

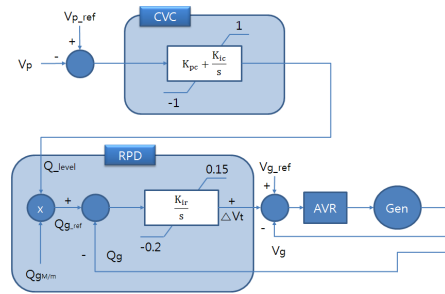
## FACTS를 고려한 전압관리시스템의 운영

남수철, 백승목, 송지영, 신정훈  
한국전력공사

### Operation of Voltage Management system considering FACTS

Suchul Nam\*, Seungmook Baek, Jiyoung Song, Jeonghoon Shin  
KEPCO

**Abstract** - 한국전력공사 전력연구원에서는 2005년 전력IT 과제인 “전력계통 무효전력 관리시스템 개발”을 통하여 ‘전압관리시스템(VMS, Voltage Management System)’을 개발하여 시범사업지역인 제주지역에 설치, 스마트그리드 실증사업에 참여하여 2013년 까지 운영할 예정이다. 전압관리시스템은 발전기 등의 순동무효전력원을 제어하여 계통 전압을 유지하는 중앙집중형 전압/무효전력 제어기이다. 이와 함께 한국전력공사에서는 제주지역의 전압/무효전력 특성 개선을 위하여 신제주변전소, 한라변전소에 각각 50MVA급 STATCOM을 설치하여 2011년 하반기부터 운영에 들어갈 예정이다. STATCOM 설비는 국부적인 전압/무효전력 개선을 위한 순동 무효전력원이다. 본 논문에서는 중앙집중형 전압/무효전력제어기인 전압관리시스템과 국부적인 전압/무효전력제어기인 STATCOM과 병렬 운전 에 따른 효과를 시뮬레이션을 통하여 검토하였다.



〈그림 1〉 CVC의 동작 개념도

## 1. 서 론

한국전력공사는 2005년부터 전력IT사업의 일환으로 수행된 ‘전력계통 무효전력 관리시스템 개발’과제를 수행하였다. 위 과제 수행을 통하여 전력계통의 전압/무효전력 특성을 이용하여 전압제어지역의 전압/무효전력을 계층적으로 제어하는 ‘전압관리시스템’을 개발하고 시범사업지역으로 선정된 제주지역 2009년부터 설치를 시작, 2010년에 설치를 완료하고 제주지역 전력계통 운영자의 한국전력거래소 제주지사, 계통운영 참여자인 한국중부발전(주), 한국남부발전(주)과 공동으로 시범운영을 실시하고 있다. 개발된 전압관리시스템은 중앙집중형 전압/무효전력 제어기로서 시범운영결과 제주지역의 전압 품질 개선효과를 확인하였으며 순동무효전력여유 확보를 통한 안정도 개선효과도 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

이와는 별도로 한국전력공사에서는 제주지역의 고질적인 전압/무효전력 문제(전류형 HVDC 연계 운전에 의한 무효전력 보상 문제, 방사형 계통 구조에 의한 말단 모선의 전압 문제) 해결을 위한 순동무효전력 보상기인 STATCOM 기기의 도입을 계획하고, 신제주 변전소와 한라 변전소를 설치위주로 결정하고, 각각 50MVA 용량의 STATCOM을 설치, 2011년 하반기부터 운영에 들어갈 예정이다.

본 논문에서는 각각 별도의 목적을 위하여 설치, 운영하게 될 전압관리시스템과 STATCOM을 모델링하고 시뮬레이션을 통하여 상호 연계 운전에 대한 효과를 검토하였으며, 향후 연계 운전에 대한 방안 에 대한 검토를 실시하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 전압관리시스템

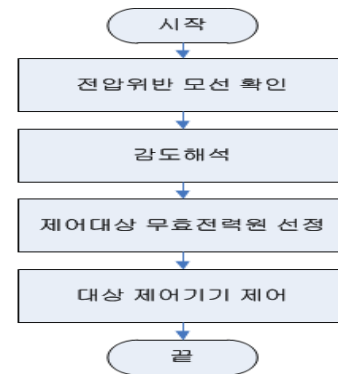
개발된 전압관리시스템은 발전기와 정지형 무효전력원을 모두 제어할 수 있도록 개발되었다. 발전기 제어를 담당하는 속응형 전압제어기와 조상설비 등의 무효전력원을 제어하는 정지형 전압제어기 그리고 두 제어기를 협조 제어하는 협조제어기로 구성되어 있다.

