

재생에너지 기반 자율에너지 그리드의 예비력 산출을 위한 발전량 예측 시스템

김민수, 선지영, 고은별, 함경선, 김태형
한국전자기술연구원

rlaalstn2909@keti.re.kr, sjy1105@keti.re.kr, ebko@keti.re.kr,
ksham@keti.re.kr, thkim@keti.re.kr

Power Prediction System for the Calculation of Reserve of Autonomous Energy Grids based on Renewable Energy

Minsu Kim, Jiyoung Sun, Eunbyeol Ko, Kyung Sun Ham, Taehyoung Kim

Korea Electronic Technology Institute

요약

재생에너지 설비의 증가와 함께 전 세계적으로 분산 에너지의 비중이 높아지고 있으며, 전통적인 중앙 집중식 발전소에 의존하는 것에서 벗어나 전력 시스템을 새로운 패러다임으로 이끌고 있다. 이러한 변화를 반영하여, 연구 및 산업계에서는 계통 안정성을 높이기 위한 다양한 노력을 기울이는 추세이며, 이 일환으로 자율 에너지 그리드라는 새로운 개념이 등장하였다. 자율 에너지 그리드는 다양한 에너지원을 통합하여 에너지 성능을 최적화하는 계층적 시스템으로 전력 생산, 저장, 및 사용을 분산적으로 관리하여 전력 네트워크의 안정성과 효율성을 높인다. 자율 에너지 그리드의 효율적이고 안정적인 운용을 위해서는 각 셀의 정확한 예비력 산출이 필수적이며, 이를 위해서는 불안정한 재생에너지 발전량 예측의 정확성을 높이는 것이 중요하다. 최근 많은 연구 및 산업계에서는 이를 극복하기 위하여 인공지능을 활용한 기술 개발이 진행 중이다. 본 논문에서는 셀 내의 재생에너지 발전량을 정확하게 예측하기 위해서 이러한 인공지능 알고리즘을 활용하여 재생에너지 발전 단지 혹은 각 발전 설비별로 모델링 하는 구조를 제안한다.

I. 서론

최근 재생에너지 설비의 증가와 함께 전 세계적으로 분산 에너지의 비중이 높아지고 있다. 이에 따라 전력 네트워크는 이전보다 훨씬 더 다양하고 분산된 에너지원으로부터 전력을 공급받게 되었다. 이러한 변화는 전통적인 중앙 집중식 발전소에 의존하는 것에서 벗어나, 전력 시스템을 새로운 패러다임으로 이끌고 있다. 이러한 변화를 반영하여, 연구 및 산업계에서는 계통 안정성을 높이기 위한 다양한 노력을 기울이는 추세이며, 이 일환으로 자율 에너지 그리드(Autonomous Energy Grids)라는 새로운 개념이 등장하였다. 자율 에너지 그리드는 전력 생산, 저장 및 사용 등의 전력 계통 운용을 분산적으로 관리하여 전력 네트워크의 안전성과 효율성을 향상하는 시스템이다[1]. 자율 에너지 그리드는 단순히 전력을 생성하는 것을 넘어서, 전력 생산과 소비 사이의 불균형을 조절하고 에너지를 효율적으로 관리함으로써 안정성을 극대화하는 것을 목표로 한다.

현재 우리나라 전력시장의 시장가격은 1시간 단위로 전력 거래 당일 하루 전에 예측된 전력 수요곡선과 공급 입찰에 참여하는 발전기들로 형성되는 공급곡선이 계통제약을 만족하며 교차하는 점에서 시장가격이 매시간 단위로 결정된다. 자율 에너지 그리드는 셀(Cell)내 전력 입출력의 안정성을 자체적으로 유지하는 것이 중요하다. 재생에너지 발전설비가 포함되어 있는 셀은 재생에너지 발전의 특성상 발전량의 변동성이 크며, 이러한 변동성과 셀 내부 전력 수요를 고려하여 외부 유입 전력량을 계산하는 것이 경제성과 직접적인 연관이 있다. 따라서, 내부 재생에너지 발전량을 정확히 계산할수록 예비력 확보에 필요한 외부 전력 유입량 또한 정확히 계산할 수 있으므로 재생에너지의 발전량을 예측하는 기술은 중요하다.

