

지역전압 안정화를 위한 FACTS와 조상설비간의 협조제어기법

이근준*, 이현철**, 윤종수***, 장병훈***, 정성원****, 백영식*****

*충북과대학, **그린넷파워, ***한전전력연구원, ****순천대학교, *****경북대학교

Coordination control method between FACTS and Reactive power sources for local voltage control

GeunJoon Lee* HyunChul Lee**, Jongsu Yoon***, B.H.Jang***, S.W.Jung****, Y.S.Bak*****

*Chungbuk Provincial College **GreenNetPower, ***KEPRI, ****Sunchun Univ. Kyungbuk Univ.*****

Abstract - This paper suggests local voltage control method to achieve coordinative control between STATCOM and other reactive power resources, such as Shunt Capacitors/Reactors and OLTC. Voltage/Reactive power control has various difficult aspects to control because of analysis and system dynamics error. This control method suggests practical algorithm regarding system voltage and reactive power status which is easy to implement in substation basis. In normal status, STATCOM-Shunts-OLTC are in operation. In emergency status, OLTC is locked. This algorithm is tested and verified in EMTDC.

1. 서 론

정밀기기산업의 발달은 전력품질에 대한 중요성을 더욱 강조하고 있으며, 이에 따라 전력회사나 수용가들의 전압서비스에 대한 관심은 더욱 높아지고 있다. FACTS(Flexible AC Transmission System) 제어기는 전력망의 조류, 전압제어에 광범위하게 적용가능한 기술로서 그 응용범위가 확대되고 있으며, 우리나라에서도 양주(SVC), 강진(UPFC) 및 해남변환소(HVDC)에 운용되고 있으며, 향후 미금변전소(STATCOM)에도 설치되어 계통의 유연성을 증대시킬 전망이다.

그러나, 이와 같은 전력변환설비들은 고가의 정밀장비로서 그 효용을 최대화하기 위해서는 기존 계통의 전력설비(OLTC, Shunts, 동기조상기) 등과 긴밀한 협조제어가 필요하다. 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.

본 연구는 계통에서 전압의 지령치가 주어지는 경우, 변전소 구내에 설치된 STATCOM과 조상설비간 협조제어 방식을 제안한다. 전력계통의 무효전력 특성해석에 대한 오차가 상대적으로 큰 점을 감안, 시스템 해석은 필요한 경우를 제외하고는 지양하는 방식을 선택하고, 제어의 값들도 계통의 전압변화 및 조상설비의 특성을 감안하여 출력하는 것으로 설정하였다.

2. 본 론

2.1 STATCOM-Shunts-OLTC 협조제어방식

그림 1 및 표 1은 변전소에 설치된 조상설비가 외란에 대해 응답하는 특성과 협조시 시간 특성의 개략치를 나타내었다. STATCOM은 전력계통의 외란에 속응하여 1차적으로 전압제어를 담당하며, 병렬리액터나 커패시터는 모선전압의 에라누적에 의해 2차적으로 투입되며 OLTC는 3차적으로 가장 늦게

투입된다.

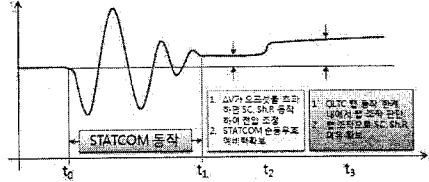


그림 1 시간협조에 의한 STATCOM-조상설비제어

표 1 조상설비의 시간-협조기간

시간	$t_1 - t_0$ (수백 ms)	$t_2 - t_1$ (수초)	$t_3 - t_2$ (수십초)
동작기기	STATCOM, SVC	MSC, MSR(자동)	OLTC
역 할	순동무효전력마진	정상 무효전력마진	무효전력재분배

