

지역계통 전압/무효전력 관리를 위한 제어시스템 개발

남수철, 신정훈, 이재걸, 차승태, 김태균
한전 전력연구원

Development of control system for the management of local voltage and reactive power

Suchul Nam, Junghoon Shin, Jaegul Lee, Seungtae Cha, Taekyun Kim
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 유럽지역에서는 1980년대부터 지역적인 전압/무효전력 불균형에 의한 문제를 해결하기 위해 계층적 전압제어 시스템에 대한 연구가 진행되어 왔으며 근래에는 실 계통에 적용하여 운영 중에 있다. 우리나라에서도 유럽지역에서와 같이 지역적인 전압/무효전력 불균형에 의한 전압 불안정 문제가 발생하고 있다.

이에 전력연구원에서는 그 해결책을 유럽의 경우와 같이 계층적 전압제어의 적용을 통하여 해결하고자 계층적 전압제어 시스템에 대한 연구를 진행 중에 있으며 본 논문에서는 중간 결과물인 속응형 전압제어시스템의 개발과 모의 결과에 대하여 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 발생하고 있는 광역전정의 양상은 과거와 달리 국지적인 전압안정도 문제에서 비롯되고 있다. 과거 전력계통의 운영은 수급 불균형에 의한 주파수 문제에 초점을 두고 급격하게 증가하는 수요를 감당하기 위해 충분한 전원 확보에 주력하였다. 그러나 부하의 증가가 감소하여 일정수준에 이르게 되면 계통 운영의 관점은 수요균형에서 과도안정도, 전압안정도, 미소신호안정도 등 각종 안정도 확보로 이동하게 된다. 특히 주파수 문제와 달리 지역적인 무효전력 부족에 기인한 전압안정도 문제는 성숙한 전력계통에서 그 발생 빈도가 높다. 해외 선진국의 경우 이러한 전압안정도 문제를 해결하기 위해 다양한 연구개발이 진행되고 있으며 이러한 노력 중 하나가 전력계통의 지역적인 전압/무효전력 특성을 활용하여 지역적 전압/무효전력 관리를 실시하는 기술의 개발이다.

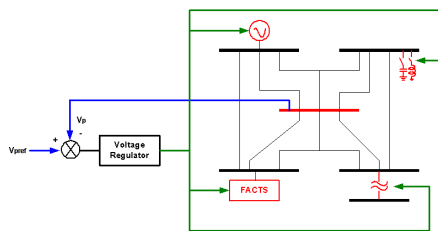
우리나라의 경우도 근래에 들어 전압안정도 문제에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 수도권 북상조류 제약에 의한 전압안정도 문제가 계통 운영의 중요한 이슈가 되고 있다. 이러한 전압안정도 문제 역시 지역적인 무효전력 수급 불균형이 원인이다. 이에 전력연구원에서는 전력계통의 전압제어지역을 구분하고 제어 지역의 속응형, 정지형 무효전력원의 제어를 통하여 평시 전압 품질을 향상시키고 무효전력 여유를 확보하여 전압안정도를 향상시키기 위한 연구 과제를 2005년부터 전력IT 국가사업의 일환으로 수행하고 있다.

본 논문에서는 연구 개발 결과물로 제어지역의 속응형 무효전력원의 제어를 위한 속응형 전압제어기(CVC, Continuous Voltage Controller)의 개발현황과 실증시험 결과를 소개 한다.

