

# 국내 154kV 변압기 지역별 위험도 현황의 공간 집계 및 시각화

강자윤\*

한국폴리텍대학\*

## Spatial Aggregation and Visualization of Regional Risk Status for Domestic 154kV Power Transformers

Ja-Yoon Kang\*

Korea Polytechnic University\*

**Abstract** - 본 논문은 국내 154kV 변압기 설비군의 지역별 위험도 현황을 공간 집계하고 시각화하는 방안을 제안한다. 전력용 변압기의 건전도 평가와 수명 예측에 관한 연구는 개별 설비 단위에서 지속적으로 발전해 왔으나, 다수 설비를 운영·관리하는 전국 지역별 단위의 위험도 분포를 통합적으로 제시하는 시각화 방안은 충분히 논의되지 않았다. 이에 본 논문에서는 사전 산출된 설비별 건강 지표를 전국 지역별 단위로 집계하고, 인터랙티브 지도·요약 카드·순위 표 형태로 표현하는 웹 기반 프로토타입을 구현하였다. 제안 방식은 개별 설비 식별 정보를 노출하지 않으면서도 설비군 전체의 위험 분포 패턴을 직관적으로 전달할 수 있으며, 운영자 및 이해관계자의 신속한 상황 인지 및 의사결정 지원을 목적으로 한다.

### 1. 서 론

154kV 변압기는 전력계통의 핵심 자산으로서, 노후화에 따른 절연 열화 및 고장 발생 시 광범위한 정전과 사회·경제적 피해를 초래할 수 있다. 이러한 이유로 변압기의 건전도 지수 산정 및 수명 예측에 관한 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. FMEA 및 진단 교차 매트릭스를 통해 입력 파라미터를 선정하고 차원 축소 기법을 적용한 머신러닝 기반 건전도 지수 산정 알고리즘을 제안하였으며, 자가진단 평가와 자산관리법을 결합하여 변압기의 건전성 분석 및 잔여수명 예측 정확도를 향상시켰다.[1][2]

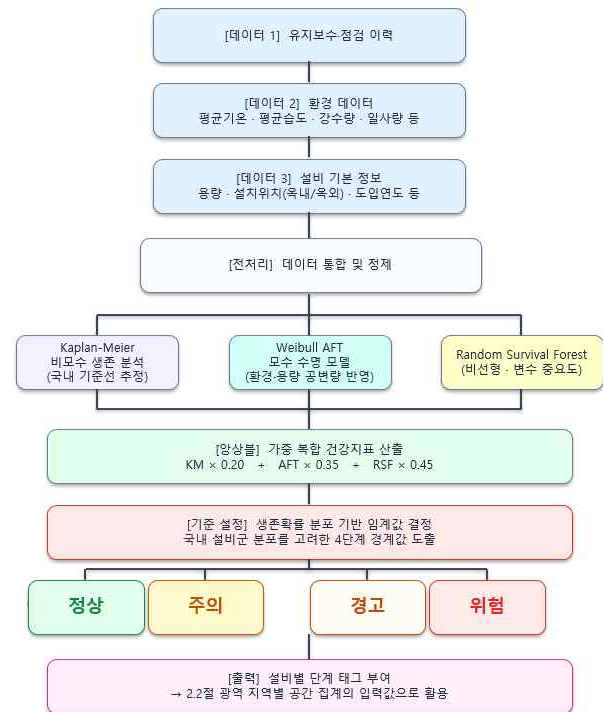
그러나 이들 연구는 주로 개별 설비 단위의 상태 진단·예측에 초점을 맞추고 있으며, 수백 기 이상의 설비를 운영하는 전국 지역별 단위에서 위험 분포를 통합적으로 파악하는 방안은 충분히 다루어지지 않고 있다. FMEA 기반 RPN 방법을 활용한 자산관리 전략 선정 방법론을 제안하였으나, 지역 단위 위험 현황의 시각적 전달에 관한 논의는 포함되지 않았다. 또한 설비 단위의 식별 정보는 보안·민감성 측면에서 공개에 제약이 있어, 운영자 및 이해관계자에게 위험 현황을 효과적으로 전달하는 리스 커뮤니케이션 방식이 별도로 요구된다. 최근 지도 기반 전력계통 감시 시스템에 관한 연구가 등장하고 있으나, 전국 지역별 집계 단위별 위험도 시각화와의 연계는 아직 초기 단계이다.[3]

본 논문에서는 이러한 한계를 보완하기 위해, 사전 산출된 설비별 건강 지표를 전국 지역별 단위로 공간 집계하고, 이를 인터랙티브 지도·요약 카드·순위 표 형태로 시각화하는 웹 기반 프로토타입을 제안한다. 개별 식별 정보를 배제한 집계 방식을 통해 민감 정보를 보호하면서도 지역별 위험 패턴을 직관적으로 전달할 수 있음을 시연한다. 이하 본문에서는 공간 집계 단위·지표 정의 및 시각화 설계와 구현 결과를 기술하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 유지보수 데이터 기반 국내 평균 수명 통계 도출