2.1.1 제어기기들의 모형화

STATCOM 모형

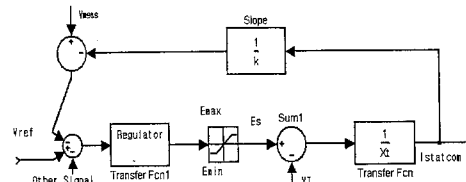


그림 2 동특성 해석용 STATCOM 모형

그림 2는 동특성 해석용 STATCOM 모형이다. 이 STATCOM의 최대 최저 전압 (E_{max} , E_{min})은 다음과 같이 주어진다.

$$E_{max} = \min[V_T + X_T \times |I_{max}|, E_{smax}]$$

$$E_{min} = \max[V_T - X_T \times |I_{max}|, E_{smin}]$$

Shunt 모형

Shunt capacitor 및 reactor들은 차단기의 동작에 의해 투입 해제되며, 제어시 변동전압은 계통의 전압 무효전력 감도특성에 따라 다르다. 따라서 투입시 동작되는 전압의 특성을 감안하여 투입량을 조정하는 방법을 사용하였다.

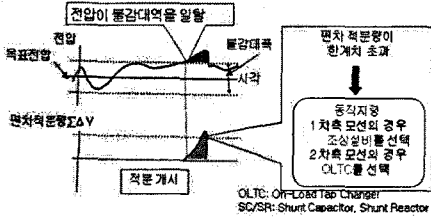
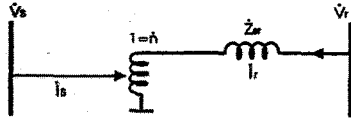


그림 3 전압변동에 의한 동작신호의 발생

OLTC 모형



$Y_{sr} = n^2 \bar{y}_{sr}$	$Y_{rv} = -n \bar{y}_{sr}$
$Y_{rs} = -n \bar{y}_{sr}$	$Y_{rv} = \bar{y}_{sr}$

그림 4. OLTC 모형

OLTC는 전압제어시 1,2차의 전압증감이 달라지므로 제어시 주의가 필요하다. 탭의 동작시 전압감도에 의한 누적오차의 크기를 고려하여 탭 동작 신호를 발생하도록 하였다.

2.1.2 제어 방법

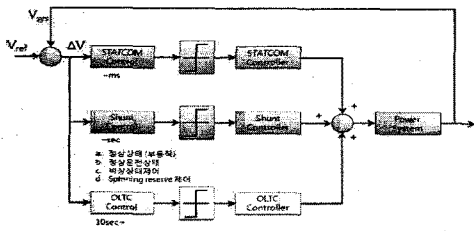


그림 5. 전력계통에 대한 협조제어방식

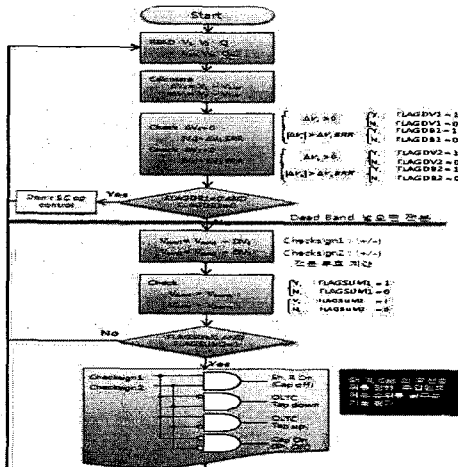


그림 6 정상상태 전압 협조 제어 알고리즘

그림 5는 전력계통에 STATCOM-Shunts-OLTC를 투입한 경우 협조제어를 하는 방식을 나타내었다. 계통의 전압이 DeadBand를 초과하는 경우 1차적으로 STATCOM은 우선 동작을 하며, 예외의 누적에 의해 Shunts 들이 동작을 하게 된다. 이후 누적된 전압에라들에 의해 OLTC 들이 동작하게 된다. 각 제어기들이 동작하는 영역은 1, 2차전압의 변화와 DeadBand 설정치, 조차한계치등과 긴밀한 관계가 있다. 또한 조차의 목적도 정상상태인 경우에는 전압의 기준값 만족이 중요하지만, 비상상태 하에서는 조차설비들의 가능한 용량을 단시간 내 투입하는 것이 매우 중요하므로 이에 적합한 조차방법이 수반되어야 한다.

