

PID 제어를 이용한 Static Var Compensator에 관한 연구

A Study of Static Var Compensator Using PID Controller

원찬희*, 이종우*†

Chan-Hee Won*, Jong-Woo Lee*†

Abstract Depending on the electric railway accelerated by increasing electricity demand for stable power supply improves power quality of electric railway system is required. Reactive power installed capacity increased by, so real-time reactive power compensation as SVC (Static Var Compensator) is absolutely necessary. The sheer number of SVC voltage, current sensing, and a catenary is connected in parallel to absorb reactive power, reactive power is compensated by feeding. SVC capacitor in parallel with the TCR (Thyristor-Controlled Reactor) is connected, and the structure, Thyristor whistle of the points to adjust the amount of reactance. In this paper, the electrical power flow modeling of the railway system, SVC reactive power compensation of the PID controller is applied to the principle of optimal control algorithm is proposed SVC. Simulation results have demonstrated the feasibility of the proposed controller.

Keywords : Electrical railway system, static var compensator, reactive power compensation

초 록 전기철도 고속화에 따라 전력 수요가 증가하여 안정적인 전력 공급을 위한 전기철도 시스템의 전기품질 개선이 요구되고 있다. 무효전력에 의해 설비용량을 증가하게 되므로, 실시간 무효전력 보상이 가능한 SVC(Static Var Compensator)가 반드시 필요하다. SVC는 수전단 전압, 전류 센싱을 하며, 전차선에 병렬형태로 연결되어 무효전력을 흡수, 공급함으로써 무효전력을 보상한다. SVC는 커패시터와 병렬로 TCR(Thyristor-Controlled Reactor)이 연결되어 있는 구조이고, Thyristor의 점호각으로 리액턴스 양을 조절한다. 본 논문은 전기철도 시스템의 전력조류를 모델링하고, SVC의 무효전력 보상원리를 PID 제어기에 적용하여 최적의 SVC 제어 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 제어기의 타당성을 증명하였다.

주요어 : 전기철도 시스템, SVC, 무효전력 보상

1. 서 론

본 논문에서는 전기철도 전력공급을 위한 전기철도변전소의 부하 특성상 비상용 철도부하와 일반부하에 따른 전압변동, 전압 불평형의 보상에 대하여 SVC(Static Var Compensator) 적용이 적절한가에 대한 연구 및 향후 해외 철도건설시장의 진출을 앞두고 있는 우리로서는 검증된 전력품질로 원활한 전기철도 운영이 가능하며 이미 기 적용된 사례들이 있지만 TCR(Thyristor-Controlled Reactor)를 이용한 실시간 무효전력 보상을 시뮬레이션을 통하여 전력품질의 연구에 목적을 두었다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과 (saganlee@seoultech.ac.kr)

* 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과

2. SVC 동작특성과 기능

2.1 SVC 동작특성

그림 1은 SVC의 구조를 나타낸다. 전기철도 변전소에는 열차의 운행 및 대기상태가 빈번히 발생하게 되어 전력품질에 영향을 주게 된다. 진/지상 무효전력은 전압의 변동을 가져오게 되어 부하 측에 공급되는 전압변동을 가져오게 된다. SVC는 전압원 Source이다. 동작원리는 PWM 방식을 사용한다. SVC의 출력전압 크기를 변환시키면 AC 스템과의 무효 전력 교환이 가능해진다. 만약 출력 전압이 공급전압보다 커지면 SVC는 전원 측의 용량 성 전류와 무효전력을 줄이게 된다. 반대로 출력 전압이 공급 측 전압보다 작으면, SVC는 유도성 전류와 무효전력을 줄일 것으로 판단되며 양측 전압이 같다면 SVC와 전원시스템간의 무효전력 교환이 없을 것이다.

