

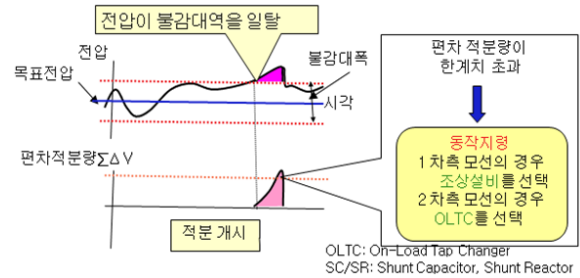
전압 및 순동무효예비력 확보를 위한 지역 변전소에서의 무효전력제어장치 협조방식 연구

이근준*, 윤종수**, 장병훈**, 정성원***, 윤석호****, 이현철*****
 충북과학대학*, 한국전력연구원**, 순천대학교***, 김천대학교****, (주)그린넷파워*****

Local Coordinative Reactive Power Control Method to Manage Voltage/Momentary Reactive Reserve

GeunJoon Lee*, JongSoo Yoon**, ByungHoon Jang**, SungWon Jung***, SunHo Yoon****, HyunChul Lee*****
 Chungkuk Provincial University of Science Technology*, KEPRI**, Sunchon Uni***, Gimcheon College****, GreenNetPower*****,

Abstract - This paper discusses local reactive power control method of substation which has FACTS controller(STATCOM) and other reactive power controllers. Not only The relation between entral control and local control method was discussed, but also local STATCOM control methd was done. With this results, revised coordinative control method which can implement system voltage sensitivity characteristics of each control devices. Also, this method can give proper solution for system status which requires momentary reactive reserve. This method is expected to be applied to control multiple substation reactive power devices which is combined with SCADA system.



<그림 1> 지역 변전소에서의 무효전력 협조제어 방식

1. 서 론

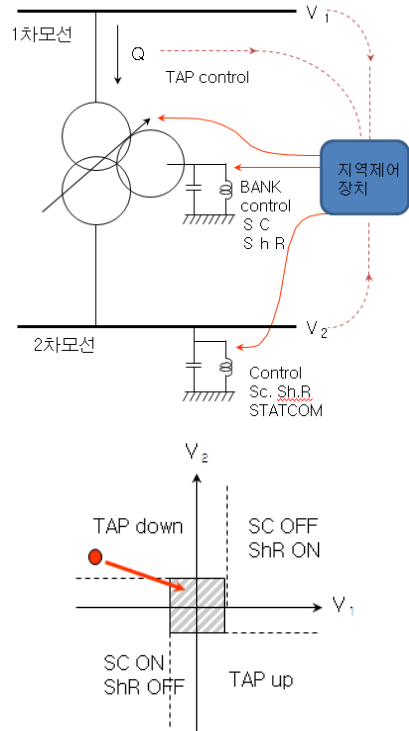
우리나라는 전력계통의 확장과 고급 정밀산업의 발달로 인해 계통 안정성의 확보에 대한 관심이 높아지고 있다. 더욱이 최근 전력산업의 구조개편에 따라 전력시장이 이전의 수직통합구조에서 발송배전분야가 분리됨에 따라 발전과 송전시스템간의 긴밀한 협조운전이 어렵게 되었으며, 이로 인한 부작용으로서 다수의 나라가 대정전을 겪은 경향이 있다. 따라서 변동하는 전력수급여건에 따라 유연한 송전계통의 운용이 필수적인 과제로 대두되었으며, FACTS(Flexible AC Transmission System) 제어장치를 이용하여 정상상태 및 과도상태하에서 전력시스템의 안전성과 유연성을 제공하는 훌륭한 방법으로써 선진제국을 위시로 그 보급이 확대되고 있다. 일본에서는 1987년 동경대정전 이후 꾸준히 전압안정도 향상을 위하여 선진화된 무효전력설비의 개발과 투입 및 계통 무효전력 협조제어 방식을 연구하여 왔으며, 구미의 경우에도 FACTS 제어기에 의한 계통전압안정화제어방식을 연구, 적용하고 있다. 우리나라에서는 80년 후반부터 계통의 전압 불안정에 대처하기 위해 전압안정도 해석프로그램의 개발, 수도권을 중심으로 한 무효전력보상장치의 보급 등 다양한 방법으로 대처해 오고 있으며, 강진 S/S에 대한 UPFC 설치 운용, 양주 및 동서울 S/S의 SVC(Static Var Compensator)의 설치, 미금 S/S의 STATCOM 설치(2009) 등 FACTS 제어기들이 속속 투입됨으로써 전력계통의 무효전력 제어설비가 빠르게 최신화되고 있으나, 이를 통합 제어하기 위한 중앙제어방식 및 각 지역송전계통에 포함되어 있는 기존의 전력용컨덴서 및 OLTC(On line Tap Changer) 등과의 협조 제어방식이 미흡하여 정상시의 전압 안정화는 물론 유사시 전압 불안정에 대처하는 능력향상이 긴요한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 지역 변전소 및 인근계통에 대한 무효전력협조제어방식을 조사하고 정상시 및 비상시의 조상설비간 협조제어방안을 도출하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력계통상의 조상설비 협조제어방식