2.2 EMTDC 모의

이상의 협조제어방식을 간략화한 모의계통(미금)에 적용하여 그 타당성을 검토해 보았다. 모의계통과 협조제어 타당성 검토를 위한 검토사례는 다음과 같다.

2.2.1 모의계통

모의계통은 미금 변전소의 1,2차 계통 및 소내조차설비를 그림 7과 같이 테브란 등가회로로 모형화하고, 부하는 등가의 일정임피던스로 산정하였다.

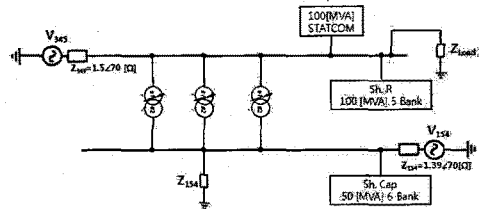


그림 7 모의 계통

2.2.2 모의 case

계통의 상황에 따라 1, 2차전압이 다양하게 변화하는 상황을 가정하여 각 조차설비들이 어떻게 역할을 분담하여 협조제어를 하는가를 검토하기 위해 표 1과 같은 모의케이스를 선정하였다. 모의 상황하에서의 전압 및 부하조건은 표 2와 같다.

표 1 모의 계통의 case 별 전압과 부하

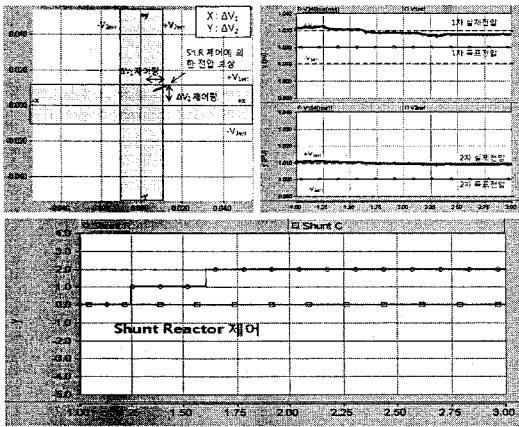
	V_{245}	V_{154}	345kV Load		154kV Load	
			P	Q	P	Q
Case 1	1.05	1.03	2399	-1019	878	62
Case 2	1.026	1.064	1679	-713	615	-500
Case 3	1.0	1.0	2399	-1019	878	62
Case 4	1.05	0.95	2399	-1019	878	62

표 2 제어 알고리즘의 Test Case

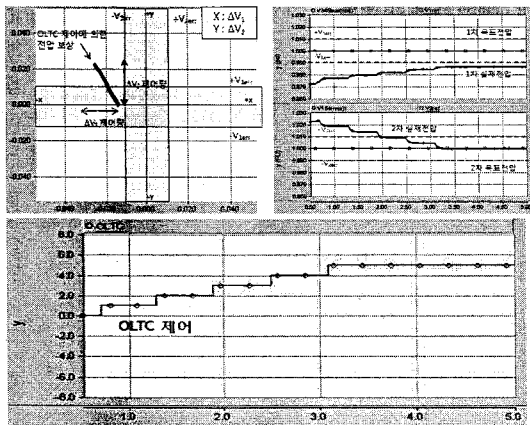
case	상태	$\Delta V1$	$\Delta V2$	동작기기
1	전압이 높은 경우	+	+	Reactor
2	전압이 불평형 1	-	+	OLTC up
3	전압이 낮은 경우	-	-	Capacitor
4	전압이 불평형 2	+	-	OLTC down

case 1 (+, +)

