

## Evaluation of Effects on Power System by Installing the Static Var Compensator

윤 중 수<sup>†</sup> · 김 용 학\* · 김 수 열\*  
(Jong-Su Yoon · Yong-Hak Kim · Soo-Yeol Kim)

**Abstract** - This paper provides the methods for enhancing the stability with normal or emergency operating conditions in real power systems and copes with the unbalance of demand of reactive power due to the loss of facility, such as 765kV transmission line. In this paper, we focused on the maximum allowable transmission power(hereafter, MAXTP) in the metropolitan area. In order to increase the MAXTP, the application of reactive power compensators, SVC, and Shunt compensator and reactor, is analyzed as an enhancing method of stability and MAXTP. Particularly, the f-V analysis was performed for the postulated contingency, in order to evaluate the effects on SVC. Conclusively, the stability of power systems could be enhanced and the MAXTP is increased effectively with Dongseoul SVC which has the capacity 200MVar.

**Key Words** : SVC(Static Var Compensator), Voltage stability, f-V analysis, Maximum allowable transmission power(MAXTP)

### 1. 서 론

국내 전력계통은 지역적으로 서해안, 호남, 영남지역의 원거리 발전기군과 대규모 부하지역인 수도권으로 분류할 수 있으며, 이들 지역간 원활한 전력수급을 위하여 지역간 융통 전력인 북상조류가 형성되고 있다. 전력계통 기간망인 345kV 이상 송전선로는 이미 중부하로 운전되고 있으며 융통전력인 북상조류가 전압 안정도에 제약을 받고 있는 실정이다. 더욱이, 대용량 전력수송을 위하여 765kV 송전선로를 운영하지만, 송전선로 사고에 대한 계통 과급효과가 매우 큰 단점이 있다. 이를 보완할 송전설비 증설은 입지난 등으로 갈수록 어려워지고 있으며, 계통의 편제화로 인한 전압안정도 문제는 전 계통에 심각한 영향을 미칠 수 있다[1]. 최근 발생한 세계적인 대규모 정전사태(스웨덴, 덴마크, 이탈리아, 미국 및 캐나다)의 분석결과 무효전력의 부족이 주요 원인으로 알려져 있다[2][3][4]. 그러므로 무효전력은 전력계통의 안전성 및 신뢰성 향상에 매우 중요하다. 특히, 전력계통의 무효전력 손실량은 유효전력보다 약 10배 이상 많은 것으로 알려져 있으므로 계통에서 필요한 무효전력을 적절히 공급하는 것이 매우 중요하다. 무효전력은 특성상 원거리에서 공급될 수 없기 때문에 결과적으로 무효전력이 요구되는 인근에서 공급되는 것이 바람직하다[6]. 전압안정도 향상을 위하여 수행되는 전력 계통 전압제어는 무효전력을 생산 또는

소비하거나 무효전력을 선로를 통하여 공급함으로써 이루어진다. 이를 위하여, OLTC, 병렬 커패시터(S.C), 병렬 리액터(Sh-R), 직렬 커패시터 등을 활용하여 왔다. 최근에는 전력전자기술을 이용하여 기존 설비들의 단점(속응성, 불연속성 등)을 개선한 SVC(Static VAr Compensator), TCSC(Thyristor Controlled Series Capacitor), STATCOM(Static Synchronous Compensator), UPFC(Unified Power Flow Controller) 등 FACTS 설비들에 대한 적용이 활발하다.

2009년 현재 국내 계통에는 154kV 강진변전소에 UPFC, 345kV 양주 변전소에 100MVA SVC가 운전중에 있으며, 2009년 상반기 상용운전을 목표로 동서울 변전소에 200MVA SVC 설비가 설치중에 있다. 또한 2010년에는 미금 변전소에 100MVA STATCOM 설치운전할 예정이다. SVC와 STATCOM은 계통에 병렬로 연계되며 고속의 연속적인 전압 제어를 통하여 무효전력을 보상하고 모션 전압 제어를 가능하게 한다. 또한 이를 통하여 과도안정도 향상, 전력동요 억제, 저주파진동 억제 등의 기능을 수행한다. SVC가 기존의 병렬 커패시터 및 리액터에 전력전자기술을 접목한데 반해, STATCOM은 전압원 인버터로 전압제어를 수행하므로 소형화 및 고성능화가 가능한 장점이 있다. 그러나 SVC의 경우도 대용량화와 가격에서 장점이 있으므로 전력계통에 적용은 계속될 예정이다. SVC와 같은 계통제어 설비들이 실제계통에 적용은 사전에 충분한 계통계획에 의해 검토되지만, 설치시점에서의 운용전략 수립을 위한 계통 검토가 필수적으로 요구된다. 특히, 우리나라 전력계통의 765kV 선로 고장시 전압불안정의 가능성이 존재하므로 순동무효전력설비의 설치가 요구되며, 고장대비 최적의 위치로

