

PEMWE 를 활용한 풍력발전 상용화를 위한 고빈도 입력전력 군집화 및 램프 식별 연구

김상훈, 김봉석, 이정언, 심민규*
서울과학기술대학교

gnsngns26@seoultech.ac.kr, bongseokkim@seoultech.ac.kr, jelee@seoultech.ac.kr,
*mksim@seoultech.ac.kr

A Study on the High-Frequency Input Power Clustering and Ramp Identification for Commercialization of Wind Power Generation Utilizing PEMWE

Sanghoon Kim, Bongseok Kim, Jeongeon Lee, Min Kyu Sim*
Seoul National University of Science and Technology

요 약

풍력발전에 대한 관심이 증대함에 따라 고분자 전해질 막 수전해(PEMWE)를 활용한 풍력발전의 상용화의 중요성이 대두되고 있다. 하지만 고빈도에서의 입력 전력의 급변동은 PEMWE의 성능저하를 야기하는 것이 실험실 수준에서 확인되었다. 본 연구는 스위스 지역의 고빈도 풍력발전량 데이터를 활용해 입력 전력 패턴을 군집화하고 램프를 식별하는 새로운 방법을 제안한다. 이러한 접근법은 풍력발전의 안정성과 효율성을 개선하는 데 중요한 시사점을 제공하며, PEMWE 기술의 상용화를 위한 토대를 마련한다.

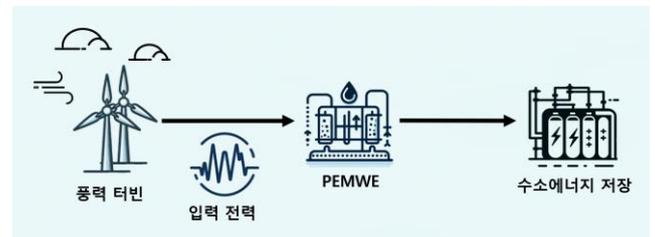
I. 서 론

지속가능한 에너지원의 중요성이 대두됨에 따라 풍력발전에 대한 관심이 높아지고 있다. 풍력발전은 날씨와 지리적 요인에 크게 의존하기 때문에 생성된 전력이 불안정하다. 이러한 문제의 대안으로 [그림 1]과 같은 수전해를 활용한 풍력발전 시스템이 주목받고 있으며, 그 중에서도 고분자 전해질 막 수전해(Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolysis, PEMWE) 기술은 높은 에너지 변환 효율성과 빠른 응답 속도로 안정화된 전력 공급을 가능케 하는 잠재력을 갖고 있다.[1] 이러한 잠재력으로 인해 풍력 발전을 PEMWE와 함께 사용한 시스템의 설계 및 상용화가 필요하다.

그러나 고빈도에서의 입력 전력 공급의 급변동이 PEMWE 시스템의 핵심 구성 요소인 막 전극 조립체(MEA)에 부정적인 영향을 미쳐, 성능 저하로 이어지는 것이 실험실 수준의 선행 연구에서 확인되었다.[1,2]

본 논문은 효율적인 에너지 시스템을 구축하기 위해 풍력발전의 입력 전력의 급변동에 대한 식별과 이해가 선행되어야 함을 강조하며, 대규모의 실제 풍력터빈 운영 데이터를 기반으로 풍력 발전의 급변동 현상을 식별하는 방법을 제안한다.

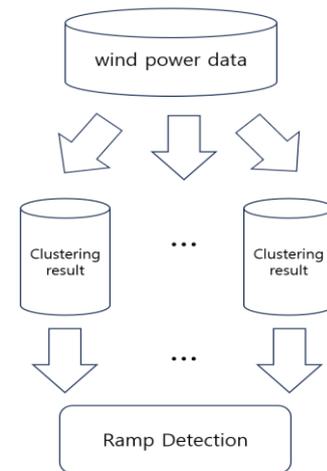
구체적으로, 본 연구는 스위스의 풍력발전량 데이터를 활용하여 데이터 기반의 방법으로 입력 전력 패턴을 군집화하고, 이를 바탕으로 높은 변동성을 가지는 비이상 패턴, 램프 현상을 식별하는 새로운 방법을 제안한다. [3,4] 제안된 방법은 풍력 발전 설계 과정에서 입력 공급의 패턴을 이해하고, 이를 통해 PEMWE 시스템의 성능 저하를 예방하는 데 기여하며, 풍력 발전의 효율성과 안정성을 향상시킬 수 있는 중요한 토대를 제공한다.



[그림 1] 수전해를 활용한 풍력발전 시스템

II. 본론

II-1 연구 방법 설명



[그림 2] 연구 방법

고빈도의 입력전력 데이터에는 노이즈가 많고 랜덤성이 커서 기존의 방법으로는 램프를 식별하기 어렵다. 또한 램프는 절대적 기준이 없어 연구자에 의해 임의로 설정되어왔기 때문에, 실용적 규모의 데이터에서 램프의 식별은 더욱 어렵다. 따라서 본 연구는 [그림 2]와 같이 고빈도의 입력전력 데이터를 군집화해 데이터의 복잡한 패턴을 그룹화하고, 군집화한 결과를 램프의 기준으로 설정해 식별하는 방법을 제안한다.

이러한 방법은 고빈도의 입력전력에서 실질적이고 명확한 기준 하에 램프를 효과적으로 탐지할 수 있다.

