

## 스마트파워그리드 계통에서의 통합 전압관리방법에 관한 연구

**신동휘, 황우현, 김경환(KEPCO), 김자희**  
서울과학기술대 산업정보시스템 대학원

### A study of the Intergrated Voltage stabilization method based Smart PowerGrid due to Large Amount of Distributed Generation

Shin, Dong Hwi, Hwang, Woo Hyun, Kim Kyeng Hwan(KEPCO)  
Kim, Ja Hee <Seoul National University of Science and Technology>

**Abstract** - 스마트그리드가 출현함에 따라 향후 배전계통에 태양광, 풍력, 연료전지, 전력저장장치, 전기자동차(V2G) 등의 분산전원의 연계는 급속도로 증가할 것이며 더불어 배전계통은 더욱 더 복잡하게 될 것이다. 이로 인해 발생하는 가장 큰 문제는 계통의 전압변동 문제이다. 복잡한 전압변동 문제를 해결하지 못하면 스마트그리드 계통의 전력품질과 안정도에 악영향을 끼칠 것이다. 스마트그리드 계통 하에서 분산전원의 위치는 변전소 근처 전원단부터 부하 말단까지 전원사업자의 필요에 따라 설치하게 될 것으로 지금까지의 전압변동, 조류계산 등의 모델링 방법으로는 해결하지 못하는 문제가 발생하게 될 것이다. 이 논문에서는 분산전원 배전계통 연계 용량 확대를 위해 실 선로의 실시간 전압 측정값을 이용한 분산전원 연계 스마트그리드 계통의 통합 전압관리안정화 방법에 대해 제안하고자 한다.

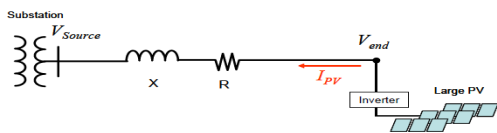
#### 1. 서 론

분산전원이 배전계통에 연계되면 분산전원의 용량, 유효전력, 무효전력, 부하설비, 선로임피던스 등에 따라 배전계통 전압이 국지적으로 변동하게 된다. 배전계통의 규정전압을 유지하기 위해 특고압 측(22.9kV-y)에서는 변전소 주변압기에 설치되어 있는 LDC(Line Drop Compensator)의 ULTC(Under Load Tap Changer)를 사용하고 저압측에는 구간별 선로 전압강하 계산에 의하여 배전용수상변압기(Pole Mounted Transformer) 탭 위치를 변경하여 고객측 공급전압을 관리하고 있다. 그러나 이 방법은 전원과 부하가 구분된 방사상 배전계통의 단방향 조류에 의한 전압변동만 고려된 것으로 부하와 전원이 루프형태로 혼재되어 국지적인 양방향 조류가 발생하는 스마트파워그리드 환경의 배전계통에서는 적용하기 어렵다. 또한 기존 시스템은 특정구간, 특정시간대에 배전계통의 전압의 상승, 변동 원인을 제공하여 계통 모델링에 의한 통합 전압관리방법을 어렵게 하기도 한다. 본 논문에서는 전원과 부하가 혼재되어 있는 루프계통에서의 기존 전압관리 시스템과 연계하여 국지구간의 전압관리와 계통전체의 전압을 관리할 수 있는 통합 전압안정화 알고리즘과 스마트파워그리드 계통에서 적용될 전압안정화 방법을 제시하고자 한다.

#### 2. 본 론

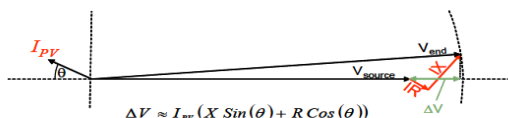
##### 2.1 분산전원 연계와 전압변동

기존 방사상 배전계통에서는 변전소 측에서 부하 측으로 단방향(정방향)조류가 흐르게 됨으로써 선로임피던스에 의한 전원측 전압강하만 고려하여 계통전압을 관리하여도 큰 문제가 없었다. 그러나 (표 1)과 같이 분산전원이 계통에 접속함에 따라 양방향(역조류)이 발생하여 전원 측 계통에서는 보면 역으로 선로임피던스에 의한 전압상승(역기전력)이 발생하게 된다.