† 교신저자, 정회원 : 한전 전력연구원 선임연구원

E-mail : yoonjs@kepri.re.kr

\* 정 회 원 : 한전 전력연구원 선임연구원

접수일자 : 2009년 3월 9일

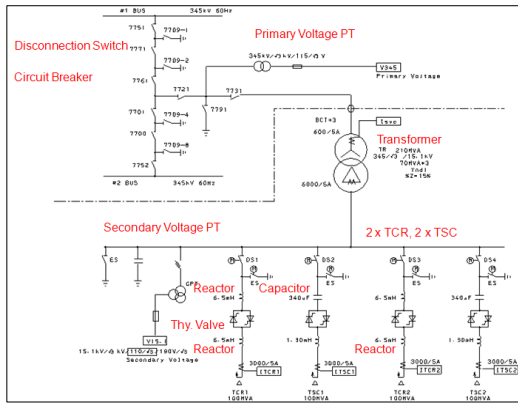
최종완료 : 2009년 10월 22일

는 동서울 변전소가 선정되었다. 본 논문은 2009년 동서울 변전소에 설치운전 예정인 345kV 200MVA SVC 시스템의 상시 계통전압 안정화 및 765kV 선로 등 주요선로 고장시 광역의 정전 방지 목적을 달성하기 위한 다양한 운용전략 검토 조건중 융통전력 측면에서 계통영향성 평가를 수행한 결과이다.

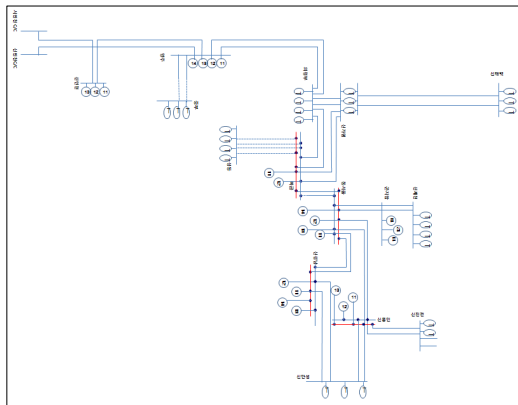
2. SVC 기능 및 구조

2.1 SVC 설비 구성

동서울 변전소 345kV 200MVA SVC의 기본적인 구성은 그림 1과 같다. 100MVar TSC(Thyristor Switched Capacitor) 2대와 100MVar TCR (Thyristor Controlled Reactor) 2대로 구성되어 있고, 고조파 필터는 별도로 설치되어 있지 않다. 동서울 SVC의 기본적인 운전을 위한 사양은 표 1과 같다.



(a) Schematic diagram of Dongseoul SVC



(b) Neighbouring networks of Dongseoul substation

그림 1 동서울 200MVA SVC 시스템  
Fig. 1 Dong-seoul SVC System

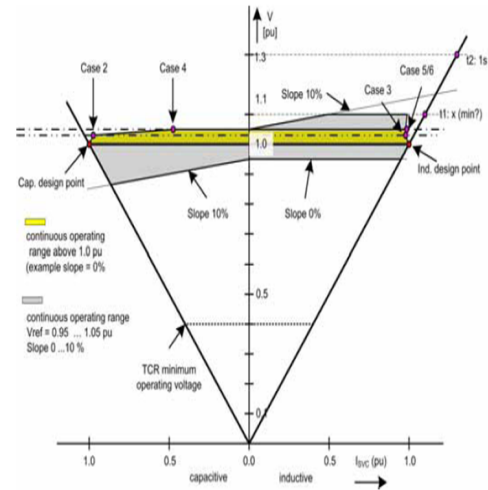
그림 2는 SVC의 운전특성을 나타내는 V-I 특성 그래프인데 회색부분이 동서울 SVC 출력 제어가능 범위이다. 각 운전점(Case)에 따른 SVC 출력값이 그림 2에 나타나 있다. Case 1~3은 Slope가 0%일때 출력량을 나타내는데 Case 1은 무부하시 모션전압을 353kV으로 유지하도록 하며, Case

2와 3은 최대 유도 및 용량성 출력이다. Case 4~6은 Slope를 1 ~10% 조정 했을때와 시스템 하드웨어의 설계측면에서의 출력 한계치를 나타낸다.

