

신경망을 활용한 전력 수요/발전 예측 기법에 대한 연구

지용진, 김명진*

충북대학교

imtyj@cbnu.ac.kr, *mckim@cbnu.ac.kr

A Study on Prediction Method of Power Demand/Generation Using Artificial Neural Network

Ji Yong Jin, Myungchin Kim*

Chungbuk National Univ.

요약

최근 에너지 자립형 무선통신 기지국을 위한 관심이 높아지고 있다. 이는 기존의 통신 기지국의 경우 전력계통 장애에 따른 장기간 전력공급 차단에 효율적으로 대처할 수 없기 때문이다. 따라서 안정적인 기지국 운영을 위해 신재생 에너지는 좋은 대안이 될 수 있다. 한편, 대용량 태양광 전원이 배전계통에 도입될 경우, 급격한 출력 변동성으로 배전계통을 운영하는데 있어 불확실성이 증가한다. 예를 들어, 태양광 전원의 출력이 부하소비량보다 많다면 배전계통에 역조류 현상이 발생하여 수용가 전압이 규정범위를 벗어나는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 장거리 고압 배전선로 및 부하변동성이 강한 배전선로에 선로전압조정장치(SVR : Step Voltage Regulator)가 추가된다. 그러나 SVR의 텁 변환이 진행 될수록 열화가 진행되어 기대수명은 감소한다. 따라서 본 논문에서는 인공신경망(ANN : Artificial Neural Network) 기법을 이용하여 태양광 발전량 및 전력수요를 예측하고, 예측결과는 전력설비의 수명특성 분석 등에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

최근 에너지 자립형 무선통신 기지국에 대한 높은 관심과 정부에서 추진하는 녹색성장 정책 등으로 대용량 태양광 전원의 배전계통 연계가 증가하고 있다. 이러한 태양광 전원의 증가는 배전계통의 전압상승과 같은 전력품질 문제를 초래한다[1]. 이를 해결하기 위해 장거리 고압 배전선로 및 부하변동성이 강한 배전선로에 선로전압조정장치(SVR : Step Voltage Regulator)가 추가된다[2]. 그러나 SVR의 텁 변환이 진행 될수록 열화가 진행되어 기대수명은 감소하는 문제가 있다. 열화를 분석하기 위해 실제 운영조건에 대한 고려가 필요한데, 신재생 에너지 발전이 다수 존재하는 계통에서의 운영 프로파일의 분석이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 인공신경망(ANN : Artificial Neural Network)을 적용하였다.

II. 본론

II.I 태양광전원 연계 시 배전계통 문제점 분석

대용량 태양광전원은 일사량, 기온, 운량 등에 따라 급격한 출력변동이 발생하기 때문에 배전계통의 전압관리는 어려움이 있다. 또한, 태양광, 풍력과 같은 분산전원의 경우 기존의 전력 조류와는 다르게 역조류의 형태가 될 수 있다. 이러한 역조류는 수용가의 전압상승을 초래하기 때문에 전압관리에 어려움을 더하고 있다[3]. 그림 1의 a는 태양광전원이 연계되지 않았을 때의 전압강하를 도시한 것이다. 태양광전원이 연계되지 않을 경우, 별도의 전압조정 없이 규정전압을 만족하는 것을 볼 수 있다. 그림 1의 b는 대용량 태양광전원이 연계된 상황이다. 태양광전원의 발전량이 전력 수요 보다 많을 때 역조류가 발생하여 수용가 전압은 상승하게 된다. 이와 같은 경우 수용가 전압이 규정전압 범위를 초과하기 때문에 SVR의 텁을 조정하여 그림 1의 c와 같이 규정전압 내로 조정해야 한다.

한편, SVR의 텁 변환이 진행될수록 열화가 진행되어 기대 수명은 감소한다[4]. 태양광전원의 발전량 및 전력수요를 예측 할 경우, SVR의 텁 조

정 없이 발전량을 제한하여 전압 규정범위로 제어할 수 있다.

