

# RF&GB 이용한 가설 변압기 수명예측

발표자: 김진수

팀원: 박도현, 이재왕, 한원우

Github: [github.com/kjs980102/20240821\\_project](https://github.com/kjs980102/20240821_project)

## 1. 요약

변압기 수명 예측 모델은 변압기의 성능과 수명을 정확히 예측하여 전력 시스템의 안전성과 효율성을 높이는 것을 목표로 합니다. 데이터 수집, 전처리, 모델 학습 및 평가를 통해 최적의 예측 모델을 개발하고, 이를 실제 시스템에 적용하여 변압기 고장 및 안전사고를 예방하며 시스템의 안정성을 강화합니다. 예측된 정보를 기반으로 변압기 유지보수 및 교체 시기를 정확히 파악하여 위험을 줄이고, 전력 시스템의 전반적인 신뢰성을 높입니다.

## 2. 개발 목적

변압기 수명 예측 모델은 변압기의 수소, 산소, 질소, 메탄, 이산화탄소, DBDS, 계면전압, 절연강도, 습도, health index(건전도) 등의 독립 변수를 분석하여 변압기의 수명, 즉 고장까지 남은 시간 또는 주기를 예측합니다. 이 모델의 주된 목적은 변압기 고장을 사전에 예방하여 전력 시스템의 신뢰성과 안전성을 크게 향상시키는 것입니다. 변압기 상태를 정확히 예측함으로써 유지보수와 교체 시기를 최적화할 수 있으며, 이를 통해 안전사고를 방지할 수 있습니다. 이러한 예측 모델은 변압기의 안정적인 운영을 보장하고, 전력 공급의 연속성을 유지하는 데 중요한 역할을 합니다.

## 3. 데이터

### 1) 수소 (Hydrogen)

낮은 농도:수소 농도가 몇 백 ppm 이하일 때는 일반적으로 정상 범위 내에 있음.

중간 농도:수천 ppm(예: 2,845 ppm)일 때는 절연유의 열화가 일어나고 있거나 변압기 내부에서 어떤 형태의 문제가 발생하고 있을 가능성이 있음.

높은 농도:수소 농도가 매우 높은 수천 ppm 이상으로 증가하면 심각한 문제가 발생했을 가능성이 있음. 이런 경우에는 변압기의 상태를 점검하고 필요한 조치를 취하는 것이 중요함.

### 2) 산소 (Oxygen)

일반적인 농도:변압기 내부의 절연유에서 산소는 일반적으로 매우 낮은 농도로 존재하며, 일반적으로 수백 ppm 이하가 정상 범위임.

높은 농도:5,860 ppm은 상당히 높은 농도로, 변압기 내부에서 문제가 발생하고 있을 가능성이 있으며 이는 절연유의 산화가 진행되고 있음을 나타낼 수 있음.

### 3) 질소 (Nitrogen)

비활성 가스:질소는 변압기에서 일반적으로 발견되지 않으며, 비활성 가스임.  
변압기에서의 질소 농도는 대부분 외부에서 유입된 경우임.

### 4) 메탄 (Methane)

낮은 농도:메탄 농도가 수백 ppm 이하일 때는 비교적 정상 범위로 간주될 수 있음.  
중간 농도:수천 ppm의 농도는 절연유의 열화가 진행되고 있을 수 있으며, 변압기 내부에서 문제가 발생하고 있을 가능성을 나타냄.  
높은 농도:7,406 ppm은 상당히 높은 수치로, 변압기 내부에서 심각한 열화나 전기적 방전이 진행되고 있을 수 있음을 시사함.

### 5) 일산화탄소 (CO)

정상 범위:일반적으로 변압기에서 CO 농도는 수십 ppm에서 수백 ppm 사이로 나타날 수 있음. 32 ppm은 이 범위 내에서 비교적 낮은 수치로, 변압기의 상태가 양호할 가능성이 큼.

문제의 신호:CO 농도가 높은 경우, 변압기 내부의 절연유가 열화되고 있을 수 있으며, 절연 성능의 저하를 시사할 수 있음. 그러나 32 ppm은 상대적으로 낮은 수치로, 즉각적인 문제를 시사하지는 않을 수 있음.

### 6) 이산화탄소 (CO2)

낮은 농도:일반적으로 CO2 농도가 수백 ppm 이하일 때는 변압기 상태가 양호하거나 열화가 경미하다는 것을 시사함.  
중간 농도:수천 ppm의 CO2 농도는 절연유의 열화가 진행되고 있을 수 있으며, 변압기 내부에서 문제가 발생할 가능성을 나타냄.

### 7) 디부틸디설파이드 (DBDS)

낮은 농도:DBDS 농도가 수십 ppm 이하일 때는 변압기 상태가 비교적 양호할 수 있음.  
중간 농도:수백 ppm 이상의 농도는 절연유의 열화가 진행되고 있음을 나타낼 수 있음.  
높은 농도:수천 ppm 이상의 농도는 심각한 열화나 고장이 발생하고 있을 가능성을 시사함.