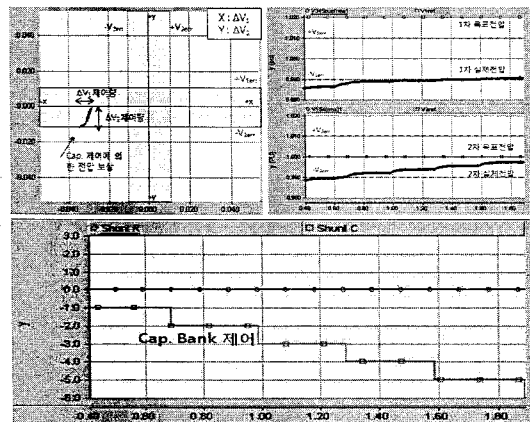
전압이 높은 경우 Reactor가 동작하여 1차전압을 Deadband 값까지 낮추고 있다.



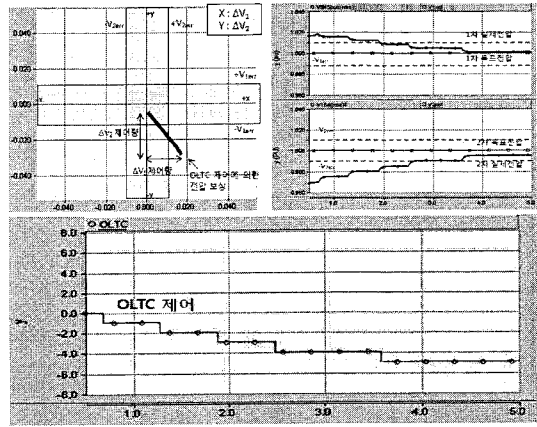
case 2 (-, +)
1차전압이 낮고 2차전압이 높은 경우, OLTC는 탭을 높여 정상값 부근으로 높여주고 있음을 볼 수 있다.



case 3 (-, -)
1,2차 전압이 모두 낮은 경우, 2차의 Shunt Capacitor가 동작하여 전압을 상승시키고 있다.



case 4 (+, -)
1차전압이 높고 2차전압이 낮은 경우 OLTC가 탭을 낮추어 2차 전압을 상승시켜 주는 것을 볼 수 있다.



3. 결 론

이상과 같이 변전소 내에 FACTS 제어기가 설치된 경우 FACTS 제어기와 변전소 내 설치된 조상설비(Sh.R, Capacitor, OLTC)들의 협조제어 알고리즘을 제안하고 그 응용 특성을 EMTDC를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션해 조사해 보았다.

그 결과는 다음과 같다.

1. STATCOM은 응답특성이 매우 빠르므로 순시 응답을 하며, 이는 계통의 순동무효전력을 확보하기 위해 사용되도록 제어한다. 제어량은 계통의 지령에 따라 설정된다.
2. 전압의 예라와 예라의 누적치를 검출하여 그 해당 제어특성에 적합한 무효제어설비를 선정하고 동작하게 한 결과, 각 기기들이 해당 영역에서 동작하는 특성을 보였다. 그러나, Deadband(부동작 영역)과 예라 누적에 따른 동작한계값의 설정에 따라 OLTC 및 개폐기의 빈번한 조작이 발생할 수 있으므로 이를 감안하기 위한 유효오차 범위 내의 많은 시뮬레이션이 수반되어야 한다.
3. 비상상태의 제어는 계통에서 발생 가능한 상황과 FACTS 제어기가 설치된 변전소의 역할을 고려하여 제어한계 및 동작 범위(분리액터, 커패시터, OLTC)의 설정하여 비상시 역기능이 발생하지 않도록 해야 하며, 이는 정밀한 계통 분석 결과에 따른 새로운 알고리즘의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 지식경제부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 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.
- [2] J.Paserba, "Secondary Voltage-Var control Applied to STATCOMs for Fast Voltage Control and Long Term Var Management", Mitsubishi Electric Power Warrendaie, Penn. USA
- [3] 이근준 외 4명 "전압 및 순동무효에비력 확보를 위한 지역 변전소에서의 무효전력제어장치 협조방식 연구", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집 2008년 7. 16~19