2. 본 론

2.1 계층적 전압제어 시스템

1980년대부터 유럽에서 시작된 계층적 전압제어시스템은 전압/무효전력의 지역적 특성을 기초로 구성된다. 전력계통의 전압/무효전력 특성은 주파수/유효전력 특성과 달리 전체 계통이 아닌 지역적인 특성을 갖고 있다. 따라서 동일한 전압/무효전력 특성을 갖는 지역으로 전압제어지역을 나눌 수 있다. 이렇게 구분된 전압제어지역의 무효 전력원을 제어하여 제어지역의 전압유지와 무효전력 여유를 확보하게 된다.[1],[2]



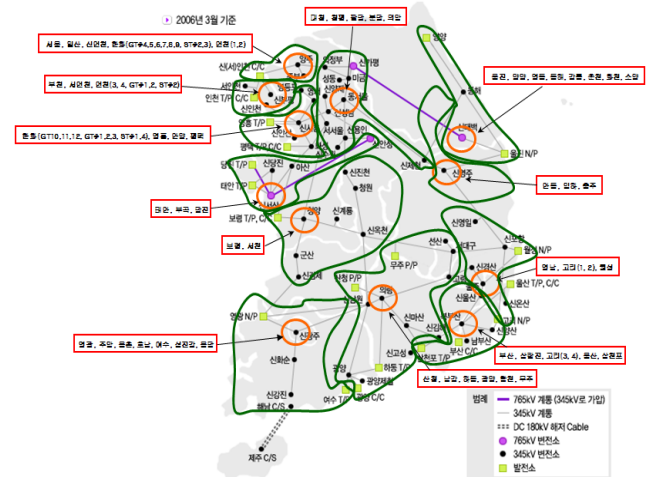
<그림 1> 계층적 전압제어 시스템 개요

선행연구를 통하여 소개된 계층적 전압제어의 효과는 다음과 같다. 전력계통에 계층적 전압제어를 적용하게 되면 연계 계통으로부터의 최대 수송전력을 증대시키는 장점이 있다. 두 번째로 계층적 전압제어의 동작 시간은 수분대로 부하의 회복 특성과 동일한 시간대를 가지고 있어 장기적인 전압안정도를 향상시킬 수 있다. 세 번째, 제어지역내의 발전원의 무효전력 여유를 균등하게 분배하여 무효전력 불균형의 문제를 예방할 수 있다. 마지막으로 평시 전압품질을 향상시키는 효과도 기대할 수 있다.

2.2 전력계통 무효전력 관리 시스템 개발

최근에 들어 우리나라에서도 지역적인 전압/무효전력 수요 불균형에 의한 전압 불안정 문제가 발생하고 있다. 특히 수도권의 경우 원거리에 위치한 전원으로부터 공급되는 전력이 무효전력 수급 불균형으로 인해 전송량이 제한되어 설비용량을 제대로 활용하지 못하는 문제점을 갖고 있다.

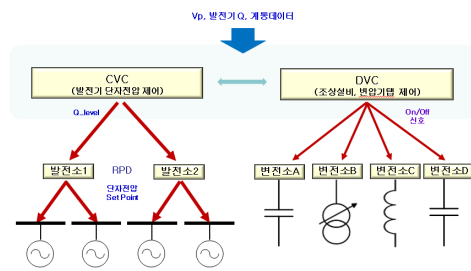
이에 전력연구원에서는 이러한 우리나라의 전압 불안정 문제를 전술한 계층적 전압제어 시스템의 적용을 통하여 해결책을 찾고자 2005년 전력 IT사업의 일환으로 “전력계통 무효전력 관리 시스템 개발” 과제를 수행하고 있다. 총 5차년도의 연구기간 중 현재 3차년도 연구개발이 진행 중에 있으며, 전압제어지역의 구분, 대표제어모선의 선정, 실증시험용 Test-Bed 구축 등이 완료되었으며, 현재 실증시험을 위한 시범사업지역을 제주계통으로 선정하고, 최종 연구개발품인 전압관리 시스템(VMS, Voltage Management System)의 시제품을 제작 중이며, 기 구축된 Test-Bed 시스템을 통하여 개발 알고리즘 및 시제품에 대한 실증시험이 진행 중에 있다.[3]



<그림 2> 전압제어지역, 대표모선, 제어대상 발전기 선정 결과

개발 중인 VMS는 속응형 무효전력원과 정지형 무효전력원을 각각 제어하는 속응형 전압제어기(CVC, Continuous Voltage Controller), 정지형 전압제어기(DVC, Discrete Voltage Controller)로 구성되어 있으며, 다시 CVC는 중앙장치와 여러 대의 무효전력분배기(RPD, Reactive Power Dispatcher)로 구성되어 있다. 본 논문에서는 CVC의 구성과 모의 결과에 대해서 논하기로 한다.

