

## Orchestrating the Distribution System

EPRI Examines New Technologies and Methods to Help See, Manage, and Optimize New Energy Resources

### 배전시스템을 지휘하다

Mary Beckman  
Electric Power Research Institute

향후 10년간 미국 뉴욕에서 재생에너지는 빠르게 늘어날 것이다. 2030년까지 뉴욕주의 전력회사는 뉴욕주에서 사용하는 전기의 50%를 태양광, 풍력, 수력 및 바이오매스에서 가져와야 한다. 미국 에너지정보국(U.S. Energy Information Administration)에 따르면 2017년에 수력을 포함한 재생에너지가 28%를 차지하고 있다. 증가하는 재생에너지와 함께 전기의 생산은 더욱 분산될 것으로 예상되며, 이는 배전망 운영자에게 엄청난 함의를 갖는다.

뉴욕주 에너지연구개발국(NYSERDA, the New York State Energy Research and Development Authority)의 분산 에너지 연계 프로그램 책임자인 데이브 크루델(Dave Crudele)에 따르면 뉴욕주는 청정 분산 전원을 상당히 많이 사용하는 아주 적극적인 기후변화 대응 목표를 가지고 있다.

뉴욕주를 포함하여 전국의 배전망은 원래 분산 전원(DER, Distributed Energy Resources)을 위해 설계되어 있지 않다. 배전망을 따라 분산되어 있는 동적 전원을 연계하기 위해 제어와 운영 시스템의 업그레이드가 필요하다.

EPRI의 Senior Program Manager인 제프 스미스(Jeff Smith)

에 따르면 분산 전원에 대한 정보와 제어가 없이는 분산 전원이 배전망과 같이 운영될 수 없다. 여기에서 전반적인 원칙은 측정이 개선을 이끈다는 것이다. 만일 어떤 것은 측정할 수 있다면 그것을 이해할 수 있게 된다. 그리고 이해할 수 있게 된다면 관리할 수 있고, 관리할 수 있다면 개선할 수 있다.

현재 EPRI는 NYSEDA 및 3곳의 뉴욕 전력회사와 같이 신뢰성과 전력 품질을 개선하기 위해 실시간 분산 전원 운영에 대한 인식 정도를 개선하고 제어 시스템의 반응을 더욱 빠르게 하는 소프트웨어를 개발하고 있다.

EPRI는 뉴욕주가 전력망에 더 많은 분산 전원을 쉽게 연계할 수 있도록 많은 연구개발 프로젝트를 제안해 왔다고 크루델은 말했다.

### HYBRID CONTROL

미국 내 전력망은 전기가 한 방향으로만 흐르게 설계되어 있다: 전기는 한 쪽 끝에서 만들어져 변전소로 송전되고 다시

이 기사는 Electric Power Research Institute와의 협약에 의해 한국어로 번역되어 게재되었습니다. Electric Power Research Institute와 한국전력공사는 원문 및 한국어판의 저작권을 보유하고 있습니다. 원문은 Electric Power Research Institute 홈페이지 <https://epri.com>에서 보실 수 있습니다.

Copyright © 2019 Electric Power Research Institute, Inc.

The Electric Power Research Institute, Inc. ("EPRI") assumes no liability with respect to the translation or use of, or for damages resulting from the translation or use of the information contained herein. Further, EPRI makes no warranty or representations, expressed or implied, with respect to the accuracy or completeness of the translation or the usefulness of the information contained herein.



늘어나는 지붕 태양광으로 전기가 여러 방향으로 흐르는 등 배전망은 더욱 동적으로 변하고 있다.

다른 한 쪽 끝에 있는 고객에서 배전망을 통해 공급된다. 오랜 기간 전력망의 관리는 일관적이었다. 전력회사는 전력 생산량과 소비량을 추적하고, 예측과 계획을 위해 과거 이력자료를 사용해왔다.

모든 전기가 발전소에서 소비지로 흘러갔기 때문에 가능했던 일입니다. 오늘날 우리가 배전망에서 관찰할 수 있는 동적으로 변하는 것들은 당시에 아무것도 없었다고 EPRI의 Senior Technical Executive 브라이언 디버(Brian Deaver)는 말한다.