그림 1은 지역 전압 제어를 위해 적용에 일반적으로 적용되는 방식을 나타낸 것이다. 지역 전압제어를 위한 목표 전압 및 무효전력은 중앙급전에서 최적조류 계산에 의해 제어기능을 갖는 지역의 각 발전전소에 할당되며, 지역 제어장치는 이 오차를 적분하여 지정한 편차를 초과하면 피제어 조상설비들을 동작시킨다.

대상 조상설비의 전압에 대한 무효전력 제어특성은 기기에 따라 다르며, 그림 2에서는 지역 변전소의 1,2차 모선전압 및 무효전력 변화에 따라 동작되어야 할 피제어 대상기를 나타낸 것이다.



<그림 2> 지역 변전소제에서 조상설비의 선택(미쓰비시)

1, 2차 전압 및 무효전력의 제어영역은 중앙급전에서 계산된 값을 기준하여 그 편차의 값으로 한계영역을 결정하며, 해당 영역을 초과할 경우 각 영역에 적합한 제어설비가 동작하게 된다. 제어변수의 선택에 따라 조작되어야 할 출력간의 관계는 다음 표와 같다.

이와 같은 제어장치들이 다수의 모선과 뱅크에 걸쳐 있는 경우, 이를 제

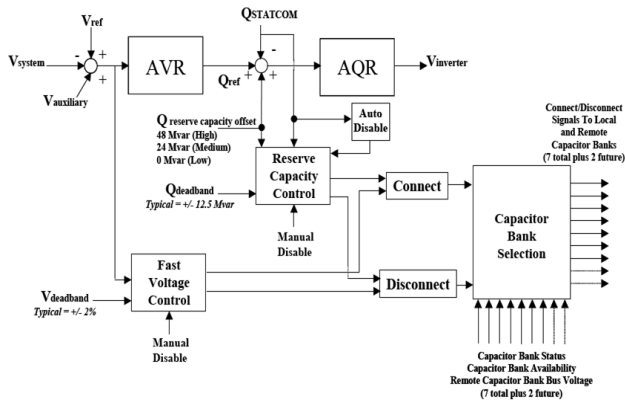
〈표 1〉 제어변수와 출력

제어변수	출력	비고
$V_1 - V_2$ 적분	Tap, Q	일정량의 불감대설정
$V_2 - Q_1$ 적분	Tap, Q	
V_2 적분	Tap	

어하기 위해서는 각 변전소의 기기 및 개폐장치의 동작상황을 고려한 제어장치의 운용이 필요하다.

2.2 STATCOM에서의 협조제어방식

STATCOM과 같은 고속의 정밀 FACTS 제어장치를 운용하는 경우, 상시에는 중앙제어소의 지령에 따라 전압 및 무효전력 제어를 함은 물론, 비상시 계통에 최선의 순동무효전력을 공급하기 위한 제어방식이 필요하다. 그림 3은 Velco의 Essex 변전소에서 채용하고 있는 STATCOM 제어방식을 나타낸 것이다.



〈그림 3〉 지역 변전소에서의 STATCOM control 방법

이 제어방식은 STATCOM의 궤환제어에 의한 전압안정도 향상을 위한 1차제어, 전력동요를 제어하는 보조제어 및 1차적인 STATCOM 운전이후에 지역적 무효전력운용을 최적화하는 2차제어로 구성된다. 2차제어 방식은 다음과 같이 구성된다.

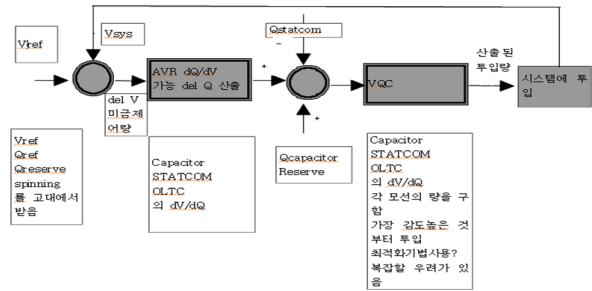
〈표 2〉 STATCOM 2차제어의 종류

2차 제어종류	방 법
속응전압 제어	1. STATCOM 접속모션의 전압오차 감시(2%) 2. 에라가 지정시간동안 계속시 On/Off 신호 발생 3. STATCOM의 속응제어후 콘덴서 조작에 의해 제어모드 복귀
예비용량 제어	1. STATCOM 운전을 유도성 영역으로 전환 2. 순동무효전력영역을 저,중,고 로 설정가능
콘덴서뱅크 선택	1. 1차로 해당변전소내의 커패시터를 선정 2. 콘덴서 뱅크를 순차적으로 스위칭 조작

