

# TCR 방식을 적용한 저압 SVC 현장적용

강창섭\*\*  
대영전력 대표

## Low voltage SVC applied to the field application of the TCR scheme

Chang Seop Kang

### ABSTRACT

#### 1. 서 론

배전선의 전압은 부하의 변동에 의해서 상시 변화하고, 장거리 선로에서의 말단부근에서는 큰 부하변동이 있다면 그 현상은 매우 심하다. 이와 같은 부하변동은 순간접압강하, 플리커의 원인으로 된다. 또한 일렉트로닉스를 응용한 정밀, 고감도를 요구하는 기기에서는 이러한 전압변동의 영향을 쉽게 받는다. 수용가에서는 배전계통의 전압 안정화를 강하게 요구하고 있다. 따라서 종래방식의 전압조정기(SVR : Step Voltage Regulator)는 전일 부하변동 등에 동반하는 완만한 전압변동에 대응할 목적으로서 사용되기 때문에 순간적인 상황변화에 대응하는 전압조정에는 불가능하다. 종래의 SVR의 전압조정기능에 추가하여 계통의 무효전력을 고속으로 제어 가능한 Power Electronics 기술을 응용한 정지형 무효전력보상장치(SVC : Static VAR Compensator)가 개발되어 적용되고 있다.

- 배전계통의 전압은 주야간, 평일, 휴일 및 계절적 요인의 부하 상황에 따라 변화하고, 그 조정방법으로서는 종래부터
- ① 배전선로의 전선 굵기를 크게 하여 임피던스 저감
  - ② 전압조정기(SVR)의 설치 등으로 사용되고 있다.

최근의 전자기기의 보급에 수반하여 높은 전력품질의 요구가 증가되고 있는 가운데 전원의 원격화, 자연 에너지를 이용한 태양광발전, 풍력발전 등의 계통연계에 대해서도 요구되고 있는 배전계통의 전압안전운용이 곤란해지고 있다. 설비형태, 운용의 관점에서 전압안정화기술에는 Cost down과 품질확보의 양면에서 높은 수준의 균형이 요구된다. 한편 Power Electronics 기술의 진보에 수반하여 순간적인 무효전력의 제어가 가능한 SVC의 상위계통의 적용이 진전되고 있다. SVC에는 Thyristor의 스위칭과 위상제어로 자신이 보유하고 있는 무효전력량을 조정하는 TSC(Thyristor Switched Capacitor), TCR(Thyristor Controlled Reactor)방식, 인버터에서 계통에 유입되는 무효전력을 능동적으로 조정하는 SVG(Static Var Generator)가 있다.

#### 2. 정지형 무효전력보상장치의 개요

무효전력보상장치는 지상 무효전력과 진상무효전력을 개폐하는 장치로 개폐 방식에는 점점방식과 무점점방식이 있다.

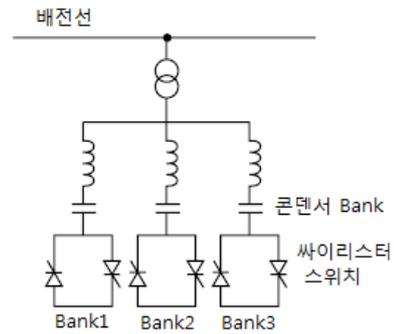
점점방식은 투자비가 경제적인 반면, 점점마모로 제어횟수에 제한이 있고, 동작속도가 늦은 단점이 있다.

무점점방식은 전력용 반도체소자인 Thyristor 및 IGBT를 이용하여 무효전력을 조정하므로 속도가 빠르고, 점점마모의 염려가 없다.

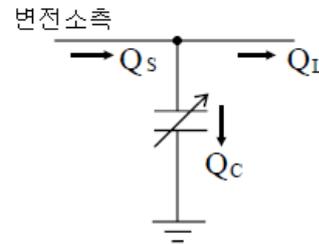
#### 2.1 SVC 방식별 비교

##### 2.1.1 TSC(Thyristor Switched Capacitor)

###### 1) 회로 구성도



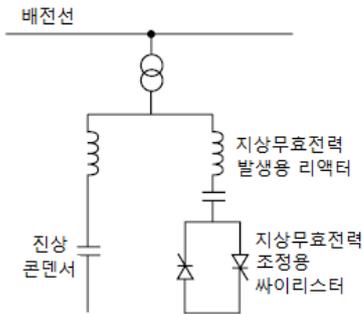
###### 2) 동작원리



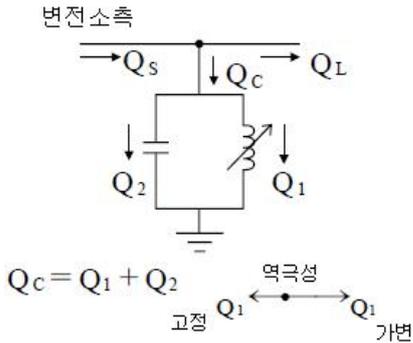
각 बैं크에 직렬로 접속한 Thyristor의 On/Off에 의하여 계통에 접속되는 콘덴서의 용량을 조정한다.