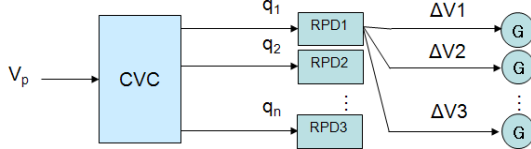
계통 전압 관리시스템 개념도 (VMS, Voltage management System)



〈그림 3〉 계통 전압관리 시스템 개념도

2.3 속응형 전압제어기(CVC, Continuous Voltage Controller)

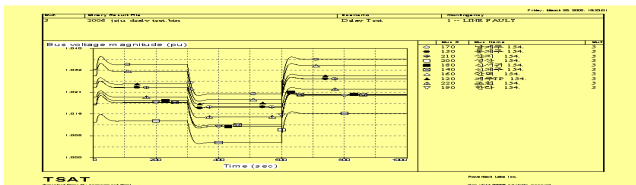
VMS를 구성하고 있는 제어기 중 하나인 CVC는 기 선정되어 있는 제어지역의 대표모선전압을 감시하여 설정되어 있는 대표모선의 전압을 유지하기 위해 제어지역내의 발전기들의 무효전력출력을 균등하게 분배하고 RPD에서 입력받은 무효전력 출력 지령을 AVR의 제어신호로 변환하여 각 발전기의 단자전압을 조정하는 방식으로 제어가 실시된다.



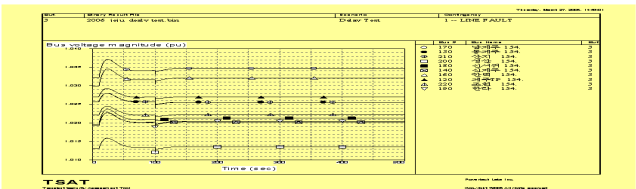
〈그림 4〉 CVC-RPD 제어흐름

CVC의 동작 검증은 TSAT을 이용한 오프라인 검증과 KEPS 시스템을 이용한 온라인 검증을 실시하였다.

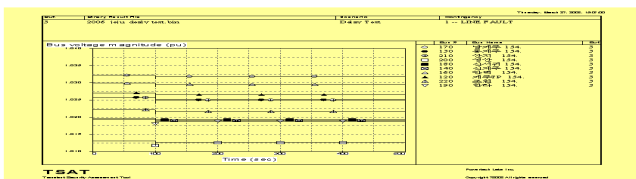
TSAT 모의를 위해 전술한 CVC와 RPD의 제어블록을 UDM모델을 작성하였다. 본 논문에서는 2개의 시나리오를 소개한다. 첫 번째 시나리오는 구현된 제어기의 전압제어 효과를 확인하기 위하여 대표전압모선 설정치를 임의로 변경하여 제어기 출력에 의한 부하모선의 전압이 변경되는 여부를 확인하였다. 두 번째 시나리오는 제주TP-동계주간 1회선 사고를 인가하고 구현된 제어기에 의하여 제어기가 없는 경우와 비교하였을 경우 어느 정도 효과가 있는지 여부를 확인하였다. 모의 결과는 다음 그림 5, 6, 7과 같다.



