

EMTP 시뮬레이션과 축소모형 실험에 의한 SSSC의 성능 해석

論 文

48A-5-6

New Performance Analysis of SSSC with EMTP Simulation and Scaled-model Experiment

姜中九*·韓炳文**

(Jung-Gu Kang · Byung-Moon Han)

Abstract - This paper describes performance analysis techniques for SSSC using computer simulations with EMTP and experiments with a hardware scaled-model. A switching-level simulation model with EMTP was developed for the SSSC connected in series with the transmission line. The increase of transmission capability and dynamic performance was analyzed with the simulation model. The simulation results were reverified by experimental works with a hardware scaled-model. The developed analysis techniques can be used for designing and evaluating actual system of SSSC.

Key Words : SSSC (Static Synchronous Series Compensator), EMTP (Electro-magnetic Transients Program), TACS (Transient Analysis of Control System).

1. 서 론

교류전력계통에 있어서 한 점에서 다른 한 점으로 전송되는 전력조류는 선로의 임피던스, 송·수전단의 전압, 양단전압의 위상차에 따라 결정된다. 따라서 전력조류를 조절하려면 위의 세 변수를 제어하여야 하는데 송·수전단의 전압은 절연내압에 의해 그리고 위상차의 최대치는 안정도에 의해 제한되고, 선로임피던스는 송전선이 한번 건설되면 고정값을 갖는다[1].

장거리 송전선에서 발생하는 전압강하를 캐패시터로 보상하여 전송전력을 증대하는 방법은 교류송전 초창기부터 제안되었으나 고정용량의 캐패시터를 사용할 경우 전력계통에 과도안정도를 저하시키고 저주파 공진을 야기시키는 문제로 사용이 제한되어왔다. Kimbark[2]은 기계식 스위치를 병렬로 연결한 다수의 캐패시터를 선로에 직렬로 삽입하고 계단식으로 캐패시터의 용량을 조절하여 선로를 보상하는 것을 제안하였다.

Edris, Agrawal, Ker[3,4,5]등은 다이리스터 제어 리액터와 캐패시터를 병렬로 연결한 정지형 무효전력 보상기를 선로에 직렬로 삽입하고 리액터에 흐르는 전류를 제어하여 선로를 보상하는 방법을 제안하였다. Gyugyi[6]는 전압원 인버터를 선로에 직렬로 삽입하고 선로전류와 위상이 90° 진상 또는 지상인 전압을 주입하여 선로를 보상하는 SSSC를 제안하였다.

SSSC는 선로의 리액턴스를 연속적으로 신속하게 조정하

여 전송용량을 증대 할 뿐 아니라 과도안정도를 개선하는 효과도 크다.

SSSC의 기본동작과 간단한 전력계통과의 동특성은 Sen[7]이 EMTP를 이용하여 분석한 바 있으나, SSSC를 TACS에 의해 조작되는 가변 전압원으로 취급하여 계통측면에서의 성능분석은 편리하나 전력전자측면에서의 실시시스템이 갖는 과도특성은 해석이 세부적이지 못한 단점을 갖는다. 본 논문에서는 2개의 6-펄스 전압원인버터를 병렬로 연결하여 그 출력이 TACS로 제어되는 SSSC를 구성하고 EMTP에 의한 시뮬레이션을 실시한다. 또한 시뮬레이션모델의 성능을 하드웨어적으로 검증하기 위해 축소모형을 제작하고 실험을 실시하여 얻은 결과를 시뮬레이션결과와 비교 검토한다.

2. SSSC 기본동작

SSSC를 송전선에 직렬로 삽입하여 선로의 리액턴스를 가감하는 원리를 그림 1에 보였다. SSSC는 전압원 인버터, 직류캐패시터, 주입변압기, 그리고 제어 및 펄스발생회로로 구성된다. 직류캐패시터는 지속적인 무효전력의 흡수와 공급을 위해 교류측과 직류측 단자간에 순시에너지의 평형을 유지하는 기능을 한다. 인버터에 의해 생성된 출력전압은 주입변압기를 통해 계통으로 인가되며, 선로에서 소모되는 무효전력의 양에 따라 보상 가능한 범위가 설정된다.

인버터에 의해 발생하는 전압 V_q 는 이상적으로는 선전류에 대해 90°의 위상차를 갖으나, 실제로는 인버터의 스위칭손실과 리액터 권선의 저항손실 때문에 위상차는 90°보다 큰 값을 갖는다. SSSC로 선로 리액턴스에서 발생하는 전압강하를 감소시키면 직렬로 캐패시터를 삽입하는 효과를 갖고, 증가시키면 직렬로 리액터를 삽입하는 효과를 갖는다. 수학적으로 선전류와 SSSC의 출력전압은 다음 관계를 갖는다.