##### 2.1.2 TCR(Thyristor Controlled Reactor)

###### 1) 회로 구성도



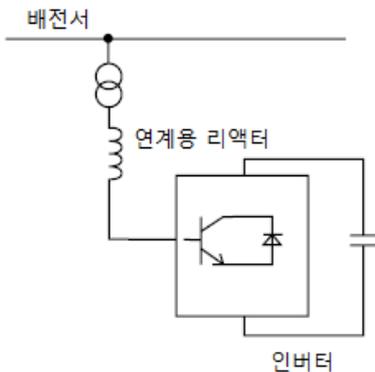
2) 동작원리



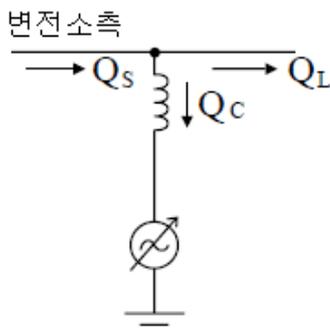
진상콘덴서의 용량  $Q_2$ 는 고정으로 하고, 리액터에 흐르는 지상 무효전력  $Q_1$ 을 Thyristor의 위상제어에 의하여 조정한다. 장치의 무효전력  $Q_c$ 는 합성으로 된다. 지상에서 진상까지 연속 가변이 가능하다.

### 2.1.3 SVG(Static Var Generator)

1) 회로 구성도



2) 동작원리



계통전압과 인버터의 출력전압 차에 의해 연계 리액터에 흐르는 무효전력을 조정한다.

## 3. 현장적용

### 3.1 설치 현황

ABS2 S/S, 440V 300kVAR SVC

변전실	변압기 용량	콘덴서 용량	직렬리액터 용량	목표 역률
ABS 2	3,000 kVA	300kVAR	7%	90%
ABS 2	1,500 kVA	300kVAR	7%	90%

### 3.2 측정자료 요약

항목	Without SVC	With SVC	결과
전압	436V	437V	1V 상승
전류	890A	760A	130A 저감
유효전력	608kW	567kW	41kW 저감
피상전력	704kVA	607kVA	97kVA 저감
무효전력	356kVAR	214kVAR	142kVAR 저감
역률	86.2%	93.5%	7.3% 상승
고조파 VTHD	2.63%	2.48%	공진 현상 없음

### 3.3 측정자료

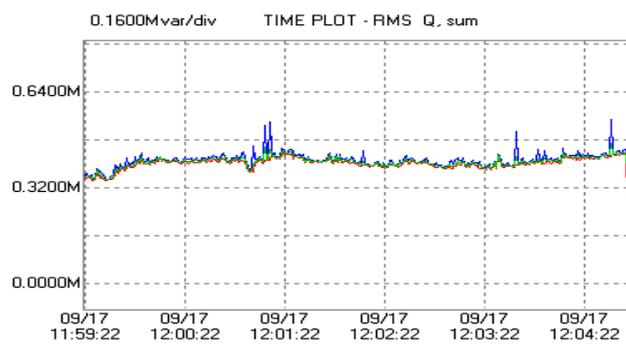
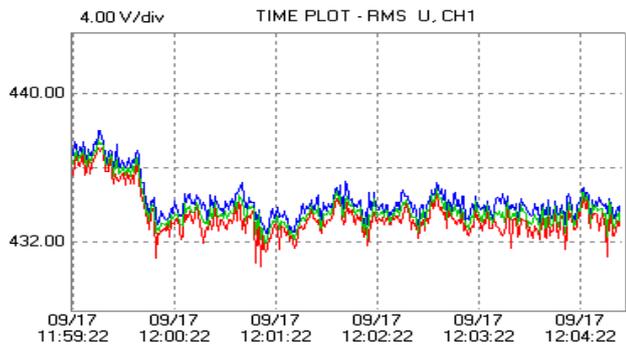
1) Without SVC Digital Multi Meter