본 논문에서는 재생에너지 설비를 포함한 자율 에너지 그리드 내의 셀에서 발전량 예측을 수행하는 방법과 예비력 확보를 위한 전체 시스템 구조를 제안한다.

II. 본론

자율 에너지 그리드(Autonomous Energy Grids, AEGs)

자율 에너지 그리드는 다양한 에너지원을 통합하여 에너지 성능을 최적화하는 계층적 시스템으로서 전력 생산, 저장, 및 사용을 분산적으로 관리하여 전력 네트워크의 안정성과 효율성을 높인다. 발전소에서 생성된 전기는 에너지 저장 장치를 통해 저장되고, 에너지 관리 시스템을 통해 발전량 예측과 에너지 운용을 조절한다. 이러한 구성 요소들이 상호작용을 하여 전통적인 중앙 집중식 발전 시스템과는 달리 분산된 운용을 특징으로 한다. 이를 통해 자율 에너지 그리드는 안정성을 높이고 에너지 효율성을 향상하며, 전력 네트워크를 더욱 지속 가능한 방향으로 이끈다.

자율 에너지 그리드에서 셀은 내부 전력의 수요와 공급을 가능 범위 내에서 자유롭게 제어할 수 있는 단위를 의미한다. 각 셀은 상위 그리드에 연계되었을 때 스스로 제어하며, 에너지 균형을 수행한다. 미국 국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)에서는 대규모 풍력 발전 단지를 여러 개의 셀로 나누어 분산 제어하는 연구를 수행한 바 있다. 해당 연구에서는 나누어진 각 셀 내부에서 풍력 터빈이 서로 통신을 수행하고 바람이 어느 방향으로 부는지에 대한 의견을 수렴하여 셀 내부의 풍력 터빈들이 동기화된 방식으로 작동하며 전체적으로 움직이는 모습을 보였다. 또한, 해당 정보를 인접한 셀에 전달하여 전체 풍력 발전 단지 내부의 모든 풍력 터빈들이 풍향에 따른 균일한 움직임을 보였다. 해당 연구에서는 자율 에너지 그리드 기술을 통해 약 13분 정도의 시간이 소모되는 중앙 제어 방식보다 빠른 약 2초의 시간 내외로 풍력 발전 단지의 터빈들을 제어할 수 있었으며, 연간 약 2%의 에너지 생산량을 더 확보할 수 있다는 결과를 발표했다.

예비력 산출을 위한 재생에너지 발전량 예측

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00231709, 분산에너지계통 접속 기반 그리드포밍 핵심기술 운영실증)

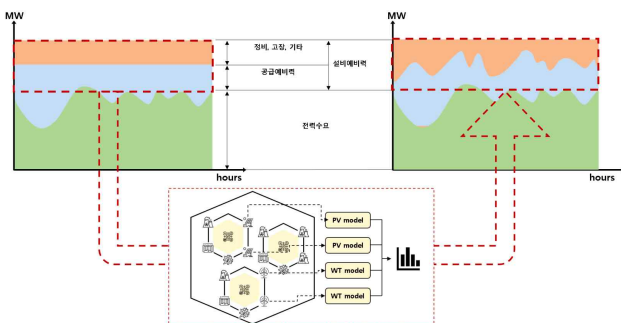
참고 문헌

- [1] B. Kroposki et al., "Autonomous Energy Grids: Controlling the Future Grid With Large Amounts of Distributed Energy Resources," in IEEE Power and Energy Magazine, vol. 18, no. 6, pp. 37-46, Nov.-Dec. 2020, doi: 10.1109/MPE.2020.3014540.
- [2] Y. LeCun et al., "Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition," in Neural Computation, vol. 1, no. 4, pp. 541-551, Dec. 1989, doi: 10.1162/neco.1989.1.4.541.
- [3] Tianqi Chen and Carlos Guestrin. 2016. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 785-794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- [4] Sculley, D.; Holt, G.; Golovin, D.; Davydov, E.; Phillips, T.; Ebner, D.; Chaudhary, V.; Young, M.; Crespo, J.-F. & Dennison, D. (2015), Hidden Technical Debt in Machine Learning Systems., in Corinna Cortes; Neil D. Lawrence; Daniel D. Lee; Masashi Sugiyama & Roman Garnett, ed., 'NIPS' , pp. 2503-2511.