#### 2.1.1 속응형 전압제어기

속응형 전압제어기(CVC, Continuous Voltage Controller)는 대표모선의 전압을 감시하는 현장정보 취득 장치(FDMU, Field Data Measurement Unit), 실제 발전기의 단자전압을 제어하는 무효전력분배기(RPD, Reactive Power Dispatcher)와 전압관리시스템 중앙장치로부터 지령을 받아 RPD에 무효전력 출력량을 담당하는 중앙제어기로 구성되어 있다.

### 2.1.2 정지형 전압제어기

정지형 전압제어기(DVC, Discrete Voltage Controller)는 SCADA/EMS 데이터를 이용하여 최적화기반의 수치해석을 통해 전력계통의 전압/무효전력 제어를 위한 제어기기를 선정하고 제어를 실시한다.

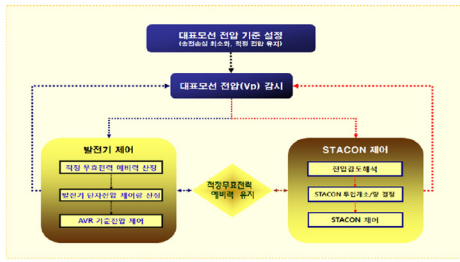


〈그림 2〉 CVC의 동작 순서도

### 2.1.3 주제어기

CVC와 DVC의 협조제어를 담당하는 협조제어 알고리즘은 계통의 순동무효전력 여유를 확보하기 위하여 동작하게 된다. CVC의 동작으로 운영자가 설정한 무효전력 여유 범위를 벗어나게 되면 DVC가 동작하여 순동무효전력 여유를 복구하게 된다. 협조제어 알고리즘의 동작순서는 다음과 같다.

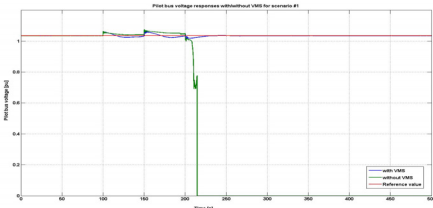
운영자는 계통을 안정하게 운전하기 위한 적절한 순동 무효전력 여유를 결정하고 주제어기에 입력한다. 부하증가, 선로사고 등의 외란에 의하여 대표모선 전압이 변동하게 되면 먼저 CVC가 동작하여 계통의 전압을 제어하게 된다. CVC동작으로 계통의 순동무효전력여유가 변동하게 되어 운영자가 설정한 기준을 벗어나게 되면 협조제어 알고리즘은 DVC에 동작지령을 주게 된다. DVC는 SCADA/EMS로부터 취득한 조류계산 데이터를 이용하여 계통의 순동 무효전력 여유 회복을 위한 정지형 무효전력원 투입량을 계산하고 투입 제어기를 선택한다. 선택된 제어기들은 계통의 과전압 또는 저전압을 방지하기 위하여 순차적으로 계통에 투입된다. DVC에 의해 정지형 무효전력원이 투입되면 CVC가 다시 동작하여 순동무효전력 여유를 회복하게 된다.



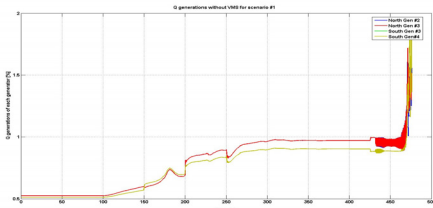
<그림 3> 주제어기 협조제어의 개요

2.1.4 VMS 시뮬레이션 결과

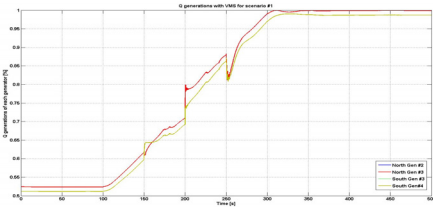
TSAT을 이용하여 구성한 모의 CASE에서 제주지역 전압붕괴 CASE를 구성하여 모의한 결과 VMS 동작효과이다. 그림 3에서 VMS가 동작하지 않을 때 제주계통이 붕괴하는 경우를 보여주고 있다. 마찬가지로 VMS가 동작하여 순동무효전력 여유가 확보되어 제주계통이 붕괴하지 않고 유지되는 것을 보여주고 있다. 그림 4와 5는 각각 VMS가 동작하지 않은 경우와 동작한 경우의 발전기 Q 출력을 보여주고 있다.