DMM [No.2 09/17 11:59:21.042 Ext [Start]]					
POWER		VOLTAGE		CURRENT	
P1	0.1954MW	U1	436.33 V	I1	0.8905kA
P2	0.2077MW	U2	436.15 V	I2	0.9473kA
P3	0.2051MW	U3	434.77 V	I3	0.9639kA
Psum	0.6082MW	THD-U1	2.63 %	THD-I1	18.28 %
S1	0.2238MVA	THD-U2	2.70 %	THD-I2	18.03 %
S2	0.2388MVA	THD-U3	2.68 %	THD-I3	18.14 %
S3	0.2422MVA	Upk+1	0.5993kV	Ipk+1	1.485kA
Ssum	0.7049MVA	Upk+2	0.5990kV	Ipk+2	1.570kA
Q1	0.1092Mvar	Upk+3	0.5993kV	Ipk+3	1.661kA
Q2	0.1179Mvar	Upk-1	-0.5987kV	Ipk-1	-1.475kA
Q3	0.1289Mvar	Upk-2	-0.5982kV	Ipk-2	-1.567kA
Qsum	0.3560Mvar	Upk-3	-0.5984kV	Ipk-3	-1.665kA
PF1	0.8729	Uave	435.75 V	KF1	2.06
PF2	0.8698	Uunb	0.23 %	KF2	2.02
PF3	0.8456			KF3	2.04
PFsum	0.8628			lave	0.9339kA
				lunb	3.88 %

2) With SVC Digital Multi Meter

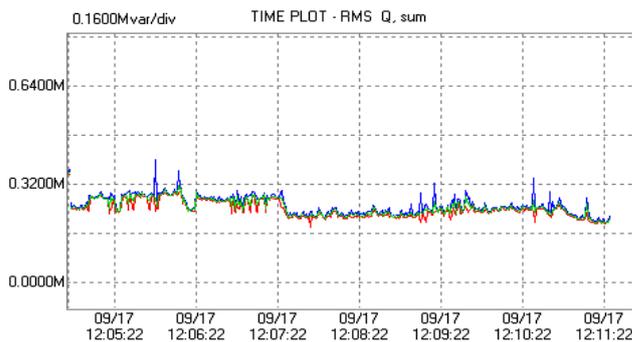
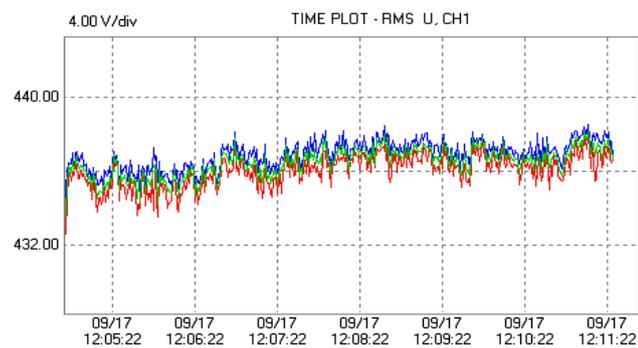
DMM [No.1 09/17 12:11:26.003 Ext [Stop]]					
POWER		VOLTAGE		CURRENT	
P1	0.1812MW	U1	436.73 V	I1	0.7608kA
P2	0.1969MW	U2	436.79 V	I2	0.8303kA
P3	0.1893MW	U3	435.15 V	I3	0.8184kA
Psum	0.5674MW	THD-U1	2.48 %	THD-I1	18.98 %
S1	0.1914MVA	THD-U2	2.51 %	THD-I2	17.92 %
S2	0.2096MVA	THD-U3	2.56 %	THD-I3	18.85 %
S3	0.2059MVA	Upk+1	0.6001kV	Ipk+1	1.202kA
Ssum	0.6069MVA	Upk+2	0.6002kV	Ipk+2	1.311kA
Q1	0.0615Mvar	Upk+3	0.6008kV	Ipk+3	1.363kA
Q2	0.0717Mvar	Upk-1	-0.5991kV	Ipk-1	-1.200kA
Q3	0.0811Mvar	Upk-2	-0.5989kV	Ipk-2	-1.295kA
Qsum	0.2144Mvar	Upk-3	-0.5996kV	Ipk-3	-1.349kA
PF1	0.9469	Uave	436.22 V	KF1	2.19
PF2	0.9396	Uunb	0.24 %	KF2	2.06
PF3	0.9192			KF3	2.19
PFsum	0.9350			lave	0.8032kA
				lunb	5.24 %

