

철도 배전선로 적용 부분방전 패턴 해석 기술에 관한 연구

A Study on the Pattern Recognition Technology of Partial Discharge in the Power Distribution Grid for Railway

김진석*, 정준영*

Jinseok Kim*, Joonyoung Jeong*

초 록 최근 철도 배전분야의 노후화된 전력 케이블이 증가함에 따른 설비 사고의 위험성이 증가함에 따라 이에 대한 예방 대책 및 효율적 설비 관리의 필요성이 증가하고 있다. 전력분야에서는 이와 관련한 케이블 위험 진단 기술과 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 전력분야에서 케이블 노후화 진단에 많이 활용되는 기술인 인공지능 기반의 부분방전 패턴 해석 기술과 종류에 대해 언급하고, 케이블 노후화에 따른 위험도를 체계적인 방식으로 측정하고자 위험도 매트릭스 알고리즘에 대해 제시하고자 한다. 이를 통해 향후 철도 배전 전력분야의 노후화 케이블들의 효율적인 진단 및 철도 배전 망 안전성에 기여하고자 한다.

주요어 : 철도배전선로, 부분방전, 인공지능, 패턴해석, 위험도 매트릭스

1. 서 론

철도 지중 배전 케이블 노후화로 인해서 발생하는 배전선로 장애가 전체 철도 전력설비 장애사고 중에 대다수를 차지하고 있다는 국가철도공단 조사 결과가 있었다. 지금까지는 이러한 장애사고를 줄이기 위해 인력기반의 수동점검이 이루어지고 있는데 이는 비용과 진단 시간이 과다하여 경제성이 떨어진다. 또한 인력 기반의 진단 방식은 휴먼 에러가 항상 있을 수 있다는 점에서 과학적인 진단 방식 기반의 진단 방식이 요구된다. 최근 들어 국내외에서 전력기기별 상태를 진단하고 수명을 예측하는 과학적 진단 방식의 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 특히 배전선로 장애 중 대부분 선로 케이블의 절연불량에 의한 장애가 대부분을 차지하고 있다[2]. 절연불량은 국부적인 절연과괴로 인해 부분방전(Partial Discharge)이 발생하게 된다. 이에 착안하여 부분방전 진단을 통해 케이블의 열화 및 소손 정도를 예측하여 사고를 미연에 예방하고자 하는 것이다.

본 논문에서는 전력분야에서 케이블 노후화 진단에 많이 활용되는 기술인 인공지능 기반의 부분방전 패턴 해석 기술과 종류에 대해 언급하고, 케이블 노후화에 따른 위험도를 체계적인 방식으로 측정하고자 위험도 매트릭스 알고리즘에 대해 제시하고자 한다. 이를 통해 향후 철도 분야 배전 전력 케이블의 효율적 진단과 철도 배전망 안전성 향상에 기여하고자 한다.

2. 본 론

2.1 부분방전 패턴 해석 기술

부분방전 패턴을 해석하는 데 있어 다양한 인공지능 모델 연구가 진행되고 있다. 시계열 기반의 데이터를 다루는 데 있어 많이 활용되는 LSTM (Long Short-Term Memory), 정상 데이터를 활용하여 학습 후 비정상 데이터를 판단하는데 탁월한 성능을 지닌 오토인코더 (Autoencoder) 등이 활용되고 있다. 또한 부족한 실제 부분방전 데이터를 확보하기 위해 GAN (Generative Adversarial Network) 모델을 적용하여 데이터를 증식시켜 추가 입력 데이터를 확보하여 모델 학습 정확도를 향

* 한전KDN 전력ICT연구원 (kim-668069@kdn.com)

상시키는데 활용하고 있다. 하지만 무엇보다 부분방전 패턴 해석에 많이 활용되는 기술은 이미지 기반의 딥러닝 판단 모델인 CNN (Convolutional Neural Network) 모델이다. 최근들어 CNN 딥러닝 모델 기반의 전이학습 (Transfer Learning) 모델[3]들을 활용한 부분방전 진단 연구가 진행되고 있다.

