

실시간 디지털 시뮬레이터를 위한 서대구 SVC 모델 개발

김용길 이진 윤용범 김용학
LG 산전 전력연구원

Development of RTDS model for Sea-Deagu SVC

Y.K.Klm J.Lee Y.B.Yoon Y.H.Kim
LGIS KEPRI

Abstract - This paper presents the characteristics and Real Time Digital Simulator(RTDS) model for Seo-deagu Static Var Compensator(SVC) systems installed in 1999. SVC system is a power system controller using power electronics called Flexible AC Transmission Systems(FACTS). RTDS model for Seo-deagu SVC is developed and verified. we recognize to be essential for SVC systems and understand SVC systems through simulation

1. 서 론

현재 전력계통은 전력수요의 증가로 인하여 장거리 송전선로, 송전요량 부족 등 계통의 안정도에 상당한 위험요인을 갖고 있다. 이러한 문제의 해결책으로 FACTS(Flexible AC Transmission System) 기술을 적용하고 있다. 이들 중 SVC(Static Var Compensator)는 가격이 싸고 신속하게 전압제어를 수행하며 병렬 리액터나 커패시터의 기계적 스위칭에 의한 과도현상, 전압변동을 유발하지 않는다.[1,2] 1999년 ABB사에 의해 제작,[3,4,5] 설치된 서대구 SVC 시스템의 제어방식과 특성을 분석하여 RTDS(Real Time Digital Simulator) 모델을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 개요

SVC는 전력계통에 병렬로 연결되어 무효전력을 흡수 EH는 공급함으로써 전압을 일정하게 유지하거나 원하는 제어 동작을 수행하는 설비이다. 기존의 전력용 콘덴서와 병렬 리액터와는 달리 연속적인 제어가 가능한 SVC는 동기조상기와 같은 제어특성을 가지고 있다. 반면, 기계적 관성을 가지고 있지 않아 동작범위 밖에서는 전압유지특성이 급격하게 떨어지지만 응답속도가 동기조상기에 비해 매우 빠른 특성을 가지고 있다. SVC의 일반적인 구조는 사이리스터에 의해 스위칭되는 커패시터와 사이리스터 제어에 의해 가변 용량의 리액터가 병렬로 연결된 구조를 가지고 있다.

SVC는 빠른 응답과 연속적인 제어로 제어범위 내에서는 전압을 효과적으로 제어할 뿐만 아니라, 빠른 응답속도를 이용하여 과도상태의 유효전력을 제어함으로써 전력계통의 다양한 문제를 해결하기 위하여 활용되고 있다. SVC의 기본적인 제어 목적은 모선전압의 제어에 있으며, 부가적으로 과도안정도 향상, 전력동요억제, 상간 불균형 개선 등의 다양한 제어가 가능하다.

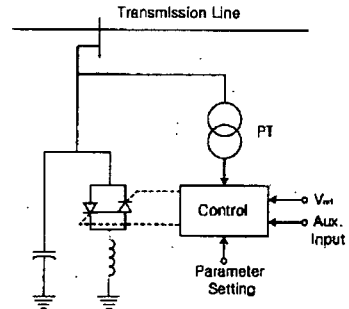


그림1. SVC의 기본 구조

2.2 주회로 구성

SVC는 단로기와 $1\frac{1}{2}$ 차단 방식의 차단기를 통해 서대구 변전소의 345kV 모선에 연결되어 있다. 345kV 쪽에는 상-대지간 연결된 3개의 피뢰기가 있다. 주변압기는 고압측과 중성점 부싱사이의 Y/ Δ 결선구조로 변류기가 설치되어 있으며 345kV 중성점 단자에는 단상 단로기가 피뢰기와 함께 설치되어 있고 변압기 13.5kV 측은 3개의 피뢰기와 상-대지간에 단상 변압기가 설치되어 있다. 또한 고주파 서지로부터 13.5kV급 설비 보호를 위해, 상-대지간에 3개의 서지 커패시터가 설치되어 있다.