3) Without SVC 전압변동 트렌드



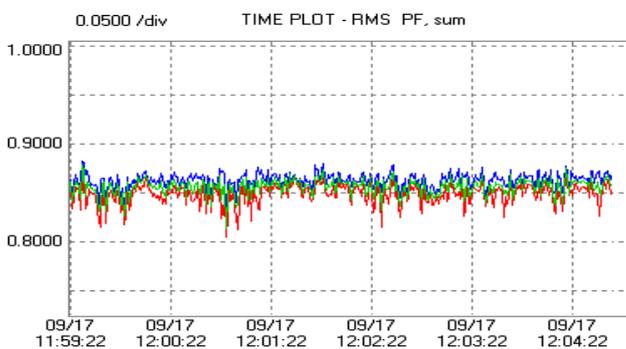
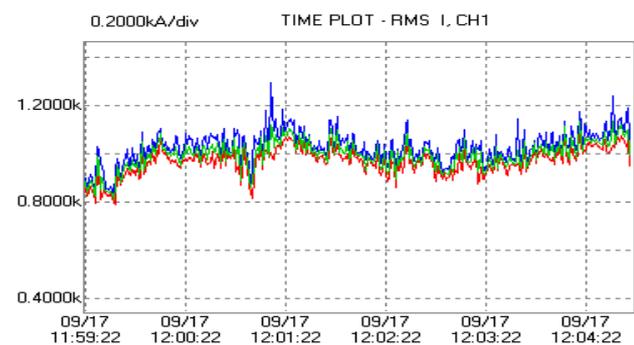
4) With SVC 전압변동 트렌드

8) With SVC 무효전력변동 트렌드



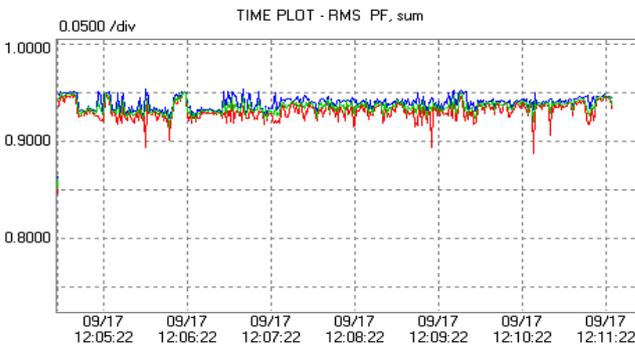
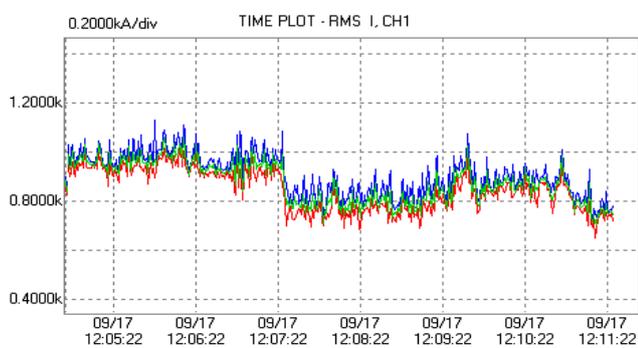
5) Without SVC 전류변동 트렌드

9) Without SVC 역률변동 트렌드



6) With SVC 전류변동 트렌드

10) With SVC 역률변동 트렌드



7) Without SVC 무효전력변동 트렌드

4. 결론

전압/전류 과형 및 고조파 THD 검토 결과, 콘덴서 투입에 의한 공진 현상 등 이상 현상 없음.  
운전 시 50kvar 3step이 자동 투입되었으며, 운전 후 약 142kvar 무효전력 저감으로 정상 동작 무효 전력에 의한 전압강하 해소, 약 1V 상승.  
SVC 운전으로 역률 93.5%로서 목표 역률 90% 이상을 지속적으로 유지

SVC 운전으로 피상전력 97kVA, 전류 130A 저감으로 변압기 여유율 상승

본 SVC는 배전선의 무효전력을 저감하여 역률을 개선하고, 전압안전화를 목적으로 현장의 배전선로에 설치하여 효과를 검증할 수 있었다.

향후 보상용량 및 특정부하에도 대응할 수 있는 제어 방식을 추가하여 응용성이 높은 장치로 성능향상을 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 愛知電機技報No.22, “配電線用 SVC의 改發 ”
- [2] NGK 리뷰 제58호, “靜止刑 無效電力補償裝置의 適用效果”
- [3] Janitza SVC, 현장적용 사례