본 연구는 국내 154kV 변압기 1,167기의 점검·교체 이력을 포함한 유지보수 데이터와, 설비 설치 지역의 기온·습도·강수량·일사량 등 환경 데이터를 통합하여 국내 현실을 반영한 평균적 수명 특성을 추정하였다. 전체 분석 과정은 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 국내 평균 수명 통계 도출 및 4단계 기준 설정 과정

#### 2.1.1 데이터 통합 및 전처리

설비별 점검 이력에 지역별 단위로 수집된 환경 데이터를 결합하고, 동일 설비의 반복 검사 기록은 최신 1건만 유지하여 독립성 가정을 충족시켰다. 설치위치 구분에 따라 환경 변수의 기본값을 달리 적용함으로써 국내 다양한 운영 환경을 반영하였다.

#### 2.1.2 수명 통계 모델 학습

세 가지 통계 모델을 병렬 학습하였다. Kaplan-Meier 분석은 비모수 방법으로 전국 설비군의 생존 함수를 추정하여 국내 기준선을 제공하며, 교체 이벤트 발생 시점까지의 누적 생존 패턴을 데이터 그대로 반영한다. Weibull AFT 모델은 설치위치·용량·도입연도·환경 공변량을 함께 고려한 모수적 수명 모델로, 국내 경제·환경 조건에 따른 수명 차이를 정량화한다. Random Survival Forest는 비선형 관계를 포착하고 변수 중요도를 산출한다.

#### 2.1.3 복합 건강지표 및 4단계 기준 설정

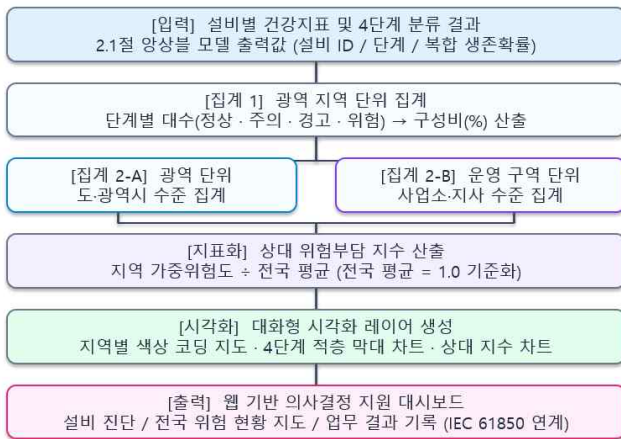
세 모델의 예측값을 가중 양상블로 결합하여 설비별 복합 건강지표를 산출하였다. 이 지표의 전국 분포를 바탕으로 생존확률 구간에 따른 임계값을 결정하고, 설비를 정상·주의·경고·위험의 4단계로 분류하였다. 이는 국내 동종 설비 군에서 관찰되는 평균적 위험 상승 패턴을 기준으로 절대적 기준이 아닌 국내 상대적 기준으로 단계를 구분한다는 데 의의가 있다.

## 2.2 전국 설비 위험도 공간 집계 및 시각화

2.1절에서 산출된 설비별 건강지표(4단계)를 입력으로, 본 절에서는 이를 전국 단위의 공간 정보로 변환하는 집계·시각화 파이프라인을 구현하였다. 그림 2는 해당 파이프라인의 전체 흐름을 나타낸다.

집계는 광역 단위와 운영 구역 단위의 2계층 구조로 설계되었다. 광역 단위에서는 전국 9개 권역별로 정상·주의·경고·위험 대수의 구성비(%)를 산출하고, 운영 구역 단위에서는 개별 사업소 수준의 세분화된 현황을 제공한다. 이어서 각 지역의 가중위험도를 전국 평균으로 나누어 상대 위험부담 지수(전국 평균 = 1.00)를 산출함으로써 지역 간 크기 차이에 영향을 받지 않는 비교 지표를 확보하였다.

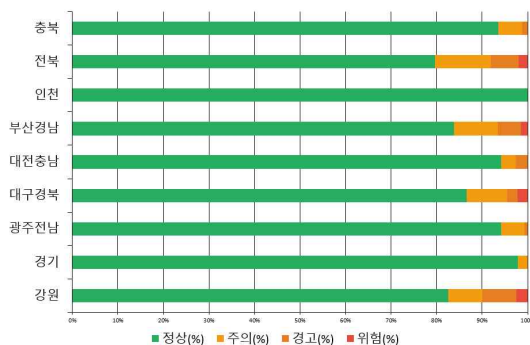
최종 시각화 레이어는 Python으로 생성한 JSON 집계 파일을 Plotly.js 기반 웹 대시보드로 렌더링하며, IEC 61850-7-4 구조를 참조한 업무 결과 기록 기능과 연동된다.