표 1 동서울 SVC 운전조건

Table 1 Operating condition of Dongseoul SVC

정격 1차 전압	353kV
최대/최소 연속 1차 전압	362kV(1.05pu) ~ 313kV(0.91pu)
연속운전 주파수	60Hz ± 0.5Hz
정격 연속 용량성 무효전력	200MVAr at 1.0pu
정격 연속 유도성 무효전력	206MVAr at 1.05pu
정격 유도성 무효전력	200MVAr at 1.0pu
전압 기준치 ±10%	327 ~ 362kV
Slope 범위	1 ~ 10%



운전점	운전 상태	전압 및 출력
Case 1	No load	U=353kV
Case 2	Rated capacitive load	U=353kV Q=-200MVAr
Case 3	Rated inductive load	U=353kV Q=+200MVAr
Case 4	Capacitive load at high voltage	U=362kV Q=-100MVAr
Case 5	Inductive load at high voltage	U=362kV Q=+206MVAr
Case 6	Inductive load when current limiting	U=362kV Q=+206MVAr

그림 2 동서울 SVC의 제어특성

Fig. 2 VI-Characteristics of Dongseoul SVC

2.1 제어시스템

그림 3은 동서울 SVC의 제어 다이어그램을 나타낸다. 동서울 SVC의 주요 제어기는 자동 전압제어기(Voltage

Control Mode), 서셉턴스 제어기(Constant Susceptance Mode), 계통 안정화 보조 제어기(Supplementary Control Function)이다. 자동 전압제어기는 SVC의 주 제어기로서 모선전압에 대한 제어 설정치(Vref)를 모선전압 측정치와 비교하여 PI-제어기를 통하여 전압 안정화(Regulation)제어를 수행한다. 서셉턴스 제어기는 전압제어기의 하부 제어기로서 전압제어기로부터의 출력을 받아 SVC가 출력할 서셉턴스를 계산하고 사이리스터 점호각을 출력한다. 계통 안정화 보조 제어기는 계통의 동요(Damping) 억제 제어를 위해 사용할 수 있으나 동서울 SVC에서는 선택사항으로 남겨 놓았다.

그림 4는 그림 3의 PI-제어기를 PSS/E를 이용한 안정도 해석을 위하여 PSS/E SVC 제어 모델로 변환한 모습이다. 본 논문에서 사용한 SVC 제어모델은 CSVGN1 모델이다. CSVGN1모델에서는 기준전압(Vref)과 제어대상 모선 전압과의 오차신호를 Lead-Lag 제어기를 통하여 전체 SVC의 서셉턴스 량을 변화시켜 전압유지를 수행한다.

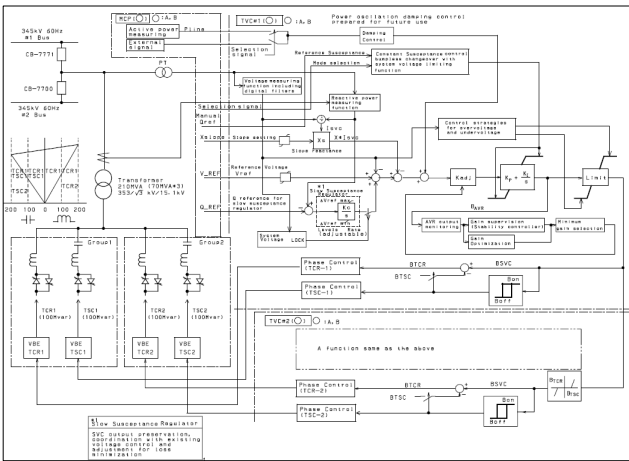


그림 3 동서울 SVC 제어블록  
Fig. 3 Control block of Dongseoul SVC

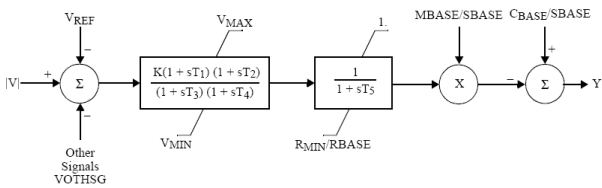


그림 4 동서울 SVC 동적모델 (CSVGN1)  
Fig. 4 PSS/E dynamic model of Dongseoul SVC(CSVGN1)

