 백승택*
LS산전*

Study of a Overcurrent Synthetic Circuit Test for Thyristor Switched Capacitor of Static Var Compensator.

Jin Hee Lee*, Young Woo Kim*, Yuan Zhen*, Teag Sun Jung*, Seung Taek Baek*
LSIS*

ABSTRACT

전력계통은 전력수요의 지속적인 성장에 따라서 전력설비의 추가를 지속적으로 추진하고 있지만, 심해지는 환경문제 등으로 인해 용지 확보에 어려움이 있다. 이로 인해 송전선로 장거리화, 용량부족량 등 전력계통에 여러 가지 복잡한 문제가 야기되는데, 이것은 곧 전력계통의 안정도와 직결된다. 이러한 문제를 효과적이면서 경제적인 해결방법으로 FACT(Flexible AC Transmission System)기술이 주목 받고 있다. FACTS 기기 중 SVC(Static Var Compensator)는 상용운전 중이며, 기존 동기조상기에 비해 저렴하고, 신속 정확한 전압제어를 하는 장점이 있다. SVC는 TCR(Thyristor Controlled Reactor)과 TSC(Thyristor Switched Capacitor), FC(Fixed Capacitor)등 여러 종류의 구성을 가지고 있다.^[1]

합성시험회로설비(Synthetic Test Circuit)는 Thyristor로 구성된 TCR, TSC Valve를 실제 운전조건으로 동작시켜 SVC Valve의 신뢰성을 검증하는 설비이다. 특히, TSC Valve는 운전시 초기 과전류가 발생하는 운전특성상 이에 대한 평가기준에 따른 시험을 통해 신뢰성을 반드시 검증하여야 한다.

본 논문에서는 IEC 61954에서 제시하는 시험평가 기준에 의거하여 TSC의 Overcurrent Test를 위한 STC 평가 방법을 기술하고 설계된 TSC 시험을 위한 STC topology와 Simulation으로 검증 방법을 기술한다.

1. 서 론

SVC는 전력계통에 병렬로 연결되어 무효전력을 흡수 또는 공급함으로써, 전압을 일정하게 유지하거나 원하는 제어 동작을 수행하는 장치이다. SVC는 그 목적에 따라 다양한 구성을 가진다. 그림 1은 SVC의 일반적 구성을 나타낸 것이다.

TCR과 TSC를 생산하기 전, 설계된 Thyristor Valve를 검증하기 위해 국제 표준 규정 IEC std. 61954 따라 Type Test를 진행한다.^[6] 일반적으로 Type Test는 Dielectric Test와 Operational Test로 나뉜다. Dielectric Test는 절연 내압을 검증하기 위한 시험이고, Operational Test는 가혹조건에서 Thyristor Valve를 시험하기 위한 시험이다. 그림 2는 TSC Valve를 시험하기 위한 합성 시험 설비를 나타낸 것이다.^[2]

2. TCR 합성시험회로 설비

2.1 TSC thyristor valve

TSC 기본 구성은 그림 3과 같이 양방향(Anti Parallel) Thyristor, 리액터, 캐패시터 뱅크를 직렬 연결한 것이다.

TSC Valve가 스위칭하면 transient가 발생(리액터와 커패시터의 공진주파수 때문)하므로 싸이리스터 점호각 제어는 switching transient가 최소가 되기 위해 그림 4 같이 싸이리스터에 걸리는 전압이 최소일 때 스위칭 한다.

switch on

bus 전압 최대일 때, 커패시터 충전전압과 같은극성일 때 switch off

전류가 0일 때 커패시터는 negative 또는 positive의 peak치 전압을 유지하고 다음 switch on 동작을 준비한다.

싸이리스터 스위치로 제어되는 커패시터를 스위칭 할 때 싸이리스터 동작시 발생하는 두 가지 제한 조건을 고려해야 한다.

하나는 최대전류 허용치이고 다른 하나는 전류변화율(di/dt) 정격이다. 싸이리스터가 점호되는 순간에 커패시터 전압이 공급전압과 같지 않다면 극히 짧은 시간 동안 공급전압만큼 커패시터를 충전하기 위하여 무한대의 전류가 흐를 것이다. 싸이리스터는 이 무한대의 전류 스트레스를 견딜 수 없다.

