

제주계통 전압 안정성을 위한 SVC 및 Statcom 동작특성 비교

이도헌† 이승민* 김호민** 김일환***

† 제주대학교 풍력특성화협동과정

* 제주대학교 풍력특성화협동과정

** 제주대학교 전기공학과

*** 제주대학교 전기공학과

SVC and Statcom Characteristics for Voltage Stability in Jeju Power System

DoHeon Lee† Seung Min Lee* Eel Hwan Kim**

† Multidisciplinary Graduate School program for Wind Energy, Jeju National University

* Multidisciplinary Graduate School program for Wind Energy, Jeju National University

** Department of Electrical Engineering, Jeju National University

*** Department of Electrical Engineering, Jeju National University

ABSTRACT

In Jeju power system, the generation of reactive power depends on the operation of CSC HVDC filter. Thus, the grid voltage will be affected. Statcom and SVC have demonstrated that it has excellent characteristics to solve this problem. First, this paper analyzes the operation of the Statcom based on the real power system in Jeju. Then, the characteristics of Statcom will be compared to the SVC. The modelling of the Jeju power system including Statcom and SVC will be performed by using PSCAD/EMTDC program and the real data from the real Jeju power system.

1. 서론

최근 선진국에서 발생하고 있는 대규모 정전사고는 무효전력의 수급 불균형에 의한 계통의 전압 불안정에 기인하고 국내 계통의 경우도 지속적인 부하의 증가와 송전선의 장거리화 등에 따른 무효전력 손실의 증가로 대규모 정전사고의 위험에 노출되어 있는 실정이다. 그러므로 무효전력은 전력계통의 안정성 및 신뢰성 향상에 중요한 비중을 차지하고 있다^[1]. 특히 전력계통의 무효전력 손실량은 유효전력보다 약 10배 이상 많은 것으로 알려져 있으므로 계통에서 필요한 무효전력을 적절히 공급하는 것이 매우 중요하다. 또한 무효전력은 원거리에서 공급할 수 없기 때문에 무효전력을 필요로 하는 인근에서 공급되는 것이 바람직하다^[2]. 전력계통의 전압 안정성을 향상시키기 위해서는 전력 계통 전압제어가 필요하다. 이를 위해서는 무효전력을 생산 또는 소비하여 무효전력을 모선을 통하여 공급해 주어야 한다. 이에 따라 최근에는 전력전자기술을 이용하여 속도응답 등을 개선한 SVC와 Statcom과 같은 FACTS 기술이 활발하게 적용되고 있다. 본 논문에서는 제주계통의 전압 안정을 도모하기 위하여 설치되어 있는 두대의 Statcom의 동작특성을 분석하고, FACTS의 기술 중 하나인 SVC를 모델링 하여 Statcom과 SVC의 동작특성을 비교하였다.

2. SVC 및 Statcom

2.1 정지형 무효전력 보상장치(SVC)

SVC는 그림 1과 같이 가변 리액터와 가변 커패시터를 병렬로 구성하고, 사이리스터(thyristor)에 연결되어있는 구조를 가지고 있다. 또한 많은 영역에서 활용되고 있으며, 연속적이며 유연한 제어가 가능한 TCR(thyristor controlled reactor)와 TSC(thyristor switched capacitor)을 사용한다.

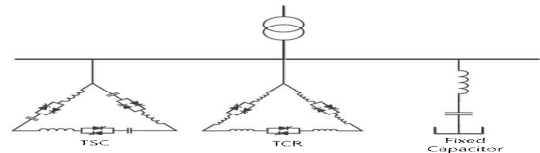


그림 1 SVC의 기본구조

2.1.1 SVC의 동작원리

SVC는 모선의 전압 변동을 감지하여 이에 대응되는 병렬 서셉턴스(susceptance)를 변화시킴으로써 모선전압을 연속적으로 제어하여 준다^[2]. 기존 진상 무효전력 보상장치로 사용되는 전력용 커패시터(shunt capacitor)와 지상 무효전력 보상장치로 사용되는 병렬 리액터(shunt reactor) 등과는 다르게 SVC는 동기조상기와 비슷한 제어 특성을 가져 연속적으로 제어 한다.

2.2 정지형 동기 조상기(Statcom)

Statcom은 그림 2와 같이 인버터, 계통 연계 변압기, DC 커패시터 뱅크 등으로 구성된 2세대 FACTS 설비이다. Statcom은 설치 비용이 높지만 다른 전력보상장치에 비해 빠른 응답특성을 가지며, 연속적인 무효전력 보상이 가능하다.

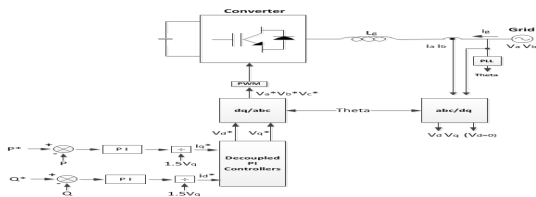


그림 2 Statcom의 구성도

정지형 동기 조상기 원리

Statcom은 DC 커패시터 뱅크 양단의 직류 전압의 크기를 조정하여 무효전력을 보상한다. Statcom의 전압보상에 벡터도는 그림 3 과 같다. 이와 같은 방식으로 인덕터를 제어하여 DC 커패시터 뱅크의 전압의 크기를 조정하고, 인버터 출력전압의 위상을 변화시켜 무효전력을 보상한다.

