

특집 : 분산전원 기술동향

분산전원 연계 배전계통 안정화를 위한 D-EMS 기능 분석

정봉상*, 전영환**

(홍익대 전자전기공학부 *석사과정, **교수)

1. 서론

단지형태의 분산전원 이외의 신재생 에너지는 대부분 배전 시스템에 분산전원(DER : Distributed Energy Source)의 형태로 분포될 것이며, 신재생 에너지원을 포함한 대부분의 소용량 분산전원(DER : Distributed Energy Resource)은 22.9 KV 이하의 저압 배전계통에 분포하게 된다. 분산전원(DER)의 도입은 소비자단에서 사용하고 남은 잉여전력을 발생시킨다. 이 잉여전력은 부하단에서 배전망으로 흐르는 역조류를 발생시키며, 배전계통의 노드(node)에 과전압문제를 일으킨다. 이를 해결하기 위한 일반적인 대처방안으로 배전 계통의 루프화를 통한 문제 해결이 유력할 것으로 보인다. 한편, 출력제어가 불가능한 분산전원(DER)의 도입량 증가에 따른 수급불균형 문제는 더 이상 기존 발전기의 출력 제어만으로는 대처하기 어려운 상황으로 발전하게 될 것이다. 이 때 문에 배전 지역별로 수급의 불평형을 어느 정도 안정화 시킬 필요가 있다.

배전계통에 도입되는 분산전원(DER)에 의한 역조류 문제는 수용가 단의 전압상승 문제 야기뿐만 아니라 보호계전 시스템의 전반적인 재검토를 필요로 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는, 현재 운용중인 배전자동화 보다 더욱 발전된 형태의 배전 운용 시스템이 필요하게 될 것이며, 이러한 시스템을 배전계통 Energy Manage System(D-EMS)이라 칭하-

었다. 이때, D-EMS는 22.9KV feeder 이하의 배전 시스템을 제어대상으로 한다.

또한, 분산전원(DER)의 도입량 증가에 따른 무효전력의 수급문제는 기존의 배전망 운영의 개념으로는 효율적인 제어가 어려우며, 유효전력의 급변에 의한 문제도 배전 지역별로 어느 정도 안정화 시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 배전계통 운영에도 Energy Management System(D-EMS)의 도입이 필요할 것으로 사료된다. 본 기사는 분산 전원 연계시의 배전 계통의 안정화 및 에너지 최적화를 위하여 활발히 연구 중인 스마트그리드 체제로의 이행을 위하여 도입이 필요한 배전계통에서의 에너지 관리시스템의 기능을 분석하고자 한다. 이는 전력망 운용을 위한 통신 네트워크의 아키텍처 수립을 위한 필요 기능 분석 작업이라 할 수 있다.

2. 본론

D-EMS는 배전시스템으로 구분되는 22.9 kV의 feeder 이하의 전압레벨의 배전시스템의 전력조류 및 전압을 모니터링하고 제어하는 시스템으로 정의한다. D-EMS는 SCADA나 한국전력거래소의 EMS와 연계가 되어 운영될 것으로 보이며, 배전계통의 운영시스템의 변화가 SCADA에도 영향을 미칠 것으로 보이며 전체적인 역할의 분담에 대해서는 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