그리고 커패시터 전압이 공급전압과 동일할 때 싸이리스터를 점호 하더라도 전류는 순간적으로 커패시터 전류의 정상상태 값으로 도달할 것이므로 di/dt 정격을 초과할 것이다.

TSC Valve는 초기 동작시 전류에 대해서 과도특성을 가지고 있으므로 동작시 발생 할 수 있는 상황을 합성시험으로 Overcurrent test를 통해 검증해야 한다.

2.2 합성시험회로 동작 원리

그림 2의 합성시험회로의 구성은 대전류원 회로, 공진회로, 고전압원 회로로 구성되어 있다. 합성시험회로를 이용하여 그림 3(a)에 전압과 전류를 인가하여 그림 5와 같이 Thyristor Valve를 시험하게 된다.

· t1 구간 (Pre heat)

Thyristor valve를 90도로 연속 점호하여 Valve 온도가 최대로 될 때까지 전류를 연속적 도통 운전.

· t2 구간 (Turn OFF)

Pre heat 후 모든 Valve를 완전히 Turn OFF 시킴.

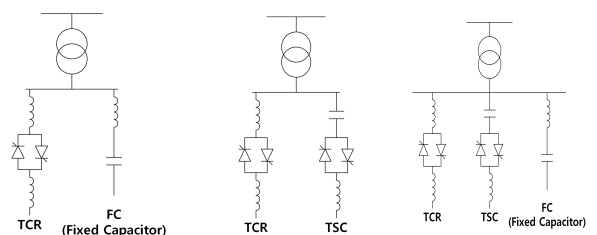


그림 1 SVC의 일반적 구성

- t3 구간 (one loop)
최대 모션 전압에서 전압 극성에 맞는 Thyristor 점호.
단방향 점호로 전류 측정 후 설계치와 검토.
- t4 구간 (double loop)
모션 전압이 최대에서 양방향 Thyristor 모두 점호.
양방향 Thyristor 전류 측정 후 설계치와 검토.

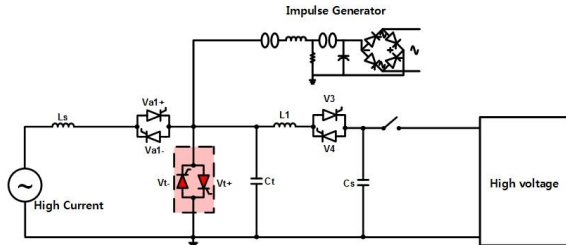
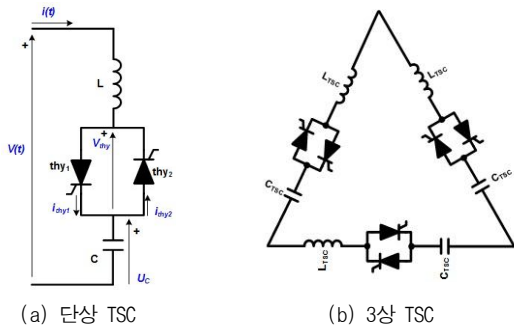