* 準 會 員 : (株) 東 都 起 電 工 業 技 術 研 究 所 主 任 研 究 員

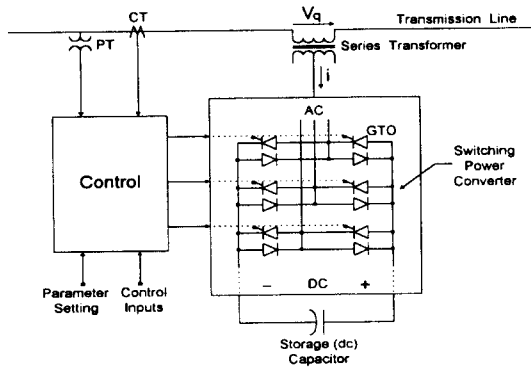
** 正 會 員 : 明 知 大 學 校 電 氣 情 報 制 御 工 學 部 副 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 1998年 12月 17日

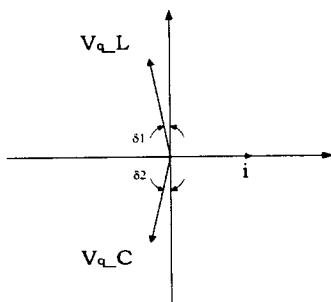
最 終 完 了 : 1999年 4月 13日

$$\overline{V}_q = V_q [\overline{I}/I] e^{\mp j\pi/2} \quad (1)$$

직렬보상의 크기를 조절하기 위해서는 점호각을 90° 보다 작은 값 또는 270° 보다 큰 값으로 하여 직류캐패시터의 전압을 낮추어 출력전압의 크기를 조절한다.



(a) 동작개념도



(b) 보상벡터도

그림 1. SSSC의 직렬보상 원리

Fig. 1. Operational principle of SSSC

3. SSSC 직렬보상

그림 2는 SSSC가 1기무한모선 송전계통에 삽입된 단상 등가회로를 나타낸 것이다.

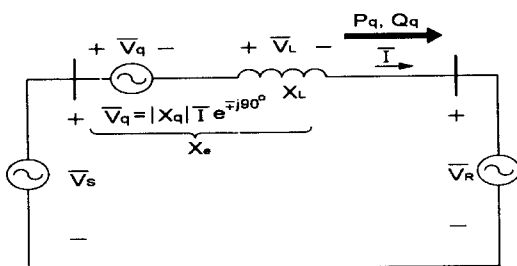


그림 2. SSSC와 1기무한모선 등가회로

Fig. 2. SSSC in symmetrical line

SSSC의 주입전압은 선로양단에 걸리는 전압에 가해지거나 감해져 송·수전 양단에 걸리는 유효전압이 바뀌고 선로에 흐르는 전류가 일정하다고 가정하면 결과적으로 선로 리

액턴스를 가변하는 결과를 얻는다. 따라서 SSSC가 보상하는 등가 리액턴스를 X_q 라고 하면 전송되는 유·무효전력은 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

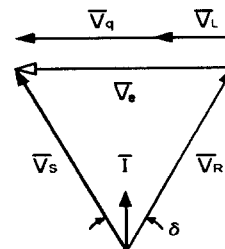
$$P_q = \frac{V^2}{X_e} \sin \delta = \frac{V^2}{X_L(1-X_q/X_L)} \sin \delta \quad (2)$$

$$Q_q = \frac{V^2}{X_e} (1 - \cos \delta) = \frac{V^2}{X_L(1-X_q/X_L)} (1 - \cos \delta) \quad (3)$$

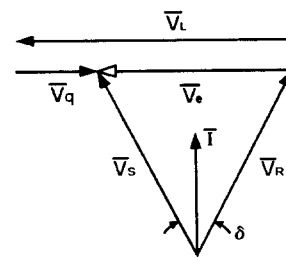
여기서, X_e 는 송·수전 양단의 리액턴스 값임.

그림 3은 SSSC가 리액터모드(L-모드)와 캐패시터모드(C-모드)로 동작 할 경우의 페이서도로 나타낸 것이다.

L-모드의 경우 송·수전 양단에 걸리는 전압은 V_L 과 V_q 의 합으로 나타난다. 따라서 선로 X_e 의 유효리액턴스 값은 증가하고 선전류는 감소한다. 반면에 C-모드의 경우 송·수전 양단에 걸리는 전압 V_e 는 V_L 과 V_q 의 차로 나타난다. 따라서 선로의 유효리액턴스 X_e 는 감소하고 선전류는 증가한다.