2.3 STATCOM-OLTC-Cap Bank의 제어방식

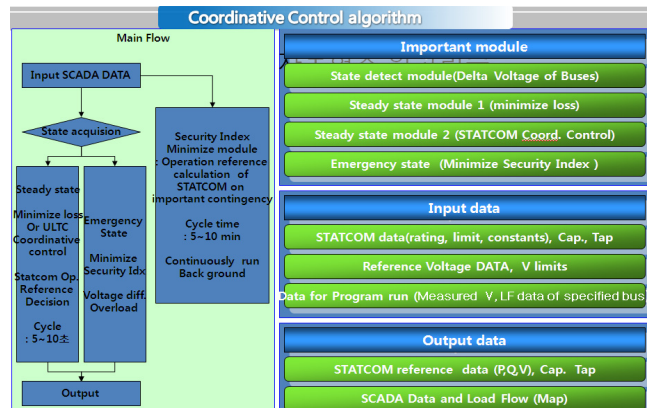
2.3.1 단위변전소 협조제어 방식

그림 4는 이상의 제어방식들을 고찰한 결과 제안하는 변전소 차원의 STATCOM-OLTC-Cap.Bank 간의 협조제어 방식을 나타낸 것이다. 제어에 필요한 기준 전압, 기준무효전력 및 순동무효전력량은 중앙급전에서 받게 되며, 해당 변전소에서는 각 제어기기(Cap, OLTC, STATCOM)의 전압감도를 미리 계산하여 전압오차를 제한할 수 있는 오차무효전력(delta Q)를 산출한다. 이 값에 1차적으로 STATCOM이 가지고 있어야 할 순동무효예비력(draw back operation)과 MSC에 의해 고속 응답할 수 있는 capacitor의 예비력을 더한 값이 지역변전소에서 부담해야 하는 무효전력 제어량이다. 투입 순서는 계통의 상태 및 목적함수의 설정에 따라 다르다. 정상상태 시에는 점점동작의 최소화 또는 손실 최소화를 취할 수 있으며, 비상상태에서는 전압의 감도가 가장 높으며, 민감도가 큰 제어대상을 대상으로 투입순위를 결정한다.



〈그림 4〉 STATCOM-OLTC-Cap 협조제어 방법

2.3.2 복수 변전소 협조제어 방식



〈그림 5〉 복수 변전소 협조제어방식

변전소 인근지역의 전압/무효전력을 통합적으로 제어하기 위해서는 정상시나 비상에 대한 판단이 필요하며 특히 비상시 인근 변전소를 어떻게 통합제어할 것인가를 포함하는 제어방식의 수립이 필요하다. 그림 5는 지역 제어소인 SCADA에서 데이터를 받는 경우, 정상상태에는 인근 변전소의 조상설비를 운용함으로써 손실을 최소화하도록 하며, 송전선로 탈락 등의 비상상태 하에서는 상태 판단에 의해 계통의 안전성을 최대화할 수 있도록 제어하는 방식을 나타낸 것이다.

3. 결 론

지역 변전소에 설치된 FACTS 제어기(STATCOM)을 응용하여 변전소 주변의 조상설비들과 협조제어하는 방식을 고찰하고 개선된 FACTS 협조제어방식을 제안하였다. 그 방법은 다음과 같다.

- 1) 해당 변전소의 제어를 위해 계통해석을 통해 각 변전소에 설치된 제어기기들의 전압감도를 계산하고 제어전력을 수립한다.
- 2) STATCOM의 순동무효예비력 확보기능과 순시전압응동능력을 이용하기 위해 계통의란의 정도에 따라 draw-back 운전의를 설정한다.
- 3) 변전소를 포함하는 지역적 무효전력제어를 위해 정상/비상상태를 판단할 수 있는 기능을 설정하고, 정상상태에서는 최적화제어를, 비상상태에서는 안전성최대화제어를 실행토록 기능을 구현한다.

감사의 글

이 연구는 2008년도 산업자원부의 전력IT 연구개발사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참고 문헌]

[1] J.Paserba, "Secondary Voltage-Var control Applied to STATCOMs for Fast Voltage Control and Long Term Var Management", Mitsubishi Electric Power Warrendale, Penn. USA,
[2] Masahiko Tanimoto, Hironobe Morita, "A Central VQC method based on Target Voltage Control for Local Voltage Control Devices", IEEJ Trans. PE. Vol.126, No.8, 2006.