그림 2 TSC 합성시험회로 설비



(a) 단상 TSC

(b) 3상 TSC

그림 3 TSC 구조

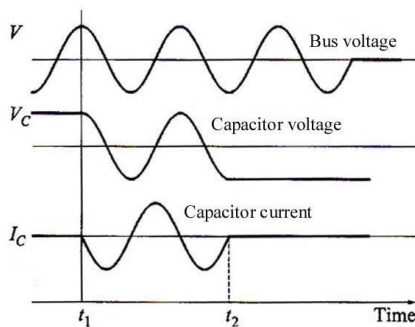


그림 4 점호각에 따른 TCR 상전류 파형

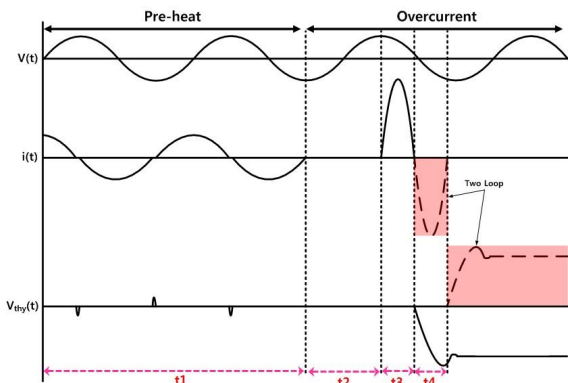


그림 5 TSC Valve의 전압과 전류 파형

2.3 시뮬레이션

그림 6은 PSCAD를 이용한 TSC 합성시험회로 설비를 나타낸 것이다. 그림7은 One loop test의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 그림 8은 Double loop test 시험 결과 파형을 나타낸다.

L, C 공진주파수와 공진 전류의 크기를 시뮬레이션 모델로 설계치와 비교, 검증 할 수 있다.

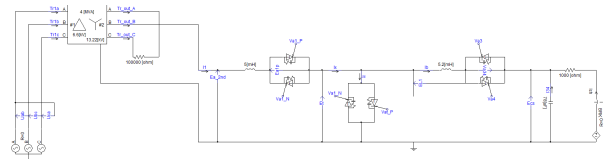


그림 6 TSC 합성시험회로에 대한 PSCAD 시뮬레이션 회로

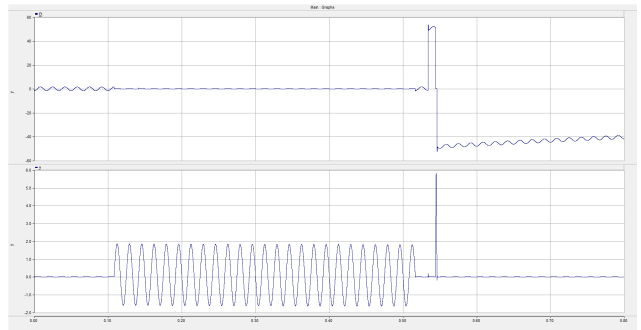


그림 7 TSC One-loop test 대한 PSCAD 시뮬레이션 결과

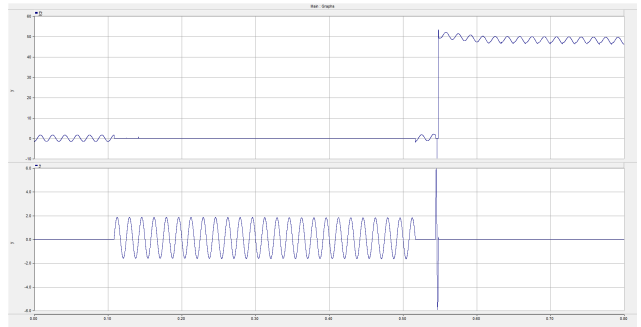


그림 8 TSC double-loop test 대한 PSCAD 시뮬레이션 결과

3. 결론

본 논문에서는 SVC의 TSC Thyristor Valve를 시험하기 위한 합성시험회로 설비에 대해 기술하였으며, 국제표준 규정에서 요구하는 Operational Test를 위한 합성시험회로를 PSCAD 모델을 설계하여 시뮬레이션을 통해 검증 하였다.

참고 문헌

- [1] 손광명, "서대구 SVC(Static Var Compensator) 및 제어시스템 분석", 대한전기학회, 2001.7.
- [2] "DC 50kV급 HVDC Valve 개발", 전력전자학회, 전력전자학회 2012년도 전력전자학술대회 논문집 2012.7, page(s):303 304
- [3] Laszlo Gyugyi, "Power Electronics in Electric Utilities: Static Var Compensator", Proceedings of the IEEE 76(4), 1988.
- [4] TJE. Miller, "Reactive Power Control in Electric System", John Wiley & Sons, 1982.
- [5] 송웅협, "전류원 HVDC Thyristor Valve 성능시험을 위한 새로운 방식의 합성시험회로", 대한전기학회, 2012년도 대한전기학회 전력기술부문화 추계학술대회 논문집 2012.10.
- [6] IEC std. 61954, "Static var compensator (SVC) Testing of thyristor valves" Edition 2.1, 2013. 4