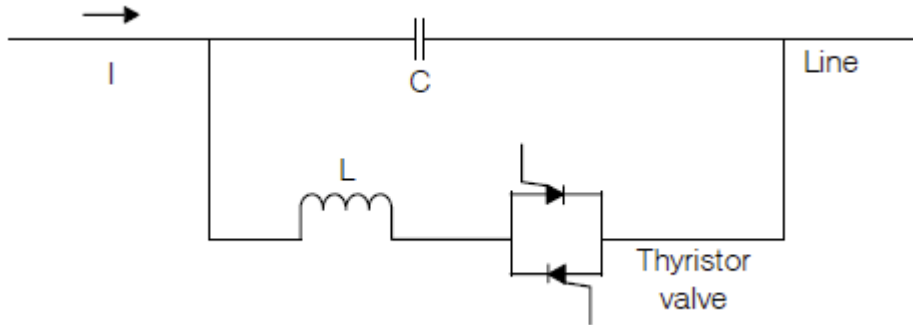


Fig 1. SVC 구조

SVC의 동작은 인버터의 입, 출력 전력간의 상호관계를 이해함으로써 설명할 수 있다. 에너지 교환은 인버터를 통해서 직접적으로 일어나며 SVC의 교류 출력 단자의 순시 전력은 반드시 직류 입력 단자의 순시 전력과 같아야 하며 SVC의 인버터는 무효전력만 공급하기 때문에 직류 소스에 의해 전달되는 유효 전력은 없다.

2.2 SVC 기능

장거리 선로에서, SVC 는 무효전력으로 인한 전력손실을 보상하여 라인전압을 상승 시키고 정상적인 동작 하에서 전송용량을 향상시킬 뿐만 아니라 무효전력을 실시간으로 조정하여 시스템 전압변동을 완화시킨다. 대용량 부하에서는 무효전력으로 인하여 순간전압저하가 발생하고 심지어는 정전이 발생되기도 한다. 그러나 SVC 를 설치한다면 무효전력을 신속하게 보상하여 중단전압을 매우 일정하게 안정시킬 것이다. 전압 동요 와 플리커는 부하의 급격한 변화로 인하여 주로 발생한다. 이러한 부하는 부하전류도 급격히 변하고, 이로 인해 순간적으로 전압이 변화하여 전압 플리커를 발생시키게 된다. 전압 플리커를 발생시키는 대표적인 부하로는 전기철도 부하이다. SVC 는 실시간으로 무효전력을 매우 빠르게 보상하므로 부하변동으로 인하

여 발생하는 전압동요와 플리커가 발생하는 것을 쉽게 억제할 수 있다. 전기철도 부하의 특성상 고조파 부하를 사용함과 동시에 전압/전류 왜곡 문제를 일으킨다. SVC 는 비선형 부하에서 발생시키는 고조파 전류를 실시간으로 보상하여 전력 계통을 안정화시킨다.

3. PID 제어기를 이용한 SVC 제어

그림 2 는 PID 제어기를 이용한 SVC 제어 블록이다. 먼저, 3 상 전류를 입력 받아 d-q 변환 후 무효전력과 관련 있는 q 전류 성분을 0 으로 제어한다. PID 제어기는 무효전력 기준치와 실제 무효전력을 입력 받아 PWM 듀티비를 출력한다.