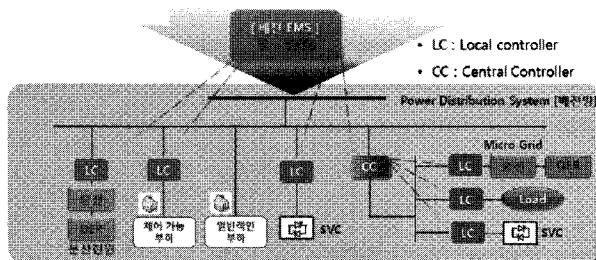


그림 1 D-EMS와 하부제어기의 관계

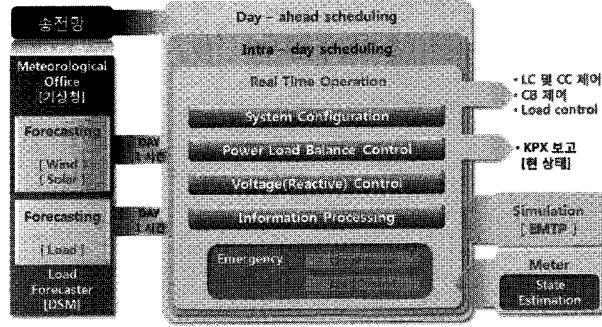


그림 3 D-EMS의 기능 분석도

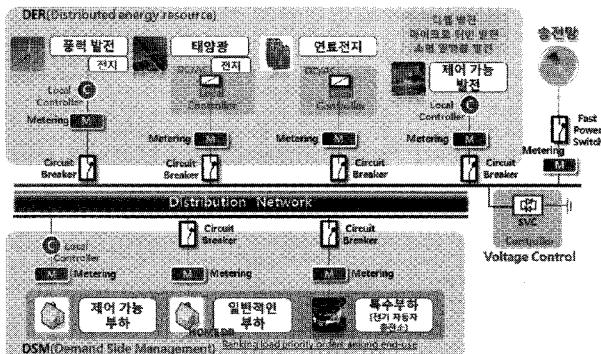


그림 2 마이크로 그리드(Micro Grid)의 구조

현 전력망은 대형 발전기에서 생산된 전력이 송전망에서 배전망으로 송전되기 때문에, EMS는 송전망을 중심으로 감시 제어하고 있다. 현재의 배전망에는 분산전원이 제한적으로 도입되어 전력조류에는 크게 영향을 미치지 못하고 있다. 그러나 신재생에너지를 비롯한 분산전원의 보급이 급속도로 확대되는 경우, 대규모 분산전원(DER)이 배전계통에 연계되어 새로운 감시 및 제어방법이 필요하게 될 것이다. 분산전원의 역조류에 의한 수용가단의 노드전압의 상승문제 하나만 보더라도 기존의 배전망 운영 개념으로는 운용 및 제어가 어려운 것이 현실이다. 따라서 배전계통의 운영은 발전기가 포함된 배전계통의 무효전력수급제어에 의한 배전계통의 전압안정화, 유효전력의 평활화를 통한 주파수 및 전압 안정화 제어를 위한 새로운 시스템인 D-EMS가 필요하다.

D-EMS와 배전계통의 명령체계는 그림 1과 같다. 분산전원의 LC(Local Controller)는 풍력 발전 및 태양광 발전을 포함한 모든 발전기의 출력 및 전압을 제어하게 된다. 필요한 경우 출력변동제어를 위해 에너지 저장장치도 포함할 수 있다. 배전계통의 부하는 크게 제어 가능한 부하(Controllable Load)와 제어 불가능한 부하로 나눌 수 있다. 제어 가능한 부하는 DR 프로그램에 따라 D-EMS에서 제어할 수 있는 부하를 말한다.

저압 배전망에 연계되어 D-EMS에 의해 운영되는 마이크

로 그리드는 그림 2와 같이 구성될 것이다. 풍력발전, 태양광 발전 모듈은 출력변동을 제어하기 위한 보조 축전지가 포함될 수 있다. 제어가능 발전기단은 아파트 및 기타 밀집 건물에 있는 디젤 발전, 마이크로 터빈, 소형 열병합 발전 등이 있다.

EMS는 송전계통의 모니터링 및 제어를 위한 시스템이므로, 배전계통의 운전에 직접적인 연관은 없다. 그러나 시장가격의 예측치를 EMS(MOS)로부터 받게 되면, 배전계통 내의 분산전원 및 에너지 저장 장치의 최적운용계획을 수립할 수 있다. 반면, EMS는 D-EMS로부터 시스템의 제반 정보를 취득할 수 있다.

3. D-EMS의 기능

D-EMS의 주 기능은 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 분산전원이 연계된 배전시스템의 모니터링 및 안정적인 운영. 둘째, EMS와 연계하여 제어 가능한 분산전원의 경제적인 운영이라 할 수 있다. 이 중에서 가장 중요한 부분이 loop화된 배전망의 전압제어라 할 수 있다. 세부적인 기능을 서술하면 다음과 같다.

3.1 Day-ahead scheduling

KPX의 하루 전 급전계획에서 생성되는 시장가격과 기상 예측 정보를 활용하여 신재생 에너지의 발전량 예측, 에너지 저장장치의 용량을 고려하여 제어 가능한 분산전원의 급전계획을 세운다. 이 때 사용하는 정보는 다음과 같다.

- KPX의 시장가격
- 배전 계통의 상태
- 에너지 저장장치의 상태
- 기상청에서 하루 예측 바람세기 및 광사량
- 부하 예측, DR 프로그램 현황

3.2 Intra-day scheduling

Day-ahead Scheduling을 기초로 10~15분간의 단기간

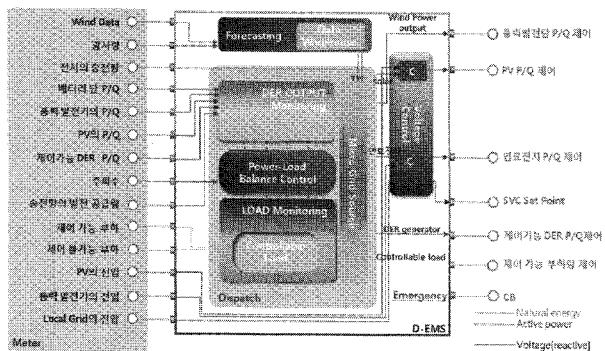


그림 4 D-EMS의 실시간 운영 기능의 데이터 흐름

급전계획을 세우는 기능이다. 실제 운전에서는 이 계획을 기초로 운영이 된다. 이 때 사용되는 정보는 다음과 같다.