태양광이나 풍력처럼 흩어져 있는 간헐적 에너지원이 늘어날수록 배전망은 여러 방향으로 전기가 흘러 훨씬 동적으로 변했다. 전통적인 제어시스템은 이런 전기의 흐름을 관리할 수 있을 만큼 복잡하지 않았다. 지붕 태양광을 가진 이웃집을 생각해보자. 어느 햇볕 좋은 날, 지붕 태양광이 전기를 생산 중일 때 전력회사의 제어시스템은 발전 중인 사실을 인지할 수 없었고 그 집에서 전력망을 통해 아주 적은 양의 전기만 사용하고 있다는 정도만 알 수 있다. 결과적으로 배전망을 통해 전기가 흐름에도 불구하고 운영자는 적은 일정량의 수요만 파악할 수 있을 뿐이다. 하지만 구름이 끼면서 태양광 발전이 줄어들 때 많은 주택이 갑자기 전력회사의 전기를 사용하게 되고 운영자는 예상하지 못했던 많은 전력 수요를 직면하게 된다.

간헐적 분산 전원을 가진 배전망의 운영을 돕기 위해 EPRI는 하이브리드 제어를 연구 중이다. 하이브리드 제어는 현재의 제어 시스템과 새로운 방법을 하나로 묶어 분산 전원의 위치를 파악하고, 에너지 생산량을 감시하며, 전력 흐름에 얼마나 도움이 될지 최적화하는 세 가지 기능을 수행한다.

목표는 분산 전원을 전력회사의 전력 인프라, 로컬 자동 제어 및 중앙제어와 연계하기 위해 전력회사의 배전운영시스템(DMS, Distribution Management System)을 새롭게 프로그래밍하는 것이다.

하이브리드 제어 프로젝트를 이끌고 있는 EPRI의 Senior Project Manager 린지 로저스(Lindsey Rogers)에 따르면 현재 전력망을 운영하는 방식으로는 태양광 발전이 작은 범위의 지역에서 과도 전압을 일으킬 수 있음에도 불구하고 배전운영시스템이 문제를 해결하기 위해 출력을 조절할 수 없다. 새로운 제어 방식과 알고리즘을 통해 배전운영시스템은 분산 전원을 고려하여 어떻게 전력망을 운영할 지 결정할 수 있게 된다.

## 보는 것이 힘이다

오늘날 전력망은 지붕 태양광, 풍력, 연료전지, 에너지 저장장치 등 비전통적 전원을 “볼 수” 없다. 즉 전력회사의 운영자와 제어 시스템은 전력망에 흩어져 있는 소규모 발전기의 출력을 실시간으로 측정할 수 있는 제한적 능력만을 가지고 있는 것이다.

EPRI와 협업 중인 Orange & Rockland Utilities는 어떻게 배전운영시스템에 분산 전원을 볼 수 있는 “눈”을 줄지 탐색 중이다. 연구자는 뉴욕주 북서부 교외의 사업 지역에 있는 3개의 전력선을 따라 다양한 센서의 운전을 모델링 중이다. 센서는 분산 전원의 상태와 생산량 등을 감시하고 정보를 배전운영시스템으로 전송한다. 모델링 연구는 연구팀이 어디에 센서를 추가 설치할지 결정하고, 분산 전원을 계량하는 원가와 편익 등을 평가하고, 계량이 필요한 상업용 태양광 또는 풍력 설비의 최소 규모를 결정하도록 한다.

또한 EPRI 연구자는 센서를 이용해 중요 지역에서 전력망 상태를 정확하게 도출하는 수치계산 기술을 평가 중이다. 배전상태추론(Distribution State Estimation)이라 부르는 이 기술은 부정확한 측정치는 찾아내 무시하고, 서로 다른 정확도를 갖는 측정치를 하나로 일치시키는 기술이다.

## 소규모 지역 정보

분산 전원의 측정치를 갖게 된다면 배전운영시스템이 분산 전원을 운영할 수 있도록 교육할 수 있다. EPRI는 NYSERDA 프로젝트에서 이것을 모델링하기 위해 뉴욕주 북부의 National Grid와 협업 중이다.