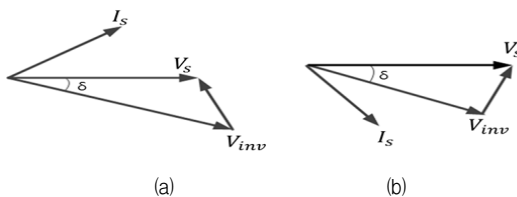


그림 3 Statcom의 무효전력 보상 벡터도, (a) 진상 보상시, (b) 지상 보상시

3. 모델링 및 시뮬레이션 결과

1.1 SVC 모델링

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 프로그램내에 제공되는 라이브러리를 바탕으로 제주계통에 맞게 SVC를 모델링하였다. 계통에서 전압값과 무효전력값을 측정하고 Droop, PI제어를 거쳐 TCR과 TSC에 신호를 전달하게 된다. 이에 따라 무효전력의 흡·방출을 결정한다. 사이리스터의 α 각은 90° 에서 180° 사이에서 게이팅을 주었다.

1.2 Statcom 모델링

제주전력계통에는 신제주·한라 변전소에 각각 50 MVar의 용량을 갖는 Statcom이 설치되어있다. Statcom의 모델링은 크게 Main Transformer, Inverter Pole, DC clamp, System Controller로 모델링하였다.

1.3 시뮬레이션 결과

표 1은 제 2연계선의 가압시험이 있는 날을 기준으로 실측데이터 결과와 컴퓨터해석 결과 비교를 나타낸 표이다. 실측데이터와 컴퓨터 모델링 결과에 따라서 시뮬레이션의 타당성을 증명하였으며, 이에 따라 SVC와 Statcom의 동작특성을 비교하였다.

표 1 실측데이터 및 컴퓨터 해석결과 비교
Table 1 Real Data and Simulation result

	실측데이터	Statcom 컴퓨터해석	SVC 컴퓨터해석
전압변동률	0.9 %	1.7 %	2.3 %
피크전압	161.1 kV	161.2 kV	161.9 kV
과도시간	36 min	25 min	28 min
비고	9월 18일 기준	9월 19일 기준	9월 18일 기준

그림 4 (a)는 제주계통에 Statcom을 설치 했을 경우이며, (b)는 제주계통에 SVC 설치 시에 대한 계통전압의 결과이다. 컴퓨터해석 결과에서와 같이 SVC와 Statcom의 전압 변동률은 Statcom의 경우 1.7 %, SVC의 경우 1.8 %로 근소한 차이가 있으며, 과도 시간 또한 Statcom의 빠른 결과를 확인하였다.

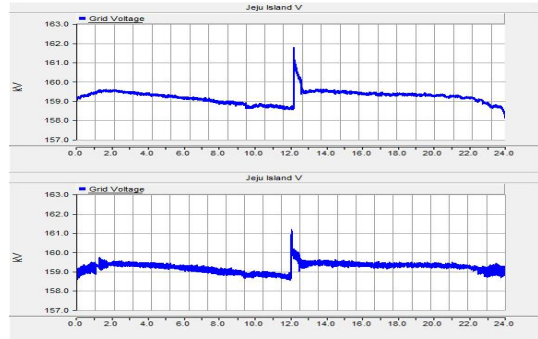


그림 4 계통전압의 컴퓨터 해석, (a) SVC, (b) Statcom

4. 결론

본 논문에서는 제주계통의 무효전력을 제어하기 위해 설치되어있는 Statcom의 동작 특성을 확인하고 이를 FACTS 기술 중 하나인 SVC와 비교분석하였다. 제주지역의 계통을 실측데이터로 분석하여 시뮬레이션의 타당성을 검증하였으며, 이에 따라 Statcom과 SVC의 동작특성을 분석하여 제주계통에 미치는 영향을 분석하였다. 제주계통에는 LCC HVDC와 같이 필터에 의해 무효전력을 공급하고 과도 시간에 민감한 설비가 설치되어있다. 이와같은 계통의 경우 SVC보다 Statcom이 적합함을 확인 하였다. 하지만 컴퓨터해석 결과와 같이 과도시간과 전압변동률의 차이는 크게 다르지 않으며, 국내 송·배전 이용 규정인 전압변동률 $\pm 2.5\%$ 이내로 모두 부합함을 확인하였다. 이에 따라서 과도 시간에 크게 민감한 설비가 설치되어 있지 않은 경우 성능적인 면에서는 SVC와 Statcom은 크게 차이가 없을 것으로 보인다.

본 연구는 2012년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP) 풍력특성화대학원 인력양성사업(과제번호 20094020200020) 및 「풍력 발전설비 평가용 실증단지 확장개발」 과제(과제번호:2012T100201731)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

참고 문헌

[1] Jong SuToon, Yong Hak Kim, Soo Yeol Kim, "Evaluation of Effects on Power System by Installing the Static Var Compensator, Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.59(7), pp. 1187-1193, 2010, July.
[2] N.G.Hingorani L.Gyugui, "Understanding FACTS", IEEE Press, 2000.