2.3 SVC 운전전략

우리나라 전력계통은 수도권 지역의 부하집중과 비수도권 지역의 발전력 편중으로 북상선로를 통하여 공급되는 용통전력량에 의해서 안정도가 상당한 제약을 받고 있다. 따라

서 용통전력량의 변동분을 동서울 SVC의 설치효과라고 설정하고 평가하였다. 본 논문의 검토조건에서 동서울 SVC의 기본적인 운전모드는 자동전압제어(Vref) 운전모드로 하며, 765kV 선로를 포함한 북상선로 고장시 전압안정도를 유지할 수 있도록 순동의 무효전력을 제어하도록 한다. 이를 위해서 우선적으로 SVC 운전을 위한 전압제어 설정치(Vref)에 대한 선정과 인근의 정지형 무효전력보상설비, 즉 커패시터, 리액터 및 변압기 ULTC의 협조운전 방안과 같은 종합적인 운전전략이 필요하게 된다.

상기에서 기술한 바와 같이, 국내계통은 전압안정도의 제약으로 인하여 수도권 지역으로의 북상선로에서 용통전력이 결정되고 있으므로, 상시 SVC 운전전략은 주요한 북상선로에서 고장이 발생하는 비상시에 대비한 순동무효전력 예비력 확보에 두었다. 이를 위해서 SVC 전압 설정치를 계통 전압보다 낮게, 즉 SVC가 일정한 유도성(Inductive) 출력을 발생하도록 하는 것이 필요하다. 즉, SVC의 운전점을 사전에 유도성 영역으로 변경함으로써, 순동무효전력 예비력을 확보할 수 있으며, 이는 곧바로 전압안정도의 여유가 증가되어 용통전력의 증가로 나타나게 된다. 따라서 본 논문에서는 동서울 SVC의 전압제어 설정치(즉, 무효전력 운전량 설정치)에 따른 계통조건별 북상선로의 용통전력량과 동적안정도를 검토하였다. 다만, 용통전력만으로는 동서울 변전소 인근에 설치 운전중인 양주SVC 등을 포함한 FACTS 설비의 운전특성을 파악하는 것은 어렵다는 단점을 갖고 있다. 따라서, FACTS 기기가 설치된 국내계통을 검토하기 위해서는 추가적으로 계통의 지역적인 특성을 파악할 수 있는 무효전력 해석기법 등과 같은 추가적인 평가기법이 필요하다.

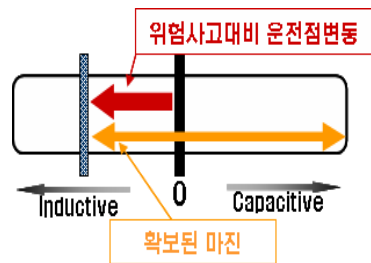


그림 5 동서울 SVC 운영전략  
Fig. 5 Operation scheme of Dongseoul SVC

3. 사례 연구

본 논문에서 검토된 계통은 동서울 SVC의 운전이 계획되었던 시점의 총 발전력 61,547MW, 총 부하 60,573MW의 2008년 계통 데이터를 사용하였다. 동서울 SVC가 투입/운영됨에 따라 계통에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 동서울 SVC 투입전후의 용통전력의 변화량을 검토하였고, 이때의 동서울 변전소 인근의 주요 모선전압, 조류량과 주요선로 고장시의 동적안정도를 검토하였다.

3.1 기본 계통

사례분석은 동서울 변전소의 인근 송전선로에서 기본계통, 정상운전 계통 및 상정고장 계통에 대해 조류변화를 검

토하였다. 여기서, 기본계통은 Base Case를 의미하며, 정상 운전 및 상정고장은 북상선로를 통하여 수도권으로 전력을 최대 용통하기 위한 조건으로, 정상운전은 고장이 없는 경우에 전력을 최대 용통하고, 상정고장은 가장 심각한 고장이 발생한 경우에 전력을 최대 용통하는 시나리오를 의미한다. 여기서, 가장 심각한 상정고장은 345kV 아산T/L 2회선 고장이며, 765kV 신서산 및 신태백 T/L 고장은 1회선만을 상정하여 검토하였다. 검토결과 동서울 SVC 투입전에는 북상선로를 통해서 수도권으로 최대 용통전력은 기본계통 9,882MW에서 아산T/L 2회선 고장시 13,372MW(정상운전 13,840MW)로 증가함으로써, 약 3,490MW의 용통전력 여유가 발생하여, 결과적으로 고장으로 인하여 약 468MW의 용통전력이 정상운전 계통에 비해 감소하였다.