〈그림 5〉 TSAT 모의 : 전압추종 결과

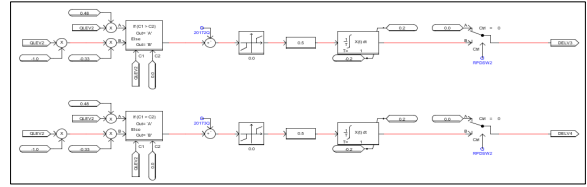


〈그림 6〉 TSAT 모의 : 사고 시 With CVC

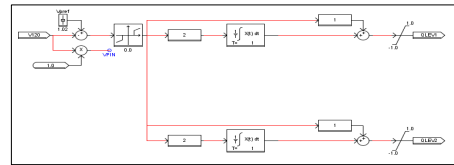


〈그림 7〉 TSAT 모의 : 사고 시 Without CVC

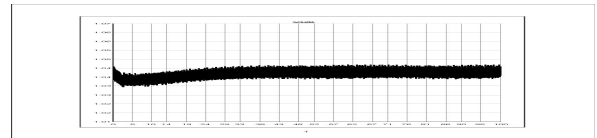
다음으로 기 구축된 Test-Bed를 이용한 개발 제어기의 효과 검증을 위해 RTDS에서 제공하고 있는 라이브러리와 제어블록을 통해 CVC와 RPD의 제어블록을 제작, 동작효과를 검증하였다. Test-Bed 환경에서의 제어기 효과 검증은 아직 초기 단계로 먼저 구현된 제어기의 정 동작여부를 확인하기 위하여 TSAT 모의와 같이 대표전압모선 운전 설정치를 임의의 조작하여 제어기 출력에 의한 부하모선의 전압 변동을 확인하였다. 구현된 제어블록과 모의 결과는 다음과 같다.



〈그림 8〉 RPD 블록



〈그림 9〉CVC 블록



〈그림 10〉 CVC 전압추종 결과

TSAT과 KEPS의 모의결과를 살펴보면 구현된 CVC와 RPD 제어블록이 대표전압모선의 전압변동을 감지하여 기 설정되어 있는 대표모선의 전압 값을 유지하기 위하여 동작하는 것을 확인 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 2005년 전력IT 국가사업으로 수행 중인 “전력계통 무효전력관리 시스템 개발”과제의 간략한 소개와 진행 사항, 그리고 3차년도에 진행 중인 CVC 개발과 실증시험의 과정 및 오프라인 해석 툴과 Test-Bed에서 실시된 검증 결과를 소개하였다.

전술한 바와 같이 계층적 전압제어를 실 계통에 적용한 선례를 검토하면 우리나라계통에 문제가 되고 있는 전압 불안정 문제 해결에 큰 도움이 될 것으로 예상하고 있다.

본 논문에서 소개하고 있는 CVC의 개발과 실증시험은 이러한 문제 해결의 첫 걸음으로 본 과제가 완료되고 시범사업지역에서의 시범운영이 성공적으로 완료되면 우리 계통의 안정적 운영은 물론이고 향후 해외 시장 진출도 바라볼 수 있을 것으로 기대한다.

실제 시제품 제작 및 실증 시험의 초기단계로 부족한 면이 많은 것이 사실이다. 특히 제어기 파라미터 설정의 경우 이론적 계산 값과 실제 동작 효과 검증의 결과는 많은 차이를 보이고 있어 앞으로 남은 연구개발 과정에서 보완이 이루어져야 할 부분이다.

향후 계획은 구축된 Test-Bed를 통하여 이번에 소개된 CVC외에 정지형 무효전력원의 제어를 담당하는 DVC의 제어효과 검증을 완료하고 시제품을 현장에 설치, 시범운영을 실시할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. ilic, J. christensen, K. L. Efchorn, "Secondary Voltage Control Using Pilot Point information" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 2, p660~668, 1988
- [2] Corsi, S.;Marannino, P.;Losignore, N.;Moreschini, G.;Piccini, G., 1995, IEEE transactions on power systems : a publication of the Power Engineering Society,v.10 no.2, ,p686-694
- [3] Su-Chul Nam, Joon-Ho Choi, Seung-Tae Cha, Jeong-Hoon Shin, Tae-Kyun Kim, No-Hong Kwak, Sang-Soo Seo, "The Determination of a voltage control area for installing the hierarchical voltage control system to the KEPCO system, 2007 ICEE