“예비력”은 전력 수요의 균형을 유지하기 위하여 전력공급 또는 전력수요를 증감할 수 있는 여유 용량을 의미한다. 재생에너지 설비를 포함한 자율 에너지 그리드의 효율적이고 안정적인 운영을 위해서는 각 셀의 정확한 예비력 산출이 필수적이며, 이를 위해서는 불안정한 재생에너지 발전량 예측의 정확성을 높이는 것이 중요하다. 최근 많은 연구 및 산업계에서는 이를 극복하기 위하여 인공지능을 활용한 기술 개발 진행 중이다. 특히, 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN) 구조의 모델 및 XGBoost와 같은 기계학습 기반의 모델을 통한 연구 및 개발이 활발하다 [2-3].

본 논문에서는 셀 내의 재생에너지의 발전량을 정확하게 예측하기 위하여 이러한 인공지능 알고리즘을 활용하여 재생에너지 발전 단지 혹은 각각의 발전 설비 별로 모델링하는 구조를 제안한다. 재생에너지 발전량 예측 모델을 통해 나온 예측 발전량 값을 합산하여 자율 에너지 그리드의 셀 내에서 재생에너지 예측 발전량을 더욱 정확하게 파악할 수 있도록 한다. 정확한 예측 발전량을 통해 시간별 전력수요에 맞는 공급예비력을 계산하고 전력거래소의 입찰 과정에 이를 활용할 수 있도록 한다.

각 발전량 예측 모델은 발전량 예측제도 기준인 nMAPE(Normalized Mean Absolute Percentage Error) 오차율을 사용하여 성능을 측정하고, 이 오차율 지표를 사용하여 하루 전과 같은 단기간의 예비력 산출에 활용할 수 있도록 한다. 재생에너지 발전량 예측 모델은 주로 발전 설비의 상태 데이터와 수치 예보 모델(Numerical Weather Prediction Model)을 통해 도출된 예측 기상 데이터를 통해 결과를 추론한다. 이는 시간이 지날수록 기상 상태 추이 변화와 같은 이유로 모델에 학습한 입력데이터의 분포와 달라 예측 모델의 성능이 저하될 수 있음을 뜻하는데, 이를 MLOps(Machine Learning Operations) 기술을 활용하여 일정 기간을 기준으로 발전량 예측 모델 학습을 자동화하여 이를 극복할 수 있다[4]. 제안한 해당 구조의 시스템을 활용한다면, 보다 정밀하고 안정적인 자율 에너지 그리드를 운용할 수 있을 것이라 기대된다.



< 예비력 확보를 위한 자율 에너지 그리드 셀 내의 발전량 예측 시스템 >

III. 결론

본 논문에서는 자율 에너지 그리드의 개념 및 사례에 대해 소개하고, 재생에너지 설비가 포함된 자율 에너지 그리드의 셀에서 발전량 예측을 수행하는 방법과 예비력 확보를 위한 전체 시스템 구조를 제안했다. 제안된 구조에서 재생에너지 발전 단지 혹은 발전 설비별로 인공지능 기술을 활용한 발전량 예측을 수행하고, 이를 셀 내부에서 합산하여 예비력 산출에 활용해 시간대별 공급예비력을 정확하게 계산한다. 향후, 재생에너지 발전량 예측 모델 기술이 지속해서 발전하고 제안된 구조에 의한 실험 및 연구가 이루어진다면, 효율적이고 안정적인 자율 에너지 그리드 운용이 가능할 것이라 기대된다.