표 2 북상선로 용통전력

Table 2 Maximum allowable transmission power

북상 선로	용통전력[MW]		
	기본계통	정상운전	상정고장
신진천3(4800) - 신안성3(4100)	1,506	340	404
신온양3(4850) - 서서울3(4600)	236	1,620	3,040
신계천3(5700) - 곤지암3(4750)	260	1,242	1,222
아산3(6950) - 화성3(4400)	1,784	3,000	X
신태백7(5010) - 신가평7(1020)	1,852	2,878	2,928
신서산7(6030) - 신안성7(4010)	4,244	4,760	5,778
합 계	9,882	13,840	13,372

3.2 동서울 SVC 운전 계통

3.2.1 검토사례 1

검토사례1은 동서울 SVC의 모선전압을 353kV 즉, 0MVar 무효전력을 발생하도록 설정하였다. 검토결과 동서울 SVC가 투입되면 북상선로를 통해 수도권으로 공급되는 최대 용통전력은 기본계통 9,874MW에서 아산T/L 2회선 고장시 13,412MW(정상운전 14,036MW)로 증가함으로써, 약 3,538MW의 용통전력 여유가 발생하였으며, 결과적으로 고장으로 인하여 약 624MW의 용통전력이 정상운전에 비해 감소하였다.

표 3 북상선로 용통전력

Table 3 Maximum allowable transmission power

북상 선로	용통 전력[MW]		
	기본계통	정상운전	상정고장
신진천3(4800) - 신안성3(4100)	1,504	326	346
신온양3(4850) - 서서울3(4600)	236	1,638	3,074
신계천3(5700) - 곤지암3(4750)	260	1,316	1,248
아산3(6950) - 화성3(4400)	1,784	3,016	X
신태백7(5010) - 신가평7(1020)	1,848	2,984	2,944
신서산7(6030) - 신안성7(4010)	4,242	4,756	5,800
합 계	9,874	14,036	13,412

3.2.2 검토사례 2

검토사례2는 동서울 SVC의 모선전압을 351kV 즉, -200MVar 무효전력을 발생하도록 설정하였고, 이때의 검토 결과로 동서울 SVC가 투입되면 북상선로를 통해 수도권으로 공급되는 최대 용통전력은 기본계통 9,870MW에서 아산 T/L 2회선 고장시 13,420MW(정상운전 14,222MW)로 증가함으로써, 약 3,550MW의 용통전력 여유가 발생하였으며, 결과적으로 고장으로 인하여 약 802MW의 용통전력이 정상운전에 비해 감소하였다.

지금까지의 검토사례로 보면, 최대의 순동무효전력을 확보하기 위해서는 351kV로 SVC의 운전점을 설정할 필요가 있지만, 용통전력 측면에서는 353kV로 운전하는 경우와 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한, 동서울 변전소 인근의 주요 송전선로 조류량은 상정고장시 미금-동서울간 345kV T/L(정격의 최대 86%)를 제외하면 대부분의 송전선로에서 적정하게 운전되는 것으로 검토되었다.

표 4 북상선로 용통전력

Table 4 Maximum allowable transmission power

북상선로	용통전력[MW]		
	기본계통	정상운전	상정고장
신진천3(4800)-신안성3(4100)	1,502	314	348
신온양3(4850)-서서울3(4600)	236	1,656	3,062
신계천3(5700)-곤지암3(4750)	262	1,382	1,256
아산3(6950)-화성3(4400)	1,786	3,032	X
신태백7(5010)-신가평7(1020)	1,848	3,084	2,948
신서산7(6030)-신안성7(4010)	4,236	4,754	5,806
합 계	9,870	14,222	13,420