2.2.1 TCR

각 상은 델타결선이고, 6000A 단로기를 통해 13.5kV SVC 모선에 연결되어 있다. 사이리스터 밸브의 위상각 제어에 의해 리액터의 무효전력이 0에서 최대값까지 연속적으로 제어된다. 구조는 상단 2개의 리액터 사이에 1개의 사이리스터 밸브가 놓여있으며, 선택된 2차 전압으로부터 여분의 유닛을 포함한 총 8개의 사이리스터를 직렬로 연결하는 최적의 구조로 설계되었으며, 밸브의 연속 전류 용량은 3.0kA 이다. TCR 유닛은 계통 1차 전압이 1.1085 pu(382kV)까지 연속적으로 운전되도록 설계되어 있으며, 1초 동안 1.3pu(449kV)까지 완전히 제어 가능하다.

2.2.2 TSC

TSC 지선은 6000A 단로기를 통해 SVC 모선에 연결되어 있으며, 조정과 보호목적으로 델타 결선의 안쪽과 바깥쪽에 변류기가 설치되어 있다. TSC 유닛은 델타 구조이고, 각 지선마다 사이리스터 밸브, 커패시터뱅크, 1개의 한류 리액터로 구성되어 있다. 커패시터뱅크는 위상각 제어를 통해 연속적으로 제어되지 않으며 스위칭에 의한 투입과 제거가 가능하다. 이러한 스위칭 동

작은 스위칭 과도 현상을 피하기 위해 전류가 영점 통과시에 근접하여 이루어진다. 2차 전압으로부터 2개의 여분을 포함하여 총 8개의 싸이리스터로 구성되어 있으며 싸이리스터 밸브의 전류용량은 3.0kA이다. TSC의 투입과 제어를 가능하게 하기 위해 스위칭되는 TSC 지선의 서셉턴스가 TCR 지선의 서셉턴스보다 작도록 되어 있다.

2.3 제어 장치

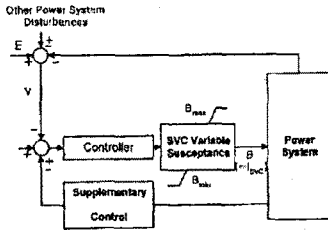


그림 2. SVC 제어 블록

SVC 제어시스템은 SVC 상태와 전원 장치를 연속적으로 가미하는 컴퓨터로 구성되어 있다. 제어장치는 주/부의 이중구조로 되어 있고, 한쪽 고장시 자동으로 전환된다. 두 개의 시스템은 동일하며, ABB사의 제어시스템은 VarMACH이며, 제어기능은 다음과 같다.

2.3.1 Var control

이 기능은 전원 계통이 요구하는 무효전력의 출력을 제어하는 SVC의 기본이면서 가장 중요한 부분이다.

자동운전모드

일반적으로 345kV 모선전압은 전압 피드백에 의해 제어된다. 전압 기준치는 중감 조작에 의해 OWS에서 입력되며 이 값은 324 kV에서 355kV까지의 값을 가질 수 있고 또한 슬로프 값도 100Mvar 기준으로 0에서 10%사이 값을 가질 수 있다. TSC의 투입/제거시 발생할 수 있는 불안정 상태를 피하기 위해 히스테리시스 특성이 제어 알고리즘에 구현되어 있다.

수동운전모드

모선으로부터 전압 피드백은 없으며 필요한 무효전력 출력은 중감 조작에 따른 서셉턴스 기준치에 의해 제어된다. 전압값은 출력값의 변화 없이 자동운전모드로 적체준비되도록 자동으로 선전압값을 따른다. 같은 방식으로 서셉턴스 기준치는 과도현상 방지를 위해 수동운전모드로의 스위칭이 가능하도록 자동운전모드에서의 실출력값을 따른다. 시스템 전압이 설정된 범위를 벗어나면 수동운전 모드는 자동으로 자동운전모드로 전환된다. 또한 제어기능이 전압 응답신호를 상실하면 제어기능은 자동으로 수동운전모드로 전환되며 제어각은 유지된다.