- Day-ahead Scheduling
- 단기 부하 예측 결과
- 배전 계통의 상태
- 에너지저장장치의 상태
- 기상청에서 1시간 예측 바람세기
- 기상청에서 1시간 예측 광사량
- KPX에서 공급되고 있는 발전량

3.3 배전망의 상태 추정 기법

배전망의 정보를 정확히 모니터링하고 제어하기 위해서는 상태추정이 필요하다. 배전 계통의 특성상 상불평형이 많이 나타나기 때문에 3상에 대한 상태추정이 필요할 것으로 보인다.

3.4 실시간 운영(Real Time Operation)

Real-Time Operation에서는 Intra-day scheduling의 수급계획을 이용하여 배전계통을 운영한다. D-EMS의 제어가능 자원인 분산전원 및 제어가능 에너지 저장장치, DR 프로그램과 연계된 부하 등을 이용하여 제어한다.

3.5 Power Balance Control

소용량 분산전원의 경우, 계통은 무한대 모션으로 모델링 가능하였다. 즉, 대용량 발전기의 출력조정에 의존한 주파수 제어가 효율적이기 때문에 지금까지 분산전원의 운용에서 주파수안정도 문제는 크게 나타나지 않았다. 그러나 신재생에너지 중심으로 한 분산전원의 보급이 늘어나게 되면, 대용량 발전기 만에 의한 주파수 제어는 한계에 부딪치게 된다. 따라서 배전망에서 어느 정도의 수급 제어가 필요하게 된다.

그림 5에서와 같이 풍력이나 태양광은 기상상황에 따라 급격한 출력변동 특성이 있으므로, 배전계통 내에 존재하는 제

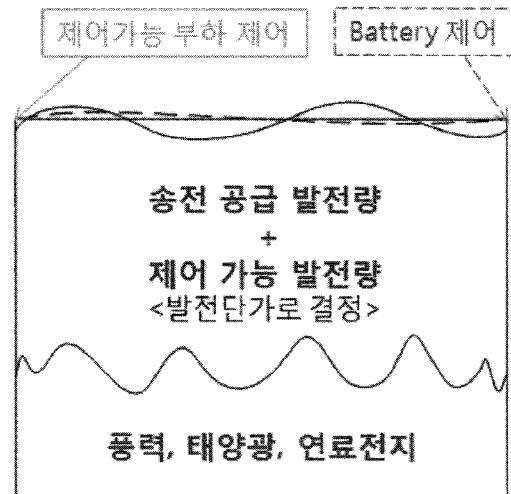


그림 5 Power Balance Control

이 가능 분산전원이나 에너지저장장치의 출력 제어에 의해 수급을 어느 정도 조절이 하게 되면 주파수 안정도 향상에 크게 기여하게 된다.

3.6 Voltage Control

현재 배전망의 부하 및 전압 상태의 정보를 이용하여 루프화된 Feeder의 스위칭이나 SVC, DSTATCOM 등의 무효전력 보상장치, 분산전원의 무효전력 관리를 통해 배전망 전체의 무효전력관리가 필요하다. 이 기능은 기존의 EMS에서는 없는 기능이다.

역조류에 의한 과전압문제 해결 및 전압안정화를 위한 해외의 연구는 태양광 발전출력의 유효전력을 일부 무효전력으로 출력하여 배전계통의 전압을 관리하는 방법이 연구되고 있다. 다른 한 가지로는 배전계통에 수지상으로 펴져있는 Feeder간에 loop line을 설치하여 배전계통을 루프/매쉬 형태로 만들어 역조류 및 배전계통의 전압을 관리하는 방법을 연구하고 있다.

4. 결 론

대규모의 분산전원이 연계된 배전계통의 안정된 운영을 위해서는 D-EMS가 필요하다. D-EMS를 구현하기 위해서는 배전계통의 정보통신망 구성이 매우 중요하다. 배전계통의 정보통신망의 체계를 설계하기 위해서는 D-EMS의 기능 분석 및 필요 데이터의 종류를 정의하고 그 특성에 대해서 연구할 필요가 있다. 이러한 기능의 완벽한 구현을 위해서는 앞으로 세부적인 기술 개발 및 시스템의 개발에 정진해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Mark McGranaghan, "Functions of a Local Controller to Coordinate Distributed Resources in a Smart Grid", Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-6. 2008.
- [2] Hahn Tram, " Technical and Operation Considerations in Using Smart Metering for Outage Management", Transmission and Distribution Conference and Exposition, pp. 1-3, 2008.
- [3] Ha.Bertaini, "Management of Low Voltage Grids with High Penetration of Distributed Generation: concepts, implementations and experiments", PARISuency Power Conversion Conf, Rec. pp. 100-110, 1988.

〈필자소개〉



정봉상(鄭俸祥)

1986년 2월 2일생. 2008년 홍익대 전자전기공학부 졸업. 2009년 동 대학원 전기정보제어공학과 석사과정.



전영환(全瑩煥)

1961년 2월 8일생. 1983년 서울대 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년~1994년 한국전기연구소 근무. 1997년 동경대 졸업(공박). 1997년~1998년 동경대 교수 역임. 1998년~2002년 한국전기연구원 그룹장. 2002년~현재 홍익대 전자전기공학부 교수.