(a) L_mode 보상시



(b) C_mode 보상시

그림 3. SSSC의 보상 페이서도

Fig. 3. Phasor diagram of SSSC

SSSC에 의한 직렬보상은 캐패시터에 의한 직렬보상과 개념상으로는 동일하나 보상에 따른 고유특성은 캐패시터에 의한 직렬보상과 상이하다. SSSC는 선전류에 관계없이 송전선에 직렬로 보상전압을 주입함으로써 보상후 전송유효전력 P_q 는 주입된 전압의 함수로 표현되는데 그 유도과정은 다음과 같다. SSSC는 선로의 리액턴스를 보상하는 역할을 하므

로 등가 리액턴스와 송전전력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_q = V_q / I \quad (4)$$

$$P_q = \frac{V^2}{X_L - \frac{V_q}{I}} \sin \delta = \frac{V^2}{X_L(1 - \frac{V_q}{IX_L})} \sin \delta \quad (5)$$

IX_L 은 V_L 이므로 방정식 (5)을 다음 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_q = \frac{V^2}{X_L} \sin \delta \left(\frac{1}{1 - \frac{V_q}{V_L}} \right) \quad (6)$$

한편 그림 3의 페이스도에서 송전선로의 리액턴스에 걸리는 전압은 다음 식과 같다.

$$V_L = V_q + 2V \sin \frac{\delta}{2} \quad (7)$$

방정식 (7)을 방정식 (6)에 대입하여 정리하면 다음 식과 같이 된다.

$$P_q = \frac{V^2}{X_L} \sin \delta + \frac{V}{X_L} V_q \cos(\delta/2) \quad (8)$$

또한 P_q 를 유도 할 때와 동일하게 Q_q 는 다음 식과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} Q_q &= \frac{V^2}{X_L - \frac{V_q}{I}} (1 - \cos \delta) \\ &= \frac{V^2}{X_L(1 - \frac{V_q}{IX_L})} (1 - \cos \delta) \end{aligned} \quad (9)$$

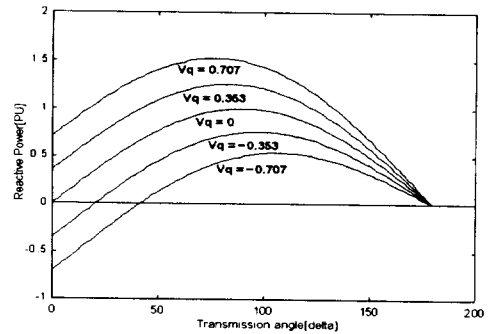
방정식 (8)을 동일한 방법으로 정리하면 다음 식과 같이 된다.

$$Q_q = \frac{V^2}{X_L} (1 - \cos \delta) + \frac{V}{X_L} V_q \sin(\delta/2) \quad (10)$$

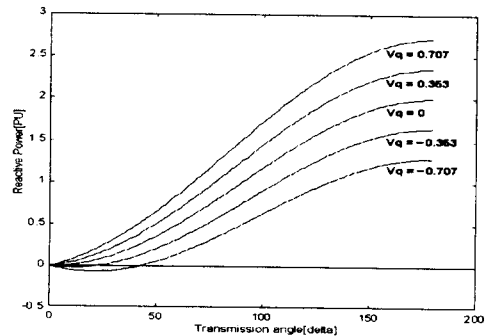
그림 4는 SSSC가 주입하는 전압 V_q 의 변화에 대한 전송 유효전력 P_q 와 전송무효전력 Q_q 가 위상각 δ 에 대해 어떻게 변하는가를 그래프로 나타낸 것이다. 이 그래프는 Matlab을 이용하여 수식 (8)과 (10)을 시뮬레이션한 결과를 나타낸 것이다.

이 그림에서 SSSC가 δ 가 0° 에서 180° 의 범위에서 C_모드로 동작할 경우 보상전압이 커질수록 선로로 전송되는 유효·무효전력은 증가하고 반면에 L_모드로 동작할 경우 보상전압이 커질수록 유효·무효전력은 감소하는 것을 알 수 있

다. 여기서 주목할 사항은 SSSC에 의한 보상은 캐패시터에 의한 보상과 달리 δ 가 0° 일 때도 보상전압 V_q 의 크기에 따라 유효전력의 전송이 가능하다는 것을 알 수 있다. 특히 V_q 의 크기가 (-)일 경우 역방향으로의 전력흐름도 가능하다.