National Grid의 Grid Modernization Solutions 책임자인 립

셰리던(Rob Sheridan)에 따르면 National Grid는 청정, 재생, 분산 전원의 연계라는 주정부의 정책 목표와 함께 확대일로에 있는 고객의 신뢰성 요구를 만족시키고자 한다. National Grid는 개선된 배전운영시스템을 확대 운영 중으로, 동시에 분산 재생 전원의 연계를 적극적으로 추구하고 있으며 이 연구개발은 이런 노력에 도움이 된다.

EPRI와 National Grid는 배전운영시스템의 핵심적 기능인 자동 복구(Automated Restoration)에 미치는 분산 전원의 영향을 모델링하고 있다. 자동 복구 기능은 배전망에서 발생하는 오류에 자동으로 반응하여 오류 지점을 찾아내고 작은 지역 단위로 분리한 후 배전망을 복구한다.

자동 복구를 운영하는 제어 알고리즘은 분산 전원을 감시하지 않는다. 오류가 발생하면 분산 전원은 안전을 위해 전력망에서 분리되지만 제어 알고리즘은 결과적으로 발생하는 생산량 감소에 대해 알 수 없으며, 이는 전력망의 과부하와 정전 등 바람직하지 않은 결과를 만든다.

자동 복구가 분산 전원을 볼 수 없다면 자동 복구는 실패하게 된다고 린지 로저스는 말한다. 분산 전원이 자동 복구 운영에 문제가 될 때 전력회사는 자동 복구 기능을 꺼버리고 정비 인력을 파견해 정전 문제를 수동으로 해결할 수 있다.

EPRI와 National Grid는 자동 복구가 분산 전원이 어디에 위치해 있고 얼마나 전기를 생산 중인지 알 수 있도록 자동 복구 알고리즘을 개선 중이다. 알고리즘 개선을 통해 전원 공급 우회, 고객 고장 복구 최대화, 과부하 등 다른 영향의 최소화 등을 확보할 수 있다.

롭 셰리던은 이번 연구를 통해 개발되는 자동 복구 알고리즘의 민감도가 National Grid의 신뢰성 기준에 영향을 미칠 것 같다고 바라보고 있다.

## 전력망이 가장 잘 할 수 있는 것들

일단 전력망이 간헐적 전원의 운전 상태를 감시할 수 있다면 전원의 효율 확보를 위해 최적화될 수 있다. 즉, 전기를 적절한 전압 수준으로 보낼 수 있게 된다.

EPRI는 Central Hudson Gas & Electric과 함께 안정적 전력 흐름과 전압 제어 개선을 위해 제어시스템을 업그레이드 중이다.

Central Hudson의 Electric Distribution and Standards 책임자인 헤더 아담스(Heather Adams)에 따르면 태양광 발전 개발업자는 값싼 시골 지역의 땅값에 끌리게 된다. 하지만 때로 이런 지역은 변전소에서 수 마일 떨어져 얇은 전선으로만 전기가 공급되고 있어 허용된 표준 범위 밖으로 전압 강하나 과부하에 취약하며, 이런 지역이 연계를 손쉽게 하기 위한 최적의 장소가 된다.

예를 들어 태양광이 전기를 생산할 때 국지적으로 전압이 증가한다. 인버터 설정을 바꿔 과전압을 완화하면 전력망에서는 역률 저하 같은 다른 문제가 발생할 수 있다. 소형 인버터가 등장해 사용됨에 따라 소형인버터의 설정이 자동으로 변경되게 함으로써 과전압 문제를 완화할 수 있다. 하지만 때로는 인버터가 국지적으로 다루기에 과전압이 너무 높을 수 있다. EPRI와 Central Hudson은 국지적 자동 제어를 변전소나 배전제어센터의 제어와 연계할 수 있는 배전운영시스템 개선 알고리즘을 개발 중에 있다.

Central Hudson은 스마트 인버터 및 전력회사 전력망의 중앙 제어 및 분산 제어의 적절한 균형점을 결정하는 데 관심이 있다.

EPRI와 Central Hudson은 1년간 알고리즘 개발 및 기타 배전운영시스템 개선 후 실증에 나설 것으로 예상하고 있다.

분산 전원이 빠른 속도로 연계되고 있다. 우리는 이것보다 더 앞에 있기를 목적으로 한다고 브라이언 디버는 말하고 있다. 