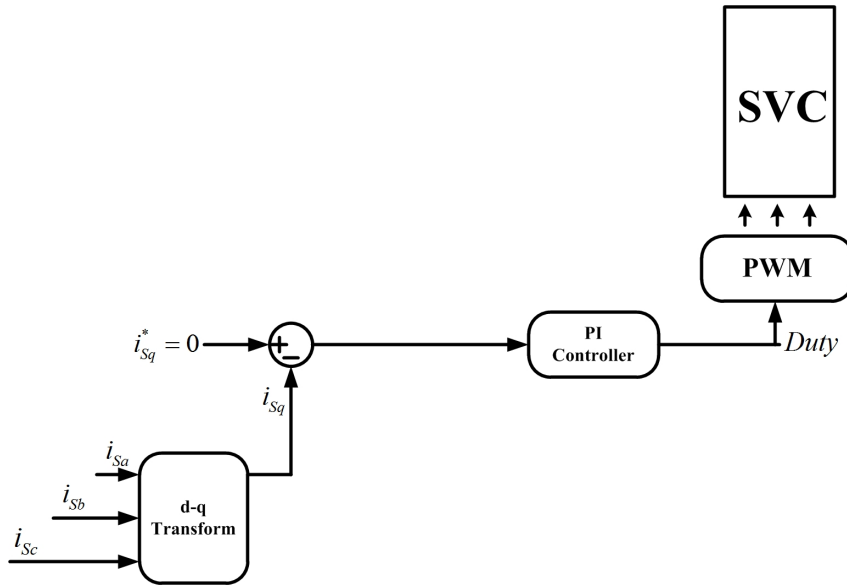


Fig 2. PID 제어기를 이용한 SVC 제어 블록

PID 제어기를 이용한 SVC 제어를 위한 PID 제어기는 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$Duty = kp \cdot (i_{Sq}^* - i_{Sq}) + ki \int_0^T (i_{Sq}^* - i_{Sq}) dt \quad (1)$$

4. 시뮬레이션

3장에서 보인 PID 제어기를 이용한 SVC 제어의 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션을 수행한 블록은 그림 3과 같다.

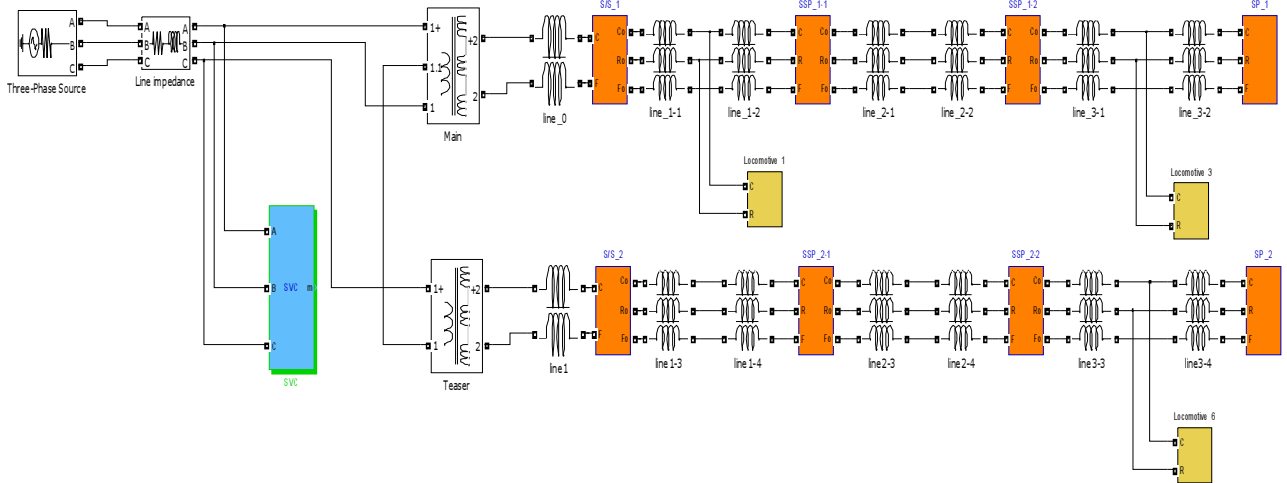


Fig 3. 시뮬레이션 블록

그림 4는 SVC 보상 후 전압, 전류 파형을 나타낸다. 그림4에서와 보이는 것과 같이 SVC를 통해 무효전력이 보상되어 전차선 전압과 전류가 동상임을 알 수 있다.