(a) V_q 에 따른 P_q 의 변화



(b) V_q 에 따른 Q_q 의 변화

그림 4. 전송 유효·무효전력의 변화

Fig. 4. Variation of transmitted reactive and active power

4. 시뮬레이션

SSSC의 송전계통에 대한 동적응동과 송전용량 증대효과를 분석하기 위해 154KV 송전선로에 SSSC가 직렬로 연결되어 무효전력을 제어하는 경우를 가정하여서 EMTP 시뮬레이션 모형을 개발하였다[8,9]. 송전계통은 그림 5에 보인 것처럼 한대의 발전기가 무한모선에 연결되어 있으며, 발전기의 출력전압은 VS 전압과 같은 것으로 가정하여 모델링하였다. 송전선로는 집중정수로 모델링 하였으며 SSSC는 12-펄스 전압원 인버터로 주입변압기를 통해 선로에 연결되어 있다. 12-펄스 인버터는 6-펄스 인버터 2대를 직류측은 병렬로 그리고 교류측은 직렬로 된 구조로 2대의 인버터에 공급되는 펄스는 서로 30° 의 위상차를 갖는다.

이 시뮬레이션 회로에서 X_s , X_r 은 선로의 리액턴스 값을 나타내고, MS2는 단락 스위치로 SSSC가 송전선로에 투입하는 것과 차단하는 일을 한다.

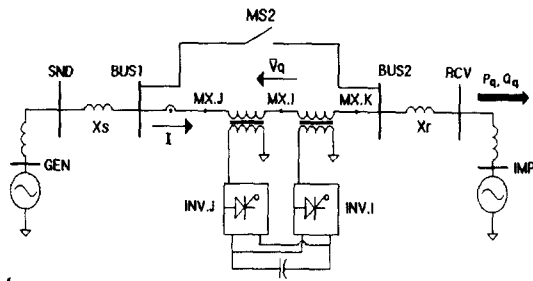


그림 5. EMTF 시뮬레이션 회로

4.1. 시뮬레이션 제어기

SSSC의 제어기는 보상하는 선로의 리액턴스의 값을 기준신호로 사용한다. 그림 6은 SSSC의 제어블럭도를 나타낸다. SSSC가 삽입되는 앞단 모선의 전압을 입력으로 받아 Phase-Lock 회로를 통해서 위상각 기준신호 θ 를 산출한다. 선전류를 입력으로 받아 이 모선전압에 회전좌표 변환을 하여 d축 성분과 q축 성분으로 분리하고 회전좌표 변환을 통해서 산출된 선전류의 d축 성분과 q축 성분에 의해서 선전류의 크기와 위상각 θ_{ir} 를 산출한다. Phase-Lock 회로를 통해서 산출된 위상각 기준신호 θ 와 회전좌표변환해서 얻은 선전류의 위상각 θ_{ir} 을 더하여 θ_i 를 구한다.

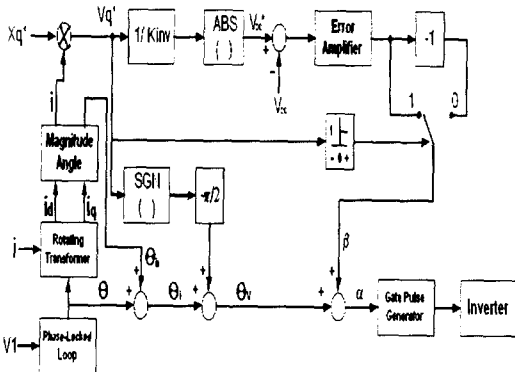


그림 6. 제어기의 구성도

한편 선로의 리액턴스를 보상하기 위한 SSSC의 보상 리액턴스의 기준 신호인 X_q^* 는 회전좌표 변환한 선전류의 크기 i 와 곱해서 SSSC의 보상전압 V_q 의 기준치를 만든다. SSSC의 보상 기준신호인 X_q^* 에 의해서 SSSC는 캐패시터 모드와 인덕턴스 모드로 동작하는데 캐패시터모드일 때 SSSC의 보상기준전압 V_q^* 는 양의 값을 가지고, 인덕턴스모드로 동작할 때는 음의 값을 가진다. SSSC의 모드를 결정하기 위해서 SSSC가 양의 값을 가지면 θ_i 에 $\pi/2$ 를 더하고 음의 값을 가지면 $-\pi/2$ 를 더 한다. 이 것에 의해서 θ_v 를 구할 수 있다. SSSC의 보상기준전압 V_q^* 는 평균치이므로 최대치로 환산을 한다. 환산된 값은 \pm 값을 가지므로 절대

치를 취해서 직류캐패시터의 기준전압 V_{dc}^* 가 항상 양의 값을 가지게 만든다. 이 직류캐패시터 전압의 기준치는 실제로 검출되는 직류캐패시터 전압 V_{dc} 와 차를 구해서 PI제어를 통해 보정각 β 를 계산한다.

따라서 인버터 게이트드라이브에 공급되는 펄스의 위상각 α 는 $\theta, \theta_{ir}, \theta_v, \beta$ 의 합으로 구성된다. 그림 6에서 K_{inv} 는 SSSC의 보상기준전압 V_q^* 을 직류 값으로 변환하기 위한 상수로 $2/\pi$ 이다.