이득 감시 기능

SVC의 이득값을 감시하며 계통에서의 외란에 의하여 제어시스템과 전력계통과의 상호 작용으로 진동이 발생할 경우 제어시스템의 이득을 자동으로 감소시킨다.

이득 최적화 기능

계통이 복구되었을 때, 이득 감시 동작에 의해 감소된 이득은 자동적으로 이전 값으로 복구하는 기능으로 설정해제가 가능하고 또한 이득은 OWS에서 수동으로 재설정할 수 있다. 자동운전모드에서 slow susceptance control 기능은 OWS에서 활성화될 수 있으며 이 기능은 SVC를 정상상태에서 주어진 Mvar 출력으로 천천히 되돌린다. 이는 SVC가 돌발상황에서 신속하게 대응할

수 있는 운전 여유를 가질 수 있게 하기 위함이다.

2.4 RTDS모델

서대구 SVC의 특징은 중요한 대부분의 기능이 Var control computer(VCC) 라는 부분에서 소프트웨어적으로 이루어진다. 이렇게 함으로써 VCC의 소프트웨어만 일부 변경함으로써 HVDC 등 여러 가지 다른 방식의 기기에 적용할 수 있으므로 공통의 하드웨어를 활용하는 효율적인 방식이라 할 수 있다.

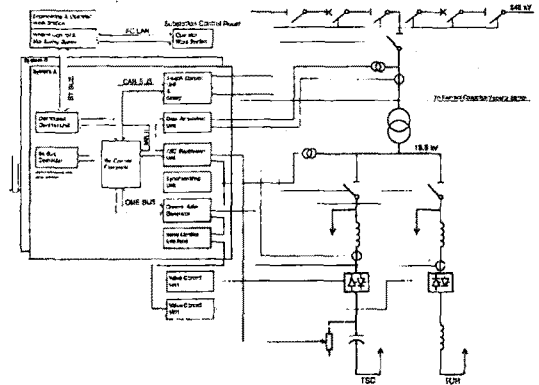


그림 3. 서대구 SVC 시스템 구성도

VCC

이 소프트웨어는 HiDraw라는 프로그램으로 작성되어 있으며, SVC 제어시스템의 핵심적인 부분으로서 동기 전압감시기능, undervoltage strategy, overvoltage strategy, susceptance regulator, gain supervisor, gain optimizer, slow susceptance regulator, voltage regulator 기능 등의 제어 및 보호 기능이 구현되어 있다.

주요 제어시스템

2개의 이중 제어루프로 구성되는 특징을 가지고 있는데 내부루프는 서셉턴스 지령치에 대하여 측정된 서셉턴스에 상응하는 오차신호를 출력하며, 수 ms정도의 시정수를 가지는 아주 빠른 폐루프인 반면에 외부루프는 수초 정도의 느린 동특성을 가지는 폐루프로서 SVC가 운전 여유를 가지도록 SVC를 영점 부근에서 동작하도록 되돌리는 기능을 한다.

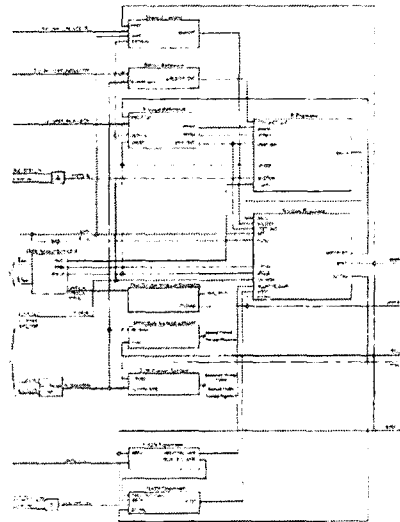


그림 4. SVC 시스템의 기능적 블록도

2.5 모의 결과

서대구 SVC의 기동과 정지는 자동모드와 수동모드가 있으며, 일반적으로 자동모드로 운전되며, 수동모드 시에는 서셉턴스 기준치에 의해 제어된다.

