

154kV 계통에 설치되는 SVC Susceptance 제어에 관한 연구

손봉균
LS 산업

Study on SVC Susceptance Control in 154kV Power System

Son Bong Kyun
LS Industrial System

ABSTRACT

우리나라 전력계통은 점점 복잡화, 대형화되어 가고 있으나, 이에 따른 전력설비의 신설은 날로 어려워지고 있다. 이러한 변화에 능동적으로 대처하기 위해 FACTS(Flexible AC Transmission System) 기술이 주목받고 있으며, FACTS는 대용량 전력전자기술을 이용하여 송전선로의 안정도 제어 및 송전용량 증대를 목적으로 설치된다. 현재 우리나라 전력계통에는 SVC, UPFC, STATCOM 등의 기기들이 개발되어 운영되어 있으며, 그 중에 SVC가 대표적으로 변전소에 많이 설치되어 무효전력 보상으로 전압안정도를 향상시키고 있다. 이에 따라서 본 논문은 154kV 송전계통에서 SVC의 여러 제어 방법 중 Susceptance 제어에 관해서 기술하고자 한다.

1. 서 론

우리나라는 독립된 형태의 전력계통으로 구성되어 있어 타 국가와의 전력용통이 불가능해 자가자족을 위한 충분한 전력공급능력 확보가 필요하다. 지역적으로 서해안, 호남, 영남지역의 원거리 발전기군과 대규모 부하지역인 수도권으로 나뉘어져 있어, 지역간 전력 수급불균형의 문제가 크다. 특히 전력을 수도권으로 원거리 송전할 때 전력손실이 큰 관계로 전압안정도에 많은 영향을 끼치게 된다. 전압안정도를 관리하지 않게 된다면 급기야 대규모 광역정전까지 될 가능성이 존재하기 때문에 간과해서는 안된다. 따라서 이를 보완할 설비로 FACTS가 예전부터 점점 대두되고 있다. FACTS 설비를 통해서 전압안정도 향상, 무효전력 보상, 역률 보상, 고조파 및 순간전압상승/강하 대처 등 여러 가지 현상들을 보완해줄 수 있다. 또한 FACTS 설비의 종류는 여러 가지 있다. 예를 들면 SVC, STATCOM, UPFC 등이 있다. 이 설비들 중에서 사용되는 목적과 내부 소자에 따라서 달라지게 된다.

따라서 본 논문에서는 여러 FACTS 설비 중에서 SVC에 대해서 다루고자 한다. SVC의 기본적인 특성 및 기능과 여러 제어 방법 중 Susceptance 제어에 대해서 중점적으로 다루고자 한다.^[1]

2. 본 론

2.1 SVC(Static Var Compensator)

SVC는 여러 FACTS 설비 중 전력용 반도체를 이용한 1세

대 FACTS 설비로 원리적으로는 가변 리액터와 가변 커패시터가 병렬로 연결된 구조를 갖고 있으며, 실제로는 사이리스터와 연결된 리액터뱅크와 커패시터뱅크로 구성된다. 커패시터 조합 형태에 따라서 여러 SVC 구성 중 보상할 수 있는 범위가 가변적인 TSC TCR는 실제로 많은 영역에서 활용되고 있다. 예를 들면 송변전계통 내 변전소에 설치되어 전압안정도를 향상시키고, 철강 혹은 제련 공장 내에 설치되어 고조파나 플리커를 보상하여 역률을 향상시키고 있다. TSC TCR의 특징을 간략히 알아보면 아래와 같다.^[1]

- 연속적인 제어가 가능하다.
- 과도현상이 적다.
- 고조파가 비교적 적게 발생한다.
- 유연한 제어 특성을 갖는다.

2.2 TCR(Thyristor Controlled Reactor)

TCR은 제어기에서 Firing Pulse를 내보내면서 Alpha 각을 통해 리액터 전류의 양을 조절하여 투입되는 리액터 용량을 연속적으로 제어한다. 기기 구성은 사이리스터 소자를 Shunt Reactor에 직렬로 연결한 형태이며 3상에 대하여 보통 Δ 결선으로 구성되어 있다. Δ 결선의 이용은 사이리스터 밸브에 Y 결선보다 더 작은 전류를 필요로 하기 때문에 사이리스터 밸브의 설계 시 경제적이다. 선간 전류에서 각각의 위상차는 기본파의 3배가 되기 때문에 위상차가 상쇄되고 3상의 전류는 동일한 위상을 갖는 영상분 전류가 되므로 상 전류는 상쇄되게 된다. 이러한 무효전력의 흡수를 정격구간 전체에 걸쳐 제어할 수 있도록 반주기($90^\circ \sim 180^\circ$)의 어느 지점에서든 스위칭될 수 있다.