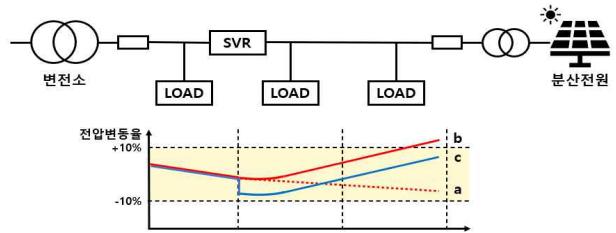


그림 1 태양광전원 연계 시 수용가전압 특성

II.II ANN을 이용한 태양광 발전량 및 전력수요 예측

본 연구에서는 다양한 지도학습 모델 중 예측 성능이 우수한 인공신경망(ANN : Artificial Neural Network) 모델을 활용하였다. 태양광 발전량은 각 시간대별 일사량으로 인한 어레이 출력으로 산정된다. 또한, 태양광 어레이의 효율은 일사량 변화에 따라 발전효율이 변하는 물리적 특성을 가지고, 특정 일사량 지점을 넘으면 포화되는 특성이 있다[5].

식 (1), 식 (2)는 일사량에 대한 출력전력을 나타낸 것이다.

$$P_{PV}(\gamma) = \frac{\eta_C}{K_C} (G_t)^2, \quad 0 < G_t < K_C \quad \text{식 (1)}$$

$$P_{PV}(\gamma) = \eta_C \cdot G_t, \quad G_t < K_C \quad \text{식 (2)}$$

(K_C : 일사량 포화지점, G_t : t 시점의 일사량, η_C : 태양광 어레이 효율)

태양광 발전시스템의 총 발전량은 식 (3)과 같다.

$$P_{PV,ave} = P_{PV}(\gamma) \cdot A \cdot Y_P (kWh) \quad \text{식 (3)}$$

(A : 총 어레이 면적 (m^2), Y_P : 시스템 가동시간 (hour))

또한, 전력수요를 예측하기 위해 시간대별 전력소비량 상대계수를 예측하였다. 일사량 예측을 위한 ANN 입력 데이터로는 월, 시간(h), 기온(°C), 풍속(m/s), 풍향(°), 습도(%), 기압(hpa), 운량(10th quartile) 데이터를 사용했고, 전력소비량 상대계수 예측은 월, 시간(h), 기온(°C), 풍속(m/s), 이슬점(°C), 일사량(MJ/m²), 기압(hpa), 운량(10th quartile) 데이터를 사용하였다. 각 입력 데이터는 국내 기상자료개방포털 및 KOSIS 국가통계포털에서 제공하는 충청북도 청주시 2017~2018년도 데이터를 사용하였다.

그림 2는 예측 모델에 사용된 ANN 구성도이다. 2개의 은닉층으로 구성되며 각 은닉층은 13개의 노드를 가진다. 또한, 활성화 함수는 Rectified Liner Unit을 사용하였다.

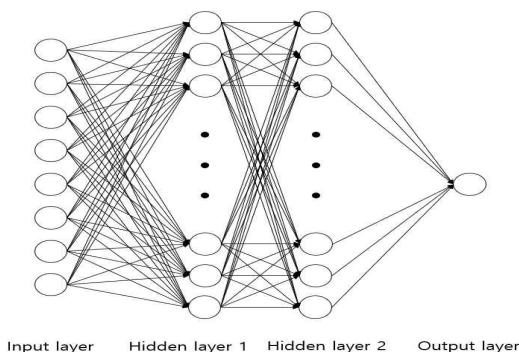


그림 2 ANN 모델 구성도

ANN을 이용한 일사량 및 전력소비량 상대계수 모델의 MAE (Mean Abs Error)를 그림 3에 도시하였다. MAE는 평균절대오차로 각 측정값과 실제 값 사이의 절대오차를 평균한 값이다. 일사량 예측의 경우, 0.2 미만으로 예측 성능이 우수하고 전력소비량 예측의 경우, 100 미만으로 전력소비계수의 실제 값 평균이 1000이라는 것을 고려할 때, 오차율이 약 10% 미만이라는 것을 알 수 있다.