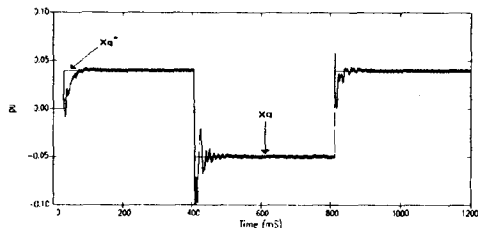
4.2. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에서 고려된 시나리오는 다음과 같다. 선로의 리액턴스의 기준값 X_q 를 기준으로 0~30 ms 사이에서는 SSSC가 아무런 동작을 하지 않는다. 30~400 ms 사이에서는 기준 리액턴스를 0.04 p.u.로 캐패시터모드로 상승하다가 400~800 ms 사이에서는 -0.05 p.u.로 인덕턴스모드로 하강하고, 800~1200 ms 사이에서는 다시 0.04 p.u.로 캐패시터모드로 상승하는 것으로 하였다. 여기서 선로의 리액턴스의 기준값은 110.55[Ω]를 1.0 p.u.로 정하였다. 이와 같은 시나리오에 따라서 나타난 선전류 \bar{I} 의 변화, 주입전압 \bar{V}_q 의 크기, SSSC의 캐패시터 전압의 변화와 리액턴스 기준치와 선전류의 곱의 평균치로 나타낸 캐패시터 전압의 기준치의 변화, 그리고 전송 유효·무효전력의 변화를 고찰하는 것으로 하였다. 그림 7a는 선로 리액턴스의 기준값 X_q^* 를 시뮬레이션 시나리오에 따라서 SSSC가 동작하지 않을 때, 캐패시터 모드로 동작하여 선로 리액턴스를 0.04 p.u.로 보상할 때, 그리고 인덕턴스 모드로 동작하여 선로 리액턴스를 0.05 p.u.로 보상할 때를 나타내고 있다.

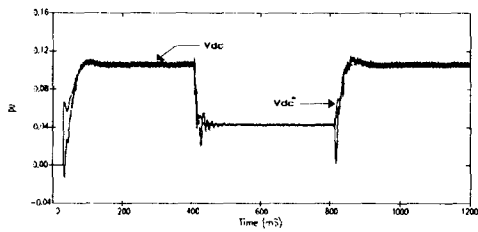
그림 7b는 SSSC의 캐패시터 전압과 선로의 리액턴스 기준값과 선 전류의 곱의 평균치를 시뮬레이션 시나리오에 따라서 나타낸 것이다. SSSC의 직류캐패시터 전압은 캐패시터 모드로 천이할 때 기준값보다 9% 정도의 오버슈트를 나타내고 있으며 비교적 직류캐패시터 전압의 기준치를 잘 추종하고 있음을 알 수 있다. 캐패시터 모드에서 인덕턴스 모드로 천이 시에는 약간의 감쇠진동을 하고 있음을 알 수 있다. 그림 7c는 A상의 선전류를 나타낸 것으로 SSSC가 캐패시터모드로 보상하는 구간인 30~400 ms에서 선로의 리액턴스 값은 SSSC가 캐패시터로 동작하기 때문에 작아진다. 그래서 선전류는 보상전의 선전류보다 커지는 것을 알 수 있고, SSSC가 인덕턴스 모드로 보상하는 구간인 400~800 ms에서는 선로의 리액턴스 값이 증가하므로 선전류는 작아지는 것을 알 수 있다. SSSC가 캐패시터 모드로 동작하는 구간인 30~400 ms 사이에서 보상전압이 선전류의 증가에 의해서 커지고, 인덕턴스 모드로 보상하는 구간인 400~800 ms에서는 보상전압이 선전류가 감소하기 때문에 작아짐을 알 수 있다. 그림 7c에서 SSSC가 캐패시터 모드에서 인덕턴스 모드로 천이할 때 선 전류는 한 주기나 두 주기내에서 정상상태로 빠르게 천이함을 알 수 있다.

그림 7d는 선로로 전송되는 유효·무효전력량을 나타낸 것이다. SSSC에 의해 107Mvar 정도의 무효전력이 보상됨에 따라 전송유효전력은 처음에 약 1.1 p.u.를 유지하다가

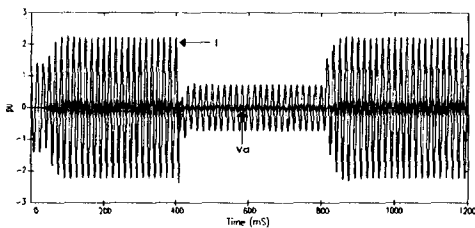
SSSC가 캐패시터 모드로 보상하였을 경우 전송유효전력이 약 1.6 p.u. 정도로 증대됨을 알 수 있고 인덕턴스 모드로 보상하였을 경우 전송유효전력은 약 0.6 p.u. 정도로 감소함을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과 직류캐패시터 전압은 기준 리액턴스와 선전류 곱의 평균치를 커다란 과도현상 없이 비교적 양호하게 추종하고 있음을 알 수 있다.