### 8) 계면 전압 (Interfacial Voltage)

일반적인 정상 범위:계면 전압 값이 대개 10 V 이하일 때 정상으로 간주됨. 값이 이보다 높으면 절연유의 품질에 문제가 있을 수 있음. 변압기에서 Interfacial Voltage가 45 V인 경우, 이는 일반적으로 높은 수치로 간주되며, 절연유의 품질이 저하되었거나 절연 성능이 악화되었음을 시사함. 이 값을 기록한 경우에는 즉시 절연유의 상태를 점검하고 필요한 조치를 취하여 변압기의 안전성과 신뢰성을 확보하는 것이 중요함.

#### 9) 절연 강도 (Dielectric Rigidity)

변화 추세: 절연 강도가 지속적으로 낮아지거나 급격한 변화를 보이는 경우, 절연유의 상태를 점검하고 추가적인 조치를 고려해야 함. 변압기에서 Dielectric Rigidity가 55 kV인 경우, 이는 일반적으로 정상 범위 내의 수치로 간주되며, 절연유의 전기적 강도가 양호함을 나타냄. 절연유의 상태를 정기적으로 점검하고, Dielectric Rigidity 값을 지속적으로 모니터링하여 변압기의 신뢰성과 안전성을 유지하는 것이 중요함.

#### 10) 수분 함량 (Water Content)

일반적인 범위: 변압기 절연유의 수분 함량이 10 ppm에서 100 ppm 사이로 나타나는 것이 정상 범위임. 이 값은 변압기 절연유의 적절한 수분 함량을 나타내며, 절연 성능이 유지되고 있다는 것을 의미함.

비정상적인 수치: 0 ppm의 수분 함량은 절연유에 수분이 전혀 없다는 것을 의미하며, 이는 측정 오류일 가능성이 큼. 변압기 절연유에서 수분이 완전히 없는 상태는 현실적으로 거의 불가능하며, 일반적으로 일부 수분이 존재하는 것이 정상임.

#### 11) 건강 지수 (Health Index)

상태 평가: Health Index 값은 보통 0%에서 100%까지의 범위로 표현됨.

90% 이상: 변압기의 상태가 매우 양호하며, 대부분의 경우 정상적인 작동 상태에 있음.

80%에서 90%: 변압기의 상태가 양호하지만, 일부 점검이나 예방적 유지보수가 필요할 수 있음.

80% 이하: 변압기의 상태가 저하되었으며, 추가적인 점검 및 수리가 필요할 수 있음.

## 4. 배경지식 및 사고사례

변압기는 전력 시스템에서 전압을 변환하여 전력을 효율적으로 전달하는 중요한 장비입니다. 변압기의 수명은 절연유의 열화와 다양한 내부 요인에 의해 영향을 받으며, 이러한 요인들은 변압기의 고장 및 성능 저하를 초래할 수 있습니다. 따라서 변압기의 상태를 정확히 모니터링하고 예측하는 것은 전력 시스템의 신뢰성과 안정성을 보장하는데 필수적입니다.

2012년 미국 뉴욕, 2018년 한국 서울, 2021년 멕시코시티 변압기 고장은 노후화와 유지보수 부족이 원인이며 2019년 일본 도쿄, 2023년 한국 대전 변압기 고장은 내부의 열화로 인하여 사고가 발생하였습니다. 이로 인하여 데이터 수집을 통해 변압기 수명 예측이 가능하다면 안전성을 증대시킬 수 있습니다.

## 5. 개발 내용

변압기 수명 예측 모델은 수소, 산소, 질소, 메탄, 이산화탄소, DBDS, 계면전압, 절연강도, 습도, health index(건전도) 등의 데이터를 활용하여 수명을 예측합니다. Random Forest와 Gradient Boosting 모델을 적용하여 높은 정확도와 예측 성능을 달성하였으며, 복잡한 비선형 관계를 효과적으로 모델링했습니다. 모델의 성능은 평균 절대 오차(MAE), 평균 제곱근 오차(RMSE), 평균 제곱 오차(MSE) 등을 통해 종합적으로 평가되었습니다. 이를 통해 예측 정확도와 신뢰성을 극대화하였습니다.

## 6. 개발 결과

모델 성능을 평가하기 위해 MAE, RMSE, MSE를 사용해 각 모델의 예측 정확도를 수치적으로 비교했습니다. 오차 행렬을 통해 예측 결과의 분류 성능을 시각적으로 분석했습니다. KFold 교차 검증을 통해 모델의 일반화 성능을 평가했습니다. 분석 결과, 가장 높은 예측 정확도를 보인 모델을 확인하고, 각 모델의 장단점과 실용성을 고려하여 최적의 모델을 선택했습니다. 이를 통해 변압기 수명 예측의 정확성과 안전성을 높이는데 기여하였습니다.

## 7. 결론

변압기 수명 예측을 위한 머신러닝 모델을 개발하여, 데이터 분석과 모델 선정을 통해 최적의 예측 모델을 구축했습니다. 이 모델은 절연유와 변압기 교체 시기를 정확히 파악하여 안전사고를 줄이는 데 기여합니다. 개발된 모델의 주요 의의는 변압기 수명을 예측하고, 전력 시스템의 안전성을 강화하는 것입니다. 그러나 데이터 품질과 양의 제한으로 인해 모델 성능이 저하될 수 있으며, 외부 환경 요인으로 예측 성능이 변동할 수 있습니다.