II-2 데이터 설명

시간	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	9s	10s
00:00:00	5.1	5.2	5.3	4.1	4.3	3.0	3.1	3.2	2.1	2.0
00:00:10	2.1	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.1	2.7	2.6
...

(mx10) dataframe

[표 1] 사용 데이터 형태

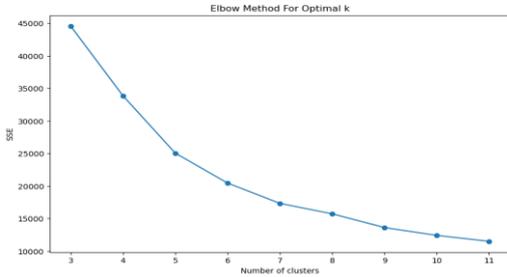
본 연구에서는 유럽 입자물리 연구소에서 제공하는 스위스 지역의 풍력터빈 발전량 데이터를 사용한다. 데이터는 [표 1]과 같은 10 초 길이의 연속된 시계열 데이터프레임 형태를 띄고 있다.

II-3 데이터 전처리

데이터에 포함된 기기 오류로 인한 비정상적인 값들을 처리하고 각 행의 최솟값을 행 내 모든 값에서 빼준다.

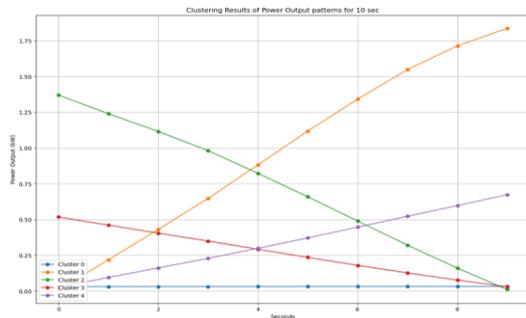
또한 특정 오차 한계 내에서 최대한 데이터를 압축해 트렌드 변화시점을 동적으로 결정하는 알고리즘인 Swinging Door Algorithm(SDA)을 적용해 군집화 및 램프 식별을 용이하게 한다.[5]

II-4 군집화 결과



[그림 3] 클러스터 개수 별 SSE

본 연구에서는 k-means 알고리즘을 사용해 군집화를 진행한다. [그림 3]은 k-means 를 데이터에 적용했을 때 클러스터의 개수 별 SSE 를 나타낸 그래프이다. 그래프를 통해 최적의 클러스터 개수인 엘보우 지점은 클러스터 5 개이다.

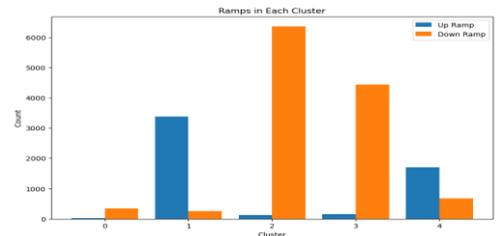


[그림 4] k-means 군집화 결과

[그림 4]는 5 개의 클러스터로 k-means 를 진행한 군집화 결과를 클러스터 별 평균으로 나타낸 그래프이다. 10 초 길이의 입력전력에서 클러스터 1 번과 2 번이 가장 큰 변동을 보이므로 이 기울기를 갖는 초 단위 변동을 램프의 기준으로 설정하는 것은, PEMWE 의 성능 저하 예방을 위한 실용적이고 명확한 기준이다.

II-5 램프 식별

군집화 결과를 바탕으로 1 번 클러스터의 기울기를 상승램프, 2 번 클러스터의 기울기를 하강램프의 기준으로 설정한다.



[그림 5] 클러스터 별 램프 개수

[그림 5]는 본 연구의 방법으로 5 개의 클러스터 내에서 식별된 상승램프와 하강램프의 수를 도식화한 그래프이다. 본 연구의 방법을 통해 램프의 기준인 1 번과 2 번 클러스터를 제외한 다른 클러스터에서도 상당수의 램프를 식별할 수 있다.

III. 결론

본 연구에서는 고빈도의 풍력발전량 데이터를 군집화하고 램프를 식별하는 효과적이고 명확한 새로운 방법을 제안했다. 본 연구의 결과를 바탕으로 PEMWE 를 활용한 풍력발전 설계 시 입력전력 패턴 및 램프에 대한 분석 및 예측을 진행한다면 PEMWE 시스템의 성능을 최적화하고, 풍력 발전의 효율성과 안정성을 향상시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(Grant Number: NRF-2021R1A6A1A03039981 and NRF-2020R1F1A107387912).

참고 문헌

- [1] Kojima, Hirokazu, et al. "Influence of renewable energy power fluctuations on water electrolysis for green hydrogen production." international journal of hydrogen energy 48.12 (2023): 4572-4593.
- [2] Alia, Shaun M., Sarah Stariha, and Rod L. Borup. "Electrolyzer durability at low catalyst loading and with dynamic operation." Journal of The Electrochemical Society 166.15 (2019): F1164.
- [3] Florita, Anthony, Bri-Mathias Hodge, and Kirsten Orwig. "Identifying wind and solar ramping events." 2013 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech). IEEE, 2013.
- [4] Ferreira, Carlos, et al. A survey on wind power ramp forecasting. No. ANL/DIS-10-13. Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States), 2011.
- [5] Cui, Yang, et al. "Algorithm for identifying wind power ramp events via novel improved dynamic swinging door." Renewable Energy 171 (2021): 542-556.