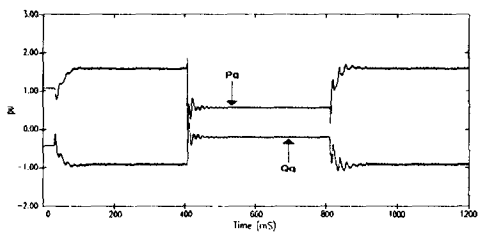
(a) 기준리액턴스 추종특성



(b) 캐패시터전압 추종특성



(c) 선전류와 보상전압



(d) 전송 유효·무효전력

그림 7. EMTF 시뮬레이션 결과

Fig. 7. EMTF simulation results

5. 축소모형 제작 및 실험

SSSC의 동작을 실험적으로 분석하기 위해 그림 8에 보인 회로도에도 따라 전력계통과 SSSC의 축소모형을 제작하고

실험을 실시하였다. 모의 송전계통은 발전기 1기가 무한대 모선에 전력을 공급하는 경우를 가상하였는데, 발전기는 별도의 3상, 110V, 2kVA 용량의 전압원 인버터를 제작하여 사용하였고, 선로는 단상리액터를 6개를 사용하였으며, 무한 모선은 실험실의 전원단자를 그대로 이용하였다.

전압원인버터의 출력은 Δ:Y로 결선된 변압기를 통해 선로모형에 연결되어 항상 계통전압보다 30°의 위상차를 갖는다. SSSC는 결합용 변압기를 통해서 선로에 직렬로 전압을 주입하는데 이 변압기는 누설리액턴스가 작고 권선비가 1:1인 변압기로 구성하였다.

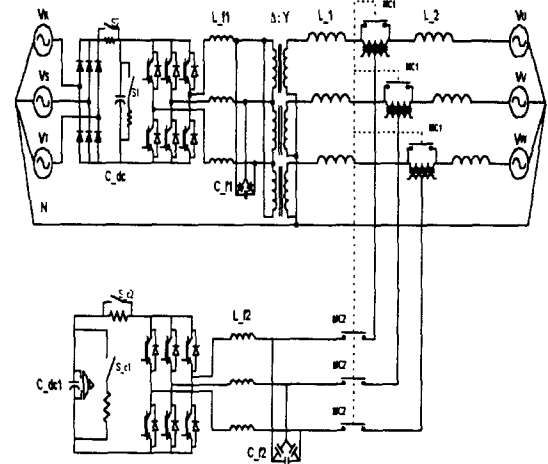


그림 8. 축소모형 회로도

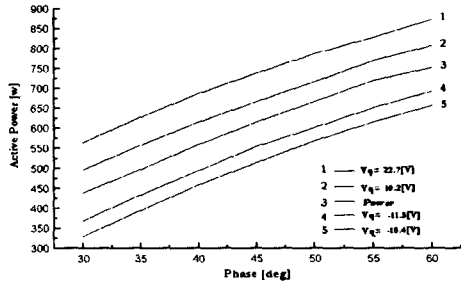
Fig. 8. Hardware configuration in scaled model

제작된 SSSC의 용량은 3상 220V/2KVA로 하였고 인버터의 스위칭 소자로는 DUAL IGBT를 사용하였다. 송전용 무효전력보상기의 출력파형은 다중펄스형태이지만, 본 연구에서는 검증효과를 약화하지않는 범위에서 PWM방식으로 동작시켰다. 시스템의 제어장치로는 마이크로프로세서 80C196KC를 사용하였으며, 전력계통과 동기된 정확한 각도 조절을 위해 선로전류의 영교차점을 검출하고 이와 90° 위상차를 갖도록 80C196KC의 외부 인터럽트에 이용하여 인버터출력의 동작시점으로 사용하였다. 실제 프로그램상의 시작점은 인버터동작을 하지 않았을 때 전압을 기준으로 진상의 전류가 손실분만큼 흐르게 되며, α를 90°로 했을 때 전압을 기준으로 진상의 전류가 기존의 손실분에 스위칭손실분만큼 조금 상승하는 프로그램 data table의 주소번지를 시작점으로 하였다. 무효전류를 제어하기 위해서 연결점의 전압 V_a, V_c 와 전류 I_a, I_c 를 검출하여 정좌표계로 변환한 후 PLL회로로부터 입력되는 기준전압의 각속도를 이용하여 회전좌표계로 변환하는 d-q변환을 행하였다.