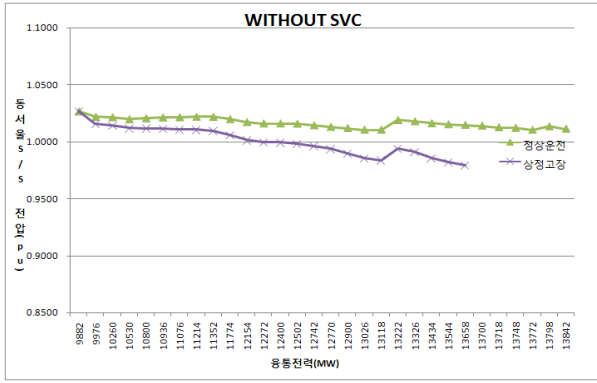
3.2.3 검토결과

동서울 변전소에 ±200MVA SVC를 설치, 운영효과를 검토한 결과, 순동무효전력 확보에 따른 용통전력은 아래의 표 5에서 보여주고 있다. 용통전력 측면에서 동서울 SVC가 운영되면 최대 용통전력은 약 0.36%(48MW) 증가되는 효과가 있으며, 동서울 SVC의 운전모드에 따라 약 8MW의 용통전력량의 변화가 있었다. 특히, 765kV 신태백 T/L 고장을 대비하여 순동무효전력을 보다 많이 확보하기 위해서는 동서울 변전소의 SVC 운전전압을 353kV에서 351kV (1.01739pu)로 변경하여 운전할 필요가 있는 것으로 검토되었다. 결과적으로, 동서울 SVC의 설치, 운전으로 북상선로의 용통전력량이 증가하여 송전선로의 제약비용을 절감할 수 있고, 또한 비상시 계통전압 안정화 및 광역정전을 예방할 수 있다.

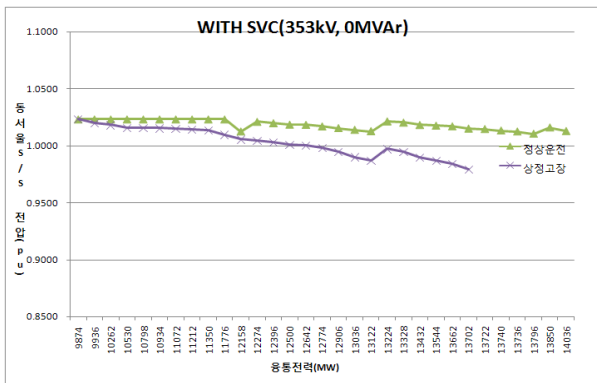
표 5 검토사례 용통전력 변화

Table 5 Change of maximum allowable transmission power

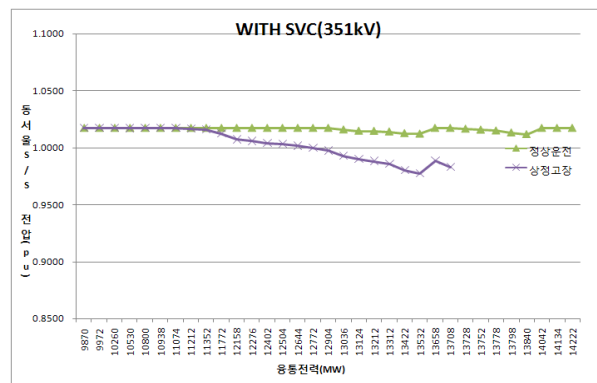
	전압설정치 (동서울S/S)	용통전력[MW]		
		기본계통	정상운전	상정고장
SVC 투입전	1.02319(353kV)	9,882	13,840	13,372
SVC 투입후 [0MVar]	1.02319(353kV)	9,874	14,036	13,412
SVC 투입후 [-200MVar]	1.01739(351kV)	9,870	14,222	13,420



(a) Base Case



(b) SVC output, 0MVAR



(c) SVC output, -200MVAR

그림 6 전압-용동전력 곡선

Fig. 6 f-v curve

3.3 과도안정도분석

과도안정도 검토는 최대 용동전력을 공급하는 운전조건의 계통을 대상으로 하며, 검토된 상정고장으로서는 345kV 아산 T/L 2회선 고장과, 765kV 신태백 T/L 1회선 고장시 동서울 SVC의 응답특성을 검토하였다. 다만, 765kV T/L의 상정고장시 충전용량에 의한 전압상승을 억제하기 위한 병렬리액터는 고려하지만, 765kV 선로에 충전전류가 존재하므로 고속의 재폐로시 충전전류를 대지로 방출한 이후에 재폐로 하도록 하는 고속도접지개폐기(HSGS, High Speed Ground Switch) 운용이 필요하나, 개폐 썬어지의 영향으로 인한 차단기의 오부동작은 고려하지 않기 때문에 본 검토에서는 제외하였다.