〈그림 2〉 국내 154kV 설비 위험도 공간 집계 및 시각화 파이프라인

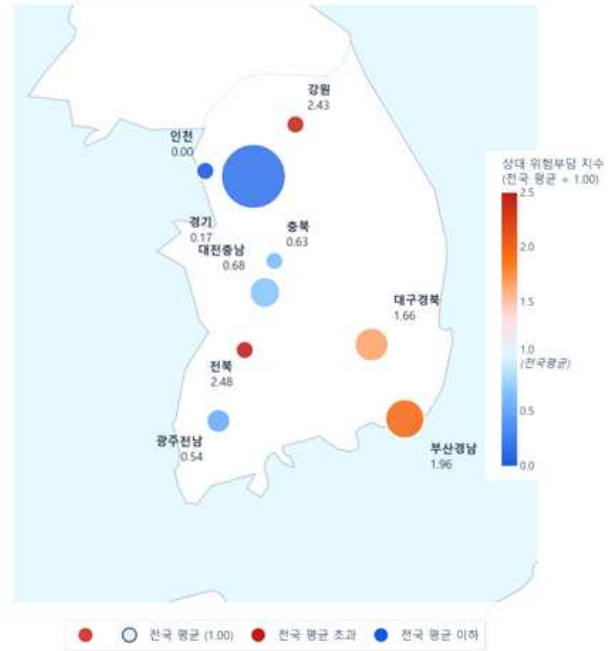
## 2.2 시각화 시스템 구현 결과 및 의의

그림 3은 전국 9개 광역 지역별 4단계 구성비(%) 누적 막대 차트이다. 전국 평균 기준으로 정상 91.4%, 주의 5.6%, 경고 2.2%, 위험 0.8%로 집계되었으며, 지역별 편차가 뚜렷하게 나타났다. 인천(정상 100%), 경기(97.9%) 등 수도권은 안정적인 반면, 전북(정상 79.6%, 주의 12.2%), 강원(82.5%, 주의 7.5%)은 상대적으로 노후 비중이 높은 것으로 확인되었다.



〈그림 3〉 전국 광역 지역별 4단계 구성비

그림 4는 상대 위험부담 지수를 표현한 지도로, 전국 평균(1.00)을 기준선으로 지역 간 위험 수준 차이를 직관적으로 비교할 수 있도록 하였다. 전북(2.48), 강원(2.43), 부산경남(1.96), 대구경북(1.66)이 전국 평균을 상회하며, 인천(0.00), 경기(0.17), 광주전남(0.54)은 평균 대비 양호한 수준을 보였다. 이와 같은 상대 지표는 절대 대수의 영향을 제거하여 소규모 지역이 과소 평가되는 문제를 방지한다.



〈그림 4〉 전국 광역 지역별 상대 위험부담 지수

## 3. 결 론

본 논문은 국내 154kV 변압기의 유지보수 이력 및 환경 데이터를 기반으로 설비별 건강지표를 도출하고, 이를 전국 광역 지역 단위로 공간 집계·시각화하는 시스템을 개발·구현하였다.

주요 성과는 다음 세 가지로 요약된다. 첫째, 설비별 복합 건강지표를 산출하고, 국내 설비군 분포를 고려한 생존확률 기반 4단계 위험 기준을 설정하였다. 둘째, 설비별 단계 정보를 광역 단위와 운영 구역 단위의 2계층으로 집계하고, 지역 간 규모 차이를 제거한 상대 위험부담 지수를 도입하여 공정한 지역 비교가 가능하도록 하였다. 셋째, 집계 결과를 Plotly.js 기반 대화형 웹 대시보드로 시각화하였으며, IEC 61850-7-4 구조를 참조한 업무 기록 기능과 연동하여 현장 활용 가능성을 높였다.

향후 연구에서는 시계열 점검 데이터를 활용한 단계 변동 추이 분석과 지역별 기후·산업 특성을 반영한 위험 보정 모델 확장을 계획하고 있다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 모영규 외 7, “전기설비 안전관리 시스템 고도화를 위한 데이터 구조 및 수명평가에 대한 연구”, 대한전기학회, vol.73, no.11, 2097-2106, 2024
- [2] 구분혁 외 3, “전력설비 상태 평가를 위한 신뢰성 기반 Health Index 개발에 관한 연구”, 대한전기학회, vol.73, no.12, 2456-2462, 2024
- [3] 문주영 외 4, “송전설비 설계 및 예방 정비 최적화를 위한 기후변화 시나리오 기반 고해상도 풍속 다운스케일링 모델 개발”, 대한전기학회, vol.74, no.7, 1257-1265, 2025