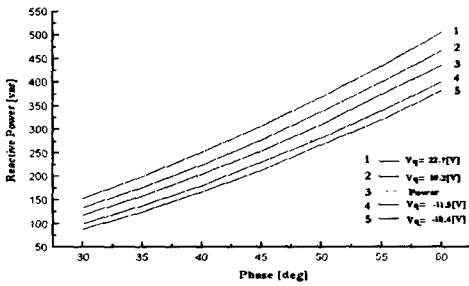
5.1. 정상상태 해석

이 실험은 발전기에서 무한모선으로 공급되는 유효·무효전력의 양이 SSSC의 보상전압크기에 따라 얼마나 증·감하는가를 위상각을 변화가면서 측정하였다. 이때 위상각은 편의상 30°에서 60°까지 5°씩 증가하면서 그리고 주입전압은 +10.2V, +22.7V, -11.5V, -18.4V로 변경해 가면서 선로로 전송되는 유효·무효전력의 양을 측정하였다.

그림 9a,b는 측정된 결과를 그래프로 표시한 것인데 다소의 오차는 있으나 비교적 앞에서 이론적으로 분석한 결과 그리고 시뮬레이션한 결과와 유사함을 알 수 있다.



(a) 전송유효전력



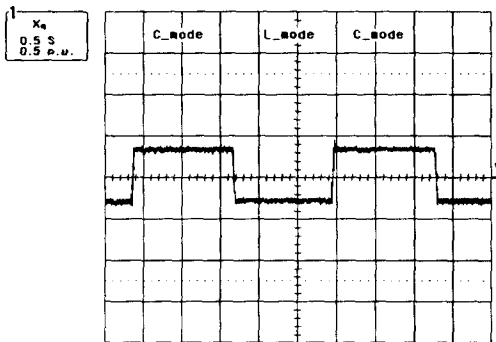
(b) 전송무효전력

그림 9. 보상전압에 따른 유효전력량

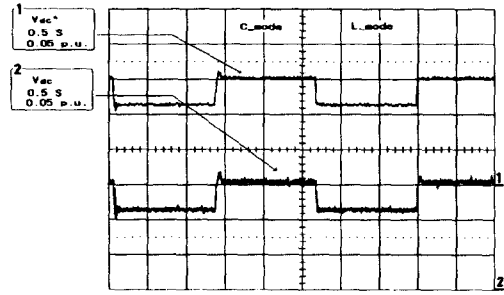
Fig. 9. Active and reactive power to compensation voltage

5.2. 과도특성 해석

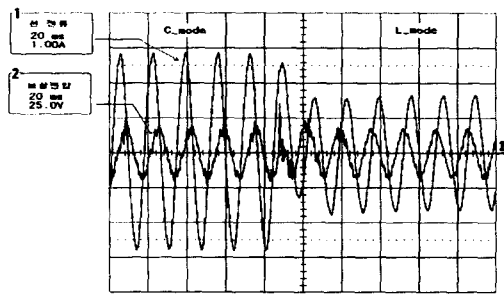
제작한 축소모형의 동적특성을 관찰하기 위해 시뮬레이션 결과와 유사한 출력을 하였다. SSSC 축소모형은 1.3[s] 동안은 0.34 p.u.로 캐패시터 모드로 동작하게 하고, 1.3[s] 동안은 0.28 p.u.로 인덕턴스 모드로 동작하게 실험을 수행하였다. 다음의 실험결과는 송전선로 리액턴스의 보상기준치, 직류캐패시터 전압과 기준치, 보상전압과 선전류의 변화 파형을 측정된 결과를 그림 10에 보였다.



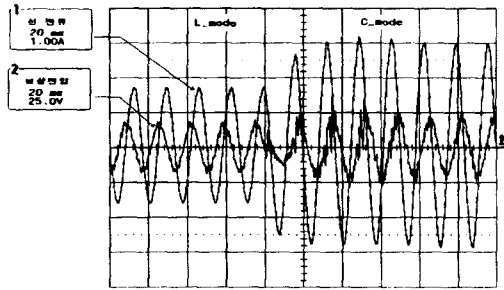
(a) 선로리액턴스의 기준치(Xq)



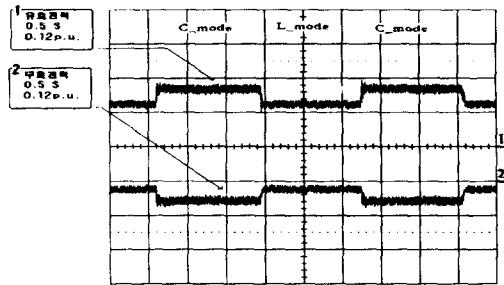
(b) 캐패시터전압의 기준치와 측정치



(c) 주입전압과 선전류(진상->지상)