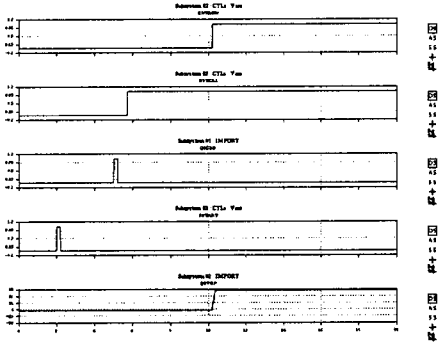


그림 5. 자동모드기동

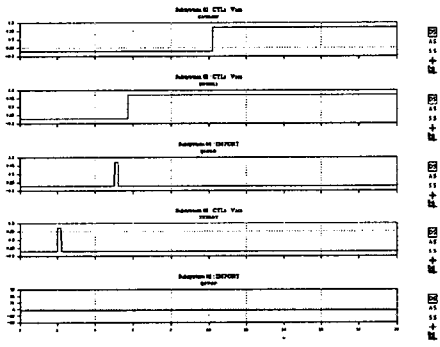


그림 6. 수동모드기동

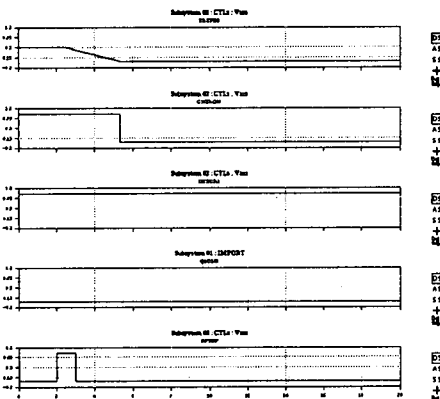


그림 7. 정지시퀀스

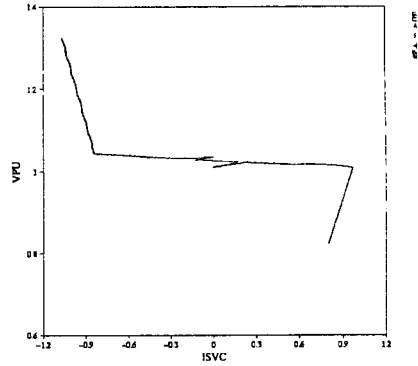


그림 8. VI특성곡선(slope2%)

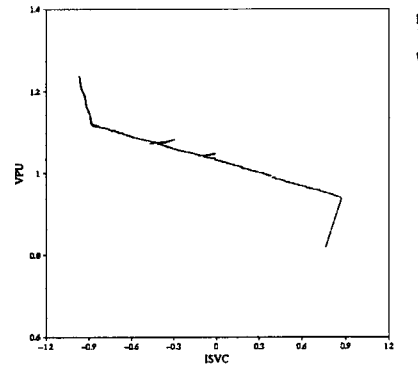


그림 9. VI 특성곡선(slope10%)

특성곡선의 slope를 2%와 10%로 설정하여 모의하였다. 그림에서 slope가 클수록 기울기가 커짐을 볼 수 있으며 곡선의 돌출부분은 TSC 투입에 의한 과도 현상 때문이다. 이전에 TSC 투입에서 제거로 동작할 때와 제거에서 투입으로 동작하는 경우 히스테리시스 특성 때문에 특성곡선이 조금씩 차이가 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 서대구 모선에 설치되어 있는 SVC의 구성과 특성을 분석하여 실시간 디지털 시뮬레이션을 위한 모델에 대하여 기술하였고 이러한 특성을 검증하기 위해 VI특성과 기동, 정지 시퀀스 등을 검토하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] T.J.E. Miller. Reactive Power Control in Electric Systems. John Wiley & Sons, 1982
- [2] 손광명, "전력계통의 동적 전압안정도 개선을 위한 SVC와 ULTC의 효율적 협조제어에 관한 기초연구", 97-지-08, 기초전력공학연구소 연구보고서, 1998.9.
- [3] ABB, Sea-Daegu SVC Training Manual, 1999
- [4] 윤종수 외5명, "서대구 SVC의 기기구성방식 및 특성에 관한 조사" 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 1999.11.
- [5] 김동현 외5명, "서대구 SVC의 EMTDC 모델 개발" 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2000.11.