<그림 4> 모의 결과 계통 전압비교



<그림 5> 발전기 Q 출력 비교(Without VMS)



<그림 6> 발전기 Q 출력 비교(With VMS)

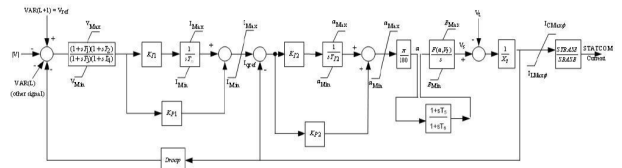
2.2 제주지역 설치 STATCOM 모델링

제주지역에 설치되는 STATCOM은 국내 업체에 의한 개발된 국산 기자재로 IGBT 소자를 이용한 24-Pulse Multi Level DC-AC 변환방식을 채용하였다. 이는 기존 업체들의 PWM 방식과 구별되는 특징으로 24-Pulse Multi-Level 변환 방식은 PWM 방식에 비해 스위칭 주파수가 낮기 때문에 비교적 변환손실이 작다. 또한 변환된 SC 출력이 IEEE 519 기준을 만족하기 때문에 별도의 고조파 필터가 필요하지 않은 장점이 있다.

2.2.1 STATCOM 모델링

그림 7은 개발된 SATCOM의 전체 시스템 구조를 보여주고 있다. 첫 번째 PI 제어기는 측정된 외부 AC 전압(V)와 기준 전압(Vref)의 크기를 비교하여 주입해야 할 리액티브 전류(Iqref)를 결정하는 역할을 한다. 두 번째 PI 제어기는 첫 번째 제어기에서 결정된 전류 기준값(Iqref)과 실제 주입되고 있는 전류의 크기(Iq)를 비교하여 α각을 계산해 낸다. 이 각도는 외부 계통으로부터 유효 전력을 흡수하기 위해 만들어지는 인버터 출력 전압과 외부 AC 단자 전압과의 위상차를 의미한다. 세 번째 블록은 두 번째 PI 제어기에서 계산된 α각을 이용하여 인버터로 흡수되는

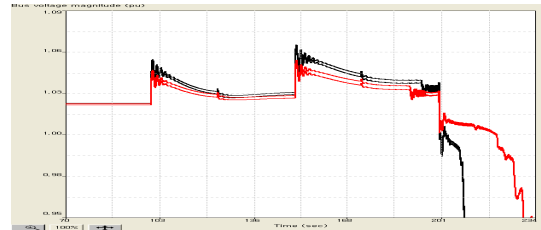
유효 전력을 계산하는데 사용된다.



<그림 7> STATCOM 시스템 구조

2.2.2 STATCOM 시뮬레이션 결과

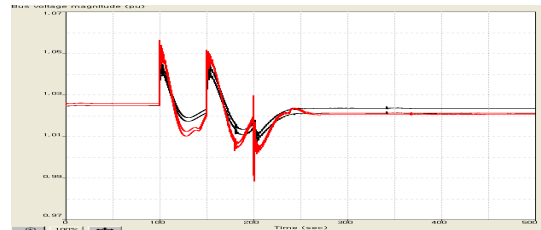
그림 8은 제주계통에 설치된 STATCOM의 동작효과를 보여주고 있다. 계통외란 발생 시 STATCOM이 설치된 신제주와 한라 변전소의 전압이 보상되는 것을 확인할 수 있다.



<그림 8> 신제주, 한라 모션 전압 개선

2.3 VMS, STATCOM 병렬 운전 시뮬레이션 결과

VMS는 전압제어지역의 대표모션의 전압유지를 목표로 운전하고 있어, 대표모션 또는 발전단과 상대적으로 원거리에 위치한 말단 부하에 저전압 또는 과전압이 발생할 수 있는 단점이 있다. 이러한 단점은 문제가 발생하는 말단 부하에 순동 무효전력 보상기를 설치하여 해결할 수 있다. 그림 9는 이와 같이 제주계통의 말단부하에 설치된 STATCOM에 의하여 VMS에 의한 전압보상효과가 상대적으로 적었던 말단 부하모션의 전압개선효과를 보여주고 있다.



<그림 9> Q 보상에 의한 과전압/저전압 개선

3. 결 론

본 논문에서는 개별적인 목적으로 연구개발이 완료되고 제주계통에 적용되는 전압관리시스템 VMS와 STATCOM 설비에 대하여 소개하고, 병렬운전의 효과에 대하여 소개하였다. 그 결과 적절한 위치에 설치되어 운전하는 STATCOM을 이용하여 VMS의 운전 단점을 보강할 수 있는 효과를 확인하였다.

향후 본 연구과제 결과를 바탕으로 STATCOM과 전압관리시스템간의 협조 운전 방안 마련과 같은 추가 연구를 수행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] 박정수, 최종윤, 김준성, 한영성, 서인영, “제주 50MVA STATCOM의 PSSE Dynamic Modeling”, 2010년도 대한전기학회 전력기술부분회 추계학술대회 논문집, 168P~169지, 2010년  
 [2] 남수철, 신정훈, 백승묵, 이재걸, 문승필, 김태균, “광역계통 전압/무효전력 관리를 위한 전압관리시스템의 개발 및 현장설치”, 대한전기학회 논문지, 제59권 제9호, 1540-1548, 2010