2019년 1월 충청북도 청주지역 일사량 및 전력소비 상대계수 예측 결과를 그림 4, 5에 도시하였다. 이를 통해 시간대별 발전량 및 전력수요량을 예측 할 수 있고, 시뮬레이션을 통해 시간 단위 수용가 전압변동률을 예측 할 수 있다.

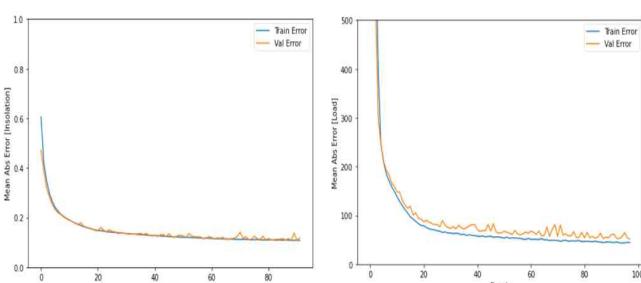


그림 3 Mean Abs Error

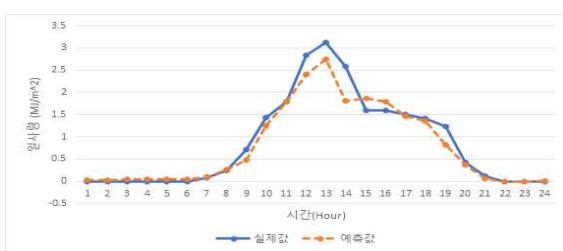


그림 4 2019.01.01. 시간별 일사량 예측

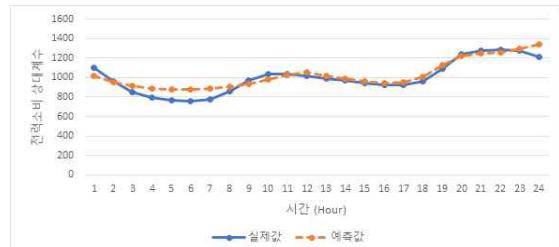


그림 5 2019.01. 시간별 전력소비량 상대계수 예측

III. 결 론

본 논문에서는 ANN에 기반한 전력수요 예측 및 전력설비 수명 향상 기법을 제안하였다. 대용량 태양광 전원이 배전계통에 도입될 경우, 역조류 현상이 발생하여 수용가 전압이 규정범위를 벗어날 수 있다. 일반적인 경우 SVR의 텁을 조정하여 규정전압을 유지하지만 이러한 방식은 전력설비의 열화를 가속시켜 기대수명이 감소하는 문제가 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 발전량 및 전력수요량을 예측하고, SVR 등과 같은 주요전력설비의 수명특성 분석에 활용할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2020R1C1C1011572). 또한, 이 논문은 정부(교육부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2020R1A6A1A12047945).

참 고 문 헌

- [1] C. Kim, O. Park, B. Lee and D. Rho, "Optimal algorithms for voltage management in distribution systems interconnected with new dispersed sources," 2009 Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific, Seoul, pp. 1-4, 2009
- [2] Kim, B.-K & Park, J.-B & Choi, S.-S & Jang, M.-S & Rho, D.-S., "A Study on the Voltage Stabilization Method of Distribution System Using Battery Energy Storage System and Step Voltage Regulator," Journal of Electrical Engineering and Technology. 12. 11-18, 2017.
- [3] Kyung-Hee Jung, Hoyong Kim and Daeseok Rho, "Determination of the installation site and optimal capacity of the battery energy storage system for load leveling," in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 11, no. 1, pp. 162-167, March 1996
- [4] J. J. Erbrink, E. Gulski, J. J. Smit, P. P. Seitz and R. Leich, "Experimental model of aging mechanisms of on-load tap changer contacts," 2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Beijing, pp. 247-250, 2008
- [5] Song, Jae-Ju, Jeong, Yoon-Su, and Lee, Sang-Ho, "Analysis of prediction model for solar power generation," Journal of digital convergence , vol. 12, no. 3, pp. 243 - 248, Mar. 2014.