SVC 설치 운전애 다른 계통의 영향성 평가

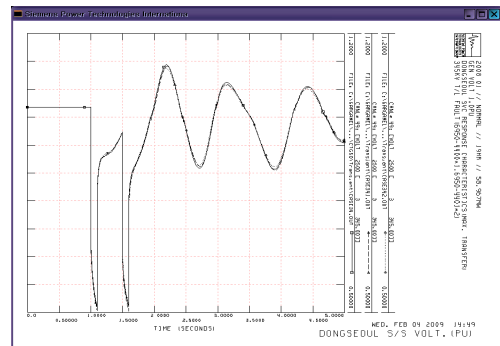
3.3.1 모의내역

표 6 과도안정도 모의내역

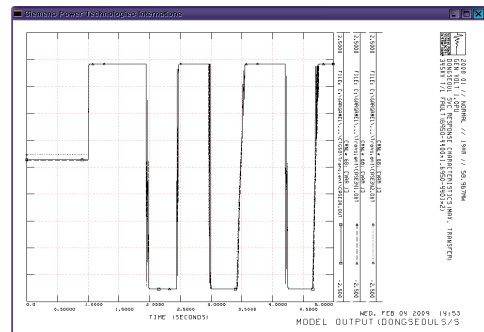
Table 6 Case study for transient stability

	상정고장	안정도	비 고
Case 1	아산 T/L 345kV 2회선	안 정	SVC 설치전
Case 2	신태백 T/L 765kV 1회선		
Case 3	아산 T/L 345kV 2회선	안 정	SVC 설치후 (0MVar)
Case 4	신태백 T/L 765kV 1회선		
Case 5	아산 T/L 345kV 2회선	안 정	SVC 설치후 (-200MVar)
Case 6	신태백 T/L 765kV 1회선		

3.3.2 모의결과



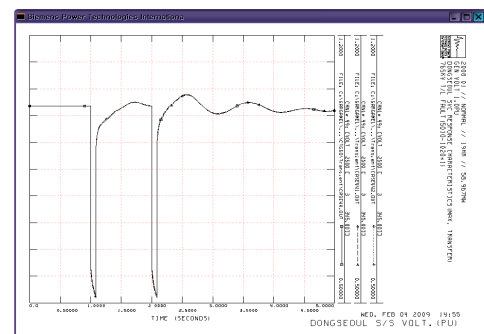
(a) Bus voltage



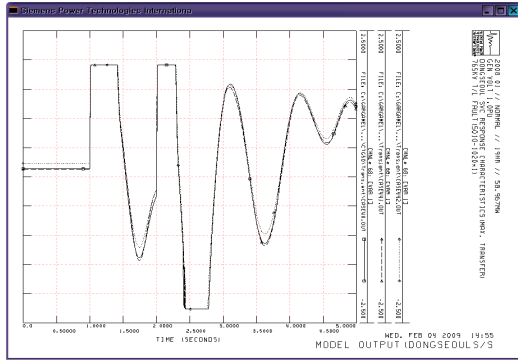
(b) SVC model output

그림 7 345kV 아산T/L 2회선 고장시(Case1, Case3, Case5)

Fig. 7 345kV Asan T/L faults(Case1, Case3, Case5)



(a) Bus voltage



(b) SVC model output

그림 8 765kV 신태백T/L 2회선 고장시(Case2, Case4, Case6)  
 Fig. 8 345kV Sintaebaek T/L faults(Case2, Case4, Case6)