(d) 주입전압과 선전류(지상->진상)



(e) 전송 유효·무효전력

그림 10. 축소모형 실험결과

Fig. 10. Experimental results

그림 10a는 SSSC의 송전선로의 리액턴스 기준치를 나타내고 있다. 그림 10b는 직류링크단의 전압과 그 기준치를 나타낸 것인 데 비교적 잘 추정하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 10c,d는 송전계통에 주입되는 보상전압과 선전류의 파형을 나타낸 것이다. 보상전압은 직류링크전압이 상승된 구간에서 증가하여 선로 리액턴스에 의한 전압강하를 보상하고, SSSC가 천이할 때 한 주기 내에서 빠르게 천이하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 10e는 선로로 전송되는 유효 전력을 선로에 흐르는 전류와 송전단의 전압을 d-q 변환하고 연산하여 D/A 컨버터를 통해 오실로스코프로 디스플레이 한 것이다. SSSC가 동작하는 동안은 유효전력은 증가하고, 무효전력은 감소함을 알 수 있다. 이상의 실험 파형을 통해 시뮬레이션에서 확인한 바와 마찬가지로 SSSC가 선로의 리액턴스를 적절히 보상하여 유효전력의 전송을 증대함을 확인할 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 SSSC가 선로에 직렬로 연결되어 선전류와 90° 위상차를 갖는 전압을 주입하여 선로의 리액턴스를 보상하는 경우에 대해 분석을 실시하였다. 먼저 SSSC가 송전선로를 직렬보상하는 원리를 이론적으로 고찰하고 동작과 성능을 검증하기 위해 154kV 단일기 무한대모선을 갖는 전력계통에 대해 EMTP를 이용한 스위칭레벨 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 하드웨어 축소 모형을 제작하고 실험을 실시하여 시뮬레이션으로 확인한 시스템의 동작을 실험적으로 재차 확인하였다. 실험에 사용된 전압원인버터는 PWM 방식으로 위상각만 제어 가능한 것으로 하여 제어장치를 동작시켰다. 실험을 통해 SSSC에 의한 직렬보상기는 선로의 리액턴스를 적절히 보상함으로써 전송 유효전력을 증대함을 확인할 수 있었다.

본 논문은 1998년도 한국과학재단 특정기초 지원 과제로 수행한 연구 결과의 일부임.
(과제번호 : 98-0101-90-01-3)

참고 문헌

[1] L. Gyugyi, "Solid-State Control of Electric Power in AC Transmission System", Paper No. T-IP.4, International Symposium on Electric Energy Converter in Power System Capri, Italy, 1989.
[2] E. W. Kimbark, "Improvement of system stability by switched series capacitor", IEEE Trans. on Power Apparatus and System, Vol. PAS-85, Feb. 1966.
[3] Abdel-Aty Edris, "Series compensation schemes reducing the potential of subsynchronous resonance", IEEE Trans. on Power System, Vol. 5, No.1 February 1990.

[4] Agrawal, B.L., et al., "Advanced Series Compensation (ASC) Steady-state, Transient Stability, and Subsynchronous Resonance Studies", FACTS Conference 2. EPRITR-101 784, Boston, MA, May 1992.
[5] Keri, A.F.J., et al., "Improving Transmission System Performance Using Controlled Series Capacitors", CIGRE Paper 14/37/38-07, 1992.
[6] Laszlo Gyugyi, Colin D. Schauder, Kalyan K. San, "STATIC SYNCHRONOUS SERIE COMPENSATOR :A SOLID-STATE APPROACH TO THE SERIES COMPENSATION OF TRANSMISSION LINES", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 12, No. 1, January 1997.
[7] Kalyan K. Sen, "SSSC-Static Synchronous Series Compensator : Throey, Modeling, and Applications", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol 13, No.1, January 1998.
[8] 한병문, 백승택, "인버터식 무효전력보상기에 의한 송전선로의 직렬보상 특성해석", 대한전기학회 '97 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 24-27, 1997. 5. 31.
[9] B. Han, G. Karady, J. Park, S. Moon, "Interaction Analysis Model for Transmission Static Compensator with EMTP", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, October 1998.

저 자 소 개



강 중 구 (姜 中 九)

1970년 5월 5일 생. 1997년 명지대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주) 동도기전공업 기술연구소 주임연구원

Tel : (0345) 432-7736

E-mail : KSCPLA@hanimail.com



한 병 문 (韓 炳 文)

1953년 7월 5일 생. 1976년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 미 아리조나주립대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 미 Westinghouse 중앙연구소 선임연구원. 현재 명지대 전기정보제어공학부 부교수

Tel : (0335) 330-6366

E-mail : erichan@whomyongji.ac.kr