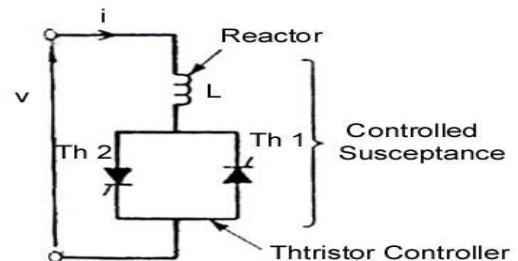


그림 1 단상 TCR의 구조

2.2 TSC(Thyristor Switched Capacitor)

TSC는 커패시터 뱅크, 양방향 역병렬 싸이리스터 쌍과 소형리액터가 직렬로 연결된 구성을 가진다. 싸이리스터가 점화되는 순간에 커패시터 전압이 공급전압과 같아야 한다. 만약 같지 않으면 짧은 시간 동안 공급전압만큼 커패시터를 충전하기 위하여 무한대의 전류가 흐르기 때문이다. 이는 싸이리스터 스위치가 무한대의 전류 스트레스를 견딜 수 없으므로 스위칭에 실패할 것이다. 그리고 커패시터 전압이 공급전압과 동일할 때 싸이리스터의 점화가 일어난다 하더라도 전류는 순간적으로 커패시터 전류의 정상상태 값으로 점프할 것이므로 di/dt 정격을 초과할 것이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 아래 그림과 같이 소형 리액터가 커패시터와 병렬로 설치되어야 한다.

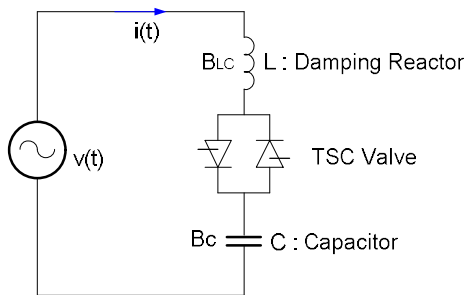


그림 2 단상 TSC의 기본 구성

2.3 Susceptance 제어

Susceptance 제어는 운전원이 HMI(Human Machine Interface)를 통해서 Susceptance Reference 값을 설정하여 수동 운전한다. 이는 시스템 설계를 통해서 계통에 필요한 무효전력 양을 계산하여 SVC 시스템 운전을 할 때 계산된 Susceptance 값을 연속적으로 투입 혹은 흡수하는 것이다. 단, 과도 현상을 방지하기 위해서 Automatic Control Mode(전압 제어 모드)와의 스위칭이 가능하도록 한다.

2.4 모의 실험

Susceptance 제어 검증을 위해서 PSCAD를 이용하여 모의한다. 모의 실험 구성은 다음과 같다.

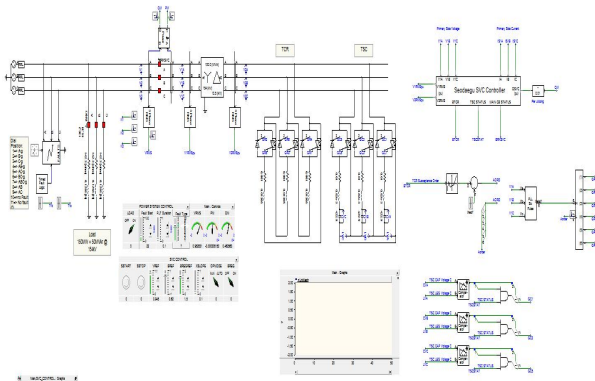


그림 3 SVC PSCAD 구성

시스템 전압 : 154kV

SVC 용량 : ± 100 MVar

총 모의 시간 : 20 Sec

모의 종류 : 무효전력 부하 50 MVar 증가

부하 증가 시간 : 10 Sec

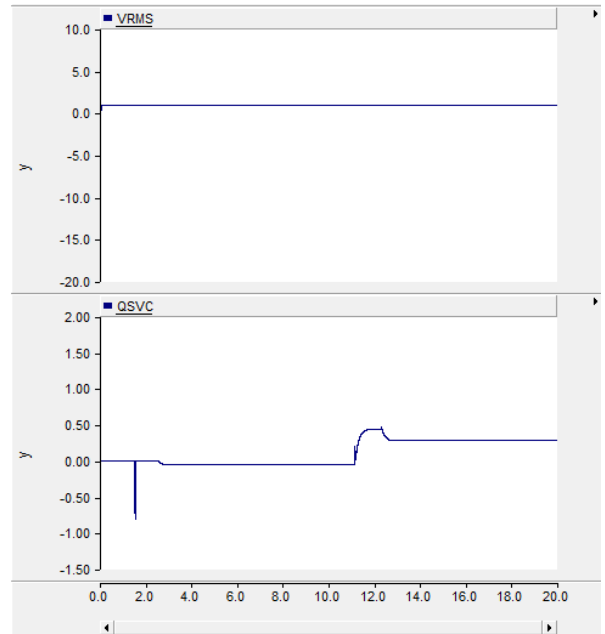


그림 4 결과 파형

위의 그림과 같이 20초 동안 모의하였는데, 10초에 무효전력 부하가 50MVar 증가했지만 전압은 1.0 PU로 계속 유지되고 있고, 무효전력은 모션으로 50MVar 가량 투입된 것을 확인할 수 있다. 단, 앞쪽의 Oscillation은 제어기 특성인데, 향후 보완할 계획이다.

3. 결론

본 논문에서는 SVC의 기기 구성 및 Susceptance 제어 기능, 모의 실험에 대해 기술하였다. 타 FACTS 설비에 비해 경제적이고 Shunt Capacitor 혹은 Shunt Reactor가 갖는 비속응성과 불연속성을 해결할 수 있으며, 전압안정도 및 지역간 유효전력의 향상을 기대할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, "Understanding FACTS", IEEE Press, pp. 135 208, 1989.