### 3.3.3 검토결과

본 논문에서 검토한 계통은 최대의 용통전력을 공급하는 운전조건으로 모든 검토계통에서 주요한 상정고장에 대해 안정한 것으로 검토되었다. 그림 7~8에서는 상정고장이 발생하고 재폐로가 성공적으로 투입되었을 때, 동서울 변전소의 전압과 SVC 출력을 나타내고 있으며, 345kV 아산T/L 2회선 고장이 765kV 신태백T/L 1회선 고장에 비해 모션전압 및 SVC 출력이 크게 변동하고 있지만, 계통의 안정도를 유지할 수 있음을 보여주고 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 765kV 설비고장 등 계통무효전력 수급 불균형에 대비하고, 아울러 정상운전 및 상정고장시 안정도 향상을 목적으로 동서울 SVC를 설치하여 무효전력을 공급하는 방안을 적용하고, 그 효과를 검토하였다. 무효전력 보상 설비로는 병렬커패시터, STATCOM, SVC를 설치, 운용하는 방안을 검토할 수 있으나, 전압안정도와 무효전력 보상을 위하여 현재 운용중인 병렬커패시터와 리액터 등의 전압보상 설비가 갖는 비속응성과 불연속성을 해결할 수 있고, STATCOM에 비하여 경제적인 SVC를 계통에 설치, 운용하는 방안을 검토하였다. 이러한 무효전력 보상설비가 전력계통에 적절히 적용되는 경우에 전압안정도가 향상됨을 지역간 최대 용통전력을 통해서 확인하였다. 즉, 지역간 용통전력 결정시 전압안정도가 제약조건으로 대두되는 경우, 전압안정도를 향상시킴으로써 지역간 최대 용통전력을 증가시킬 수 있음을 보였다. 본 검토에서 SVC는 신속한 무효전력 조정이 연속적으로 가능하고 계통고장에 대비한 순시적인 대응능력이 있으며, 특히 용량성 무효전력 공급뿐만 아니라 유도성 무효전력공급이 가능하므로 경부하시 발생가능한 과전압을 규정전압 이내로 유지할 수 있는 것으로 검토되었다. 이와 같이 SVC는 순시 응답특성이 매우 우수하므로, 상대적으로 커패시터나 리액터에 의한 무효전력 보상에 비해 높은 투자비가 필요할지라도, 대규모 전력계통의 안정적인 운전과 효율적인 계통운용을 위해서는 반드시 일정수준 이상 신속한 응답특성 및 연속동작이 가능한 무효전력 보상설비

가 필요함을 알 수 있었다. 사례연구 결과, 동서울 SVC를 계통에 설치, 운영함으로써 효과적으로 안정도 및 지역간 용통전력의 향상결과를 얻을 수 있고, 또한 동서울 SVC 전압 설정치 운전모드에 따라 최대 용통전력량의 차이가 있음을 보였다. 즉, 동서울 SVC의 설치, 운영에 따른 안정도 마진이 증가함을 알 수 있다. 향후, 동서울 변전소내 기존 전압 제어 설비들과의 협조제어와 인근지역의 순동무효전력원인 양주 SVC, 미금 STATCOM 등의 협조제어 방안도 검토할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] "IT 기반의 대용량 전력수송 제어시스템", 중간보고서, 전력연구원, 2008
- [2] C.W.Taylor, "The August 14, 2003 Cascading power failure", IFAC symposium on power plants and power system control, 2003.
- [3] R.Krebs, E.Lerch, O.Ruhle, S.Gal, F. Lazar, D.Paunescu, "Vision 2020: Blackout prevention by combined protection and network security assessment", Power and Energy Society General Meeting, 2008
- [4] G.Andersson, P.Donalek, R.Farmer, N.Hatziaargyriou, I.Kamwa, P.Kundur, N.Martins, J.Paserba, P.Pourbeik, J.Sanchez-Gasca, R.Schulz, A.Stankovic, C. Taylor, and V.Vittal, "Causes of the 2003 Major Grid Blackouts in North America and Europe, and Recommended Means to Improve System Dynamic Performance", IEEE Transaction on power systems, Vol. 20, No. 4, 2005
- [5] "Understanding FACTS", N. G. Hingorani, L. Gyugyi, IEEE Press, 2000

## 저 자 소 개



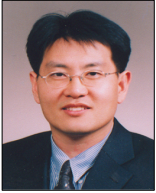
### 윤 종 수 (尹 鍾 秀)

1968년 5월 30일생, 1993년 경북대 전기공학과 졸업, 1996년 동 대학원 졸업(석사), 2005년 동 대학원 박사과정수료, 발송배전기술사, 1993년~1996년 한전 대구전력관리처 직원, 1996년~현재 한전 전력연구원 선임연구원



**김 용 학 (金 容 鶴)**

1968년 8월 31일생, 1994년 전남대 전기 공학과 졸업, 1996년 동 대학원 졸업(석사), 2002년 동 대학원 졸업(박사), 1996년~현재 한전 전력연구원 선임연구원



**김 수 열 (金 守 烈)**

1968년 2월 29일생, 1990년 중앙대 전기 공학과 졸업, 1995년 동 대학원 졸업(석사), 1995년~현재 한전 전력연구원 선임연구원