〈표 1〉 분산전원 연계 시스템 구성도

또한 역류조류의 부하전류의 역률(진상, 지상)에 따라 전압의 상승과 강하가 발생할 수 있어 분산전원 전압 위상각(진상, 지상) 제어에 의해 루프계통의 통합전압관리시스템 알고리즘을 구성하여 피더별 분산전원 연계용량을 확대를 기대할 수도 있다.



〈표 2〉 역조류에 의한 전압변동 벡터도

##### 2.1.1 배전계통 전압유지 기준

고객에게 안정적인 품질의 전력을 공급하기 위해 한전계통의 전압 유지범위는 전기사업법령에 의하여 <표 3> 과 같이 표준전압 및 허용오차 범위에서 유지되도록 하여야 한다고 규정하고 있다.

〈표 3〉 저압 표준전압 및 허용오차(전기사업법 시행규칙)

표준전압	허용오차
220V	220V의 상하로 13V 이내
380V	380V의 상하로 38V 이내

또한 전기사업자가 계통에서 유지해야 할 전압 조정목표로서 배전용 변전소는 배전선 인출 측의 전압을 기준으로 중부하시는 최대 계통운전 전압으로 하고 경부하시에는 배전선로 전압강하를 고려하여 중부하시와 경부하시의 부하비율에 따라 결정되되 22.9kV 계통의 전압 조정 장치를 수동으로 운전하는 경우에는 부하대별 전압조정목표에 따르도록 규정하고 있다. 이와 관련하여 선로전압강하 구성형태에 따라 한전 계통 배전용 변전소의 송출전압은 <표 4> 같이 유지하도록 정하고 있으며 특고압 한전계통의 전압유지기준을 <표 5> 과 같이 정하여 운영하고 있다.

〈표 4〉 배전선로 전압강하 구성형태에 따른 변전소 단위 송출전압 유지 기준

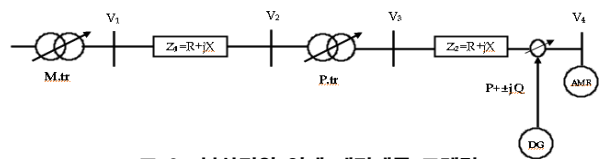
구분	전압강하 5% 이내	전압강하 5% 초과
유지기준	22.9kV(-2.5% ~ +2.5%)	22.9kV(-1% ~ +4%)
송출전압	22,400V ~ 23,500	22,700 ~ 23,800

〈표 5〉 특고압 한전계통의 전압 유지범위

표준전압(V)	전압유지범위(V)
13,200/22,900	12,000 ~ 13,800/20,800 ~ 23,800

##### 2.2 스마트그리드 계통에서의 전압관리 시스템 구성

본 논문에서는 2.1.1의 전압유지범위 기준을 만족하는 통합 전압관리 알고리즘을 구성하기 위해 현재 한전계통에서 실시간으로 데이터 감시, 측정이 가능한 4개 포인트를 선정하였다. 최종 고객측 부하 전압은(V4) AMR 시스템에서 15분 단위로 측정할 수 있으며, 주상변압기 전압(V3)은 무선부하감시시스템을 이용하여 1차 전압을 취득할 수 있다. 또한 선로별 고유임피던스(%Z)값을 거리에 비례하여 전압강하( $\Delta V = I(R\cos\theta + X\sin\theta)$ )를 산정하여 전압을(V2)얻을 수 있다. 마지막으로 전원측 전압은(V1) 주변압기 전압을(AVR) SCADA시스템을 통하여 실시간으로 취득할 수 있다. 또한 현재의 시스템에서 취득된 4개의 전압과 분산전원 접속점(PCC) 전압(V5)은 인터페이스장치(I/F) 통하여 실시간으로 취득이 가능하며 인터페이스 구성에 따라 분산전원의 무효전력을 제어할 수 있으며 전압관리를 더 효율적으로 할 수 있다. 본 시스템에서는 측정된 5개의 구간별 전압 데이터로 전압강하( $\Delta V$ ) 산정 및 M.TR, P.TR 탭 변경치 및 분산전원 출력제어 등을 위한 계통 모델링을 아래와 같이 구성하였다.



〈표 6〉 분산전원 연계 배전계통 모델링

##### 2.2.1 전압안정화 알고리즘

다음 <표 7> 는 5개의 전압을 이용한 스마트그리드 배전계통 전압안정화 알고리즘을 보여준다.