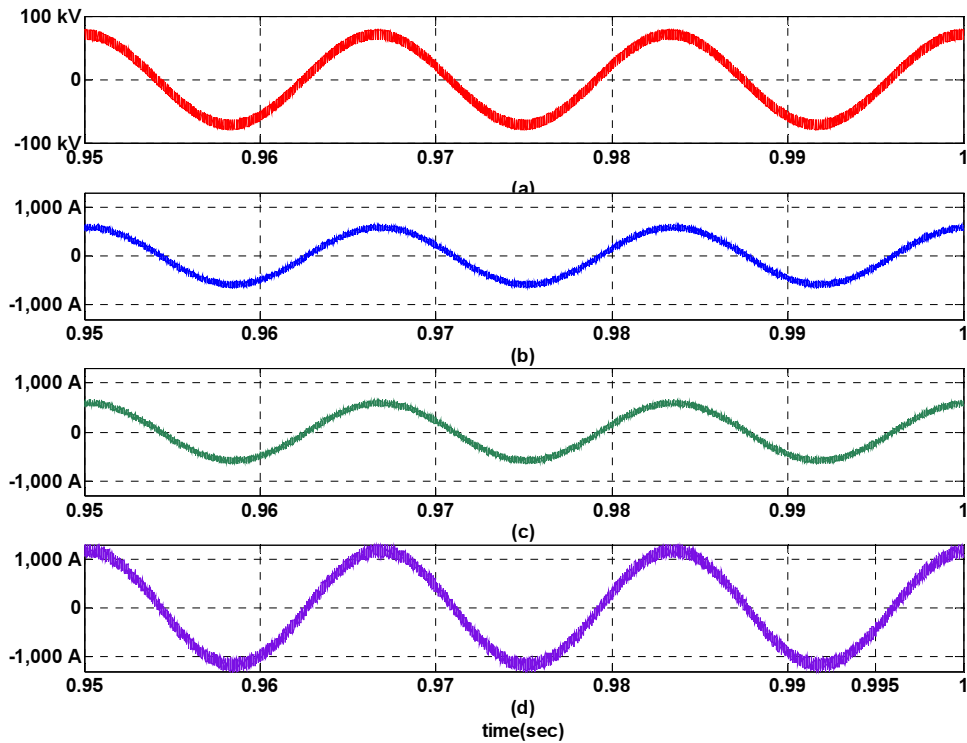


Fig 4. SVC로 무효전력을 보상한 전압, 전류 파형

5. 결 론

본 논문에서 전기철도 시스템의 전력조류를 모델링하고, SVC의 무효전력 보상원리를 PID 제어기에 적용하여 최적의 SVC 제어 알고리즘을 제안했다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 제어기의 타당성을 증명하였다. SVC는 수전단 전압, 전류 센싱을 하며, 전차선에 병렬형태로 연결되어 무효전력을 흡수, 공급함으로써 무효전력을 보상한다. SVC는 커패시터와 병렬로 TCR(Thyristor-Controlled Reactor)이 연결되어 있는 구조이고, Thyristor의 점호각으로 리액턴스 양을 조절한다. 전기철도 시스템은 이동하는 비선형 부하인 차량의 전기적인 특성으로 인해 무효전력이 발생하는 문제를 가지고 있다. 이와 같은 전기철도 시스템의 전기품질 문제는 전기철도 시스템에 연계된 다른 전력계통에도 악영향을 끼치게 된다. 그러므로 전기철도 시스템에는 SVC와 같은 전기품질 문제를 보상하기 위한 장치의 필요성이 반드시 요구된다.

참고문헌

- [1] E.H. Armstrong (1922). "Some Recent Developments of Regenerative Circuits", Proc. of the IRE, Vol.10, No.4, pp.244-260.
- [2] T. J. E. Miller, Reactive Power Controls in Electric System. John Wiley & Sons, 1982.
- [3] IEEE Special Stability Controls Working Group, "Static Var Compensator Models for Power Flow and Dynamic Performance Simulation", IEEE Trans, On Power Systems Vol. 9, pp229-240, 1994.