

## 전력계통의 전압안정도 향상을 위한 변전소의 무효전력 제어 연구

이현철\*, 박지호\*, 정태영\*, 정기석\*, 이상덕\*, 유형선\*, 백영식\*  
경북대학교\*

## A Study of Reactive power control for voltage stability enhancement in power system

Hyun-Chul Lee\*, Ji-Ho Park\*, Tae-Young Jyung\*, Ki-Seok Jeong\*, Sang-Duk Lee\*, Hung-Sun You\*, Young-Sik Baek\*  
KyungBook National University\*

**Abstract** - The transmission capacity has been highlighted as a problem in the power company according to operated heavy loaded of transmission facility. The total transfer capability in the KEPCO power system is determined mainly by the voltage stability limit and many approaches for enhancement of the total transfer capability has been consistently performed.

This paper proposes a study on determination of the adequate var sizing of power compensator regarding the transfer capability enhancement in power system. This method was controlled power compensator in substation because of the voltage stability. It was simulated power system using EMS peak data.

### 1. 서 론

최근 전력계통은 지속적인 전력수요의 증가에 따라 설비용량의 규모가 급속히 증가하였고 발전, 송·변전, 배전 설비 등 각종 전력설비의 추가 건설을 지속적으로 계획하고 추진하고 있지만 현실은 추가할 수 있는 부지 및 설비가 제한적이다. 이로 인해 큰 계통순실과 무효전력 공급부족에 따른 부하 측의 전압이 떨어지는 현상이 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해 계통계획에서 무효전력 계획은 매우 중요하다[1], 그러므로 조상설비의 적절한 용량을 산정하는 것은 전압안정도 측면 뿐만 아니라 경제성 측면에서도 보다 효율적일 수 있다. 과거에는 계통향상을 위한 체계적이고 효과적인 계획수립과 운영이 이루어지지 않았다. 주로 계통 운영자의 경험이나 판단 또는 시행착오적인 방법만으로 조상설비 계획을 하였고 이로 인해 비효율적인 계획이 이루어졌다. 그러므로 보다 체계적이고 효율적인 조상설비 계획이 필요하다[2-4]. 본 논문에서는 전압안정도를 고려하는 방법을 적용해 조상설비를 최소의 용량을 모의실험을 통해 산정하는 것이다. 이것은 조상설비를 투입함에 있어 용량을 산정하는 것으로 계통의 전압안정성을 유지하면서 경제성을 극대화할 수 있는 방안을 제시하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 전압보상설비의 협조제어 모델

협조제어 시스템의 구성에 있어서 ULTC가 포함된 Shunt의 동적해석 [5]을 위해 그림 1과 같이 나타내었다. 그림의 (a)의 ULTC는 부하가 있는 상태에서 변압기가 권선비를 조정하여 전압을 조정할 수 있게 하는 장치이다. 모선 i, j의 유효전력을 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}^{(i)} = -J \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta T \end{bmatrix}^{(i)} \quad (1)$$

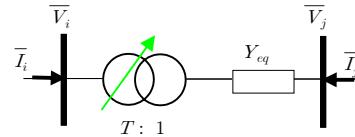
그림의 (b)의 Switched-Shunt는 무효전력을 공급하는 커페시터와 무효전력을 흡수하는 리액터의 모델을 나타낸 것이다. 모선 i에 대하여 흡수하는 무효전력의 변동량은  $\Delta Q_i = Q_i(\Delta B/B)$ 으로 나타낼 수 있고 전력조류식에 의하여 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$B^{(i)} = B^{(i-1)} + \left( \frac{\Delta B}{B} \right)^{(i)} B^{(i)} \quad (2)$$

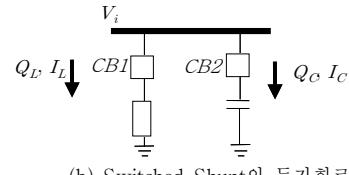
여기서, B는 인터테인스 및 리액턴스의 서셉션스이다.

그림의 (c)의 UPFC는 고압 송전순로에 고속으로 무효전력을 보상할 수 있는 설비로서 유효전력과 무효전력을 제어할 수 있는 제어기이다. 모선에 병렬 연결된 회로는 UPFC모선의 전압크기의 제어를 위한

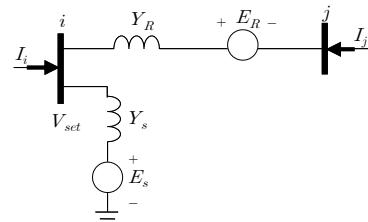
STATCOM(Static Synchronous Compensator)이며, 직렬연결된 회로는 전력을 제어하기 위한 SSSC(Static Synchronous Series Compensator)이다.



(a) 텁변환 변압기 등가회로



(b) Switched-Shunt의 등가회로



(c) UPFC의 등가회로

〈그림 1〉 협조제어 시스템의 등가모델

#### 2.2 계통에서의 조상설비의 협조제어의 운영방법

각 설비의 성능 및 효율을 충분히 활용하기 위해서는 설비의 특징을 고려하여 협조해야 한다. 효과적인 협조제어를 위해 다음과 같은 사항에 따른 운영된다.

- UPFC는 OPF를 통한 유효전력 손실의 최소화를 이끌어 내고, 빈번히 변화하는 부하상황에 신속히 대처할 수 있도록 협조제어를 통해 항상 여유용량을 확보하도록 한다.
- ULTC와 S.C. & Sh.R.은 기계적 스위칭에 의해 제어되므로 Tap위치변화와 뱅크 투입횟수를 최소로 한다.
- 경부하시간 및 중부하, 첨두부하시간을 고려하여 부하시간에 전압의 변위를 두어 운영한다.

위와 같은 방법으로 전력계통을 운영하여 전력계통의 유효전력을 최소화하고 UPFC는 항상 여유용량을 확보할 수 있어 계통변화에 등동적으로 대처할 수 있고, 기계적 스위칭기기의 스위칭 횟수를 줄일 수 있다. 또한, 부하시간대별 운영방안에 근거하여 전압변위를 두면 경부하시간대에 폐란티효과에 의한 전압상승에 대비하고 부하증가분에 대한 폐크부하일 경우에 안정적으로 계통을 운영할 수 있다.

#### 2.3 계통의 전압제어를 위한 조상설비의 검토

정상상태에서 UPFC는 전압변동에 대하여 순간적으로 응답할 수 있으므로 전압이 변하면 먼저 UPFC가 동작하고 UPFC의 용량이 한계에 다다르면 기존의 조상설비를 투입하여 전압을 제어할 수 있다. 하지만 계통사고와 같은 긴급상황에서는 UPFC가 효과적으로 전압변동에 대응할 수 있으므로 UPFC는 항상 적정량의 순동무효전력 예비력 확보가 요구된다. 또한 Switched-Shunt와 같은 병렬장치는 기계식으로 동작하므로 그 수의 청 횟수를 최소화할 필요가 있다. 이러한 요구에 따라 UPFC와

기존의 조상설비간의 협조방안을 모색해야 한다.

그림 3은 수도권내의 계통의 전압안정도를 위해 무효전력을 제어하는 조상설비의 위치 및 용량을 나타낸 것이다.