부분방전 진단 모델로 전이학습 모델을 적용하는 이유는 첫째로 이미 검증된 모델로 재사용이 가능한 범용적인 모델이고, 두 번째는 유사한 분야에 적용하여 새롭게 모델을 설계할 필요가 없기 때문이다. 세 번째로는 모델 훈련을 위해 부족한 데이터를 가지고도 학습 모델 정확도를 향상시킬 수 있다는 연구 결과가 많이 있기 때문이다.

부분방전 진단에 많이 활용되는 CNN 기반의 전이학습 모델 첫 번째로 ResNet 모델[4]이 있다. 이 모델의 장점은 층수가 많은 딥러닝 모델을 학습할 때 모델의 가중치를 최적화하기 위해 수행되는 역전파(Backpropagation) 시, 업데이트된 가중치가 소실되어 기울기 값이 사라지는 문제 (gradient vanishing) 문제를 해결할 수 있다. 두 번째로 많이 활용되는 CNN 기반의 전이학습 모델로 MobileNet 모델[5]이 있다. 일반적으로 CNN 모델들은 학습을 할 때 컨벌루션 연산을 통해 모델 업데이트를 하게 되는데, MobileNet 모델은 이러한 컨벌루션 연산을 Depthwise 컨벌루션과 Pointwise 컨벌루션으로 나누어 연산을 수행하여 모델 학습 연산량을 줄일 수 있는 모델이다. 최근 이들 모델들은 전력 배전분야에서 부분방전 진단모델로 많이 활용되고 있고, 철도 배전분야의 부분방전 진단을 하기 위해 활용될 수 있는 모델들이다.

2.2 위험도 진단 매트릭스 알고리즘

앞서 언급한 진단모델들을 활용하여 부분방전 진단을 통해 잠재적인 소손 또는 파괴의 위험을 지닌 전력 케이블을 파악할 수 있다면, 그 다음 단계로 위험도 진단 매트릭스 알고리즘을 통해 노후화 케이블의 상태 및 수명예측을 할 수 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 전력 케이블의 고장에 영향을 미치는 다양한 요소(전압, 전류, 온도, 부분방전 누적 크기, 부분방전

누적빈도 등)들을 종합적으로 고려하여 노후화 케이블의 위험도를 파악할 수 있다.

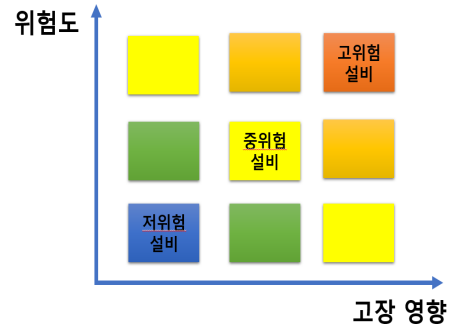


그림 1. 위험도 매트릭스 개념도

3. 결론

본 논문에서는 부분 방전 패턴 해석 기술들을 언급하고, 최근에 많이 활용되는 CNN 기반의 전이학습 모델들을 소개하였다. 이러한 전이학습 모델을 통하여 부족한 실제 부분방전 데이터를 이용하고도 부분방전을 판단하는 데 있어 정확도 향상에 기여할 수 있고, 또한 위험도 매트릭스 개념을 소개하여 노후화 전력케이블의 위험도를 체계적으로 측정할 수 있는 방안을 제시하였다. 향후 이러한 과학적인 기술들을 적용함으로써 철도 배전 전력 설비의 안전성 향상과 효율적인 설비 운영으로 경제성 또한 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Barrios et al. (2019) Partial discharge classification using deep learning methods-survey of recent progress, *Energies*, 12(13), pp. 1-17.
- [2] W.H. Kim et al. (2019) Optimal design of a TEV sensor for partial discharge detection, *Journal of the Korean Society for Railway*, 22(2), pp. 140-149.
- [3] I.J. Goodfellow (2016) Deep learning, MIT press.
- [4] K. He et al. (2016) Identity mapping in deep residual network, arXiv:1603.05027.
- [5] A.G. Howard et al. (2017) Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications, arXiv:1704.04861.