

배전선로 환경에서 부분방전 발생과 케이블 온도의 상관성에 관한 연구

*나호성, 이성호, 박찬, 박정환, 박성철

한전KDN

*sung_9705209@kdn.com, letitbe_953387@kdn.com, chan-767710@kdn.com, sypapa_14@kdn.com,
sungchul_0126@kdn.com

A Study On The Correlation Between Partial Electricity Generation And Cable Temperature In The Distribution Line Environment

*Na Ho Sung, Lee Sung Ho, Park Chan, Park Jung Hwan, Park Sung Chul

Kepeco KDN

요약

본 논문에서는 배전 환경에서 부분방전 발생 여부와 케이블 표면 온도의 상관관계에 대해 기술하고자 한다. 기존의 배전설비 부분방전 시스템에서 부분방전을 진단하기 위해 펄스의 크기, 모양 등의 요소를 주로 활용했지만 최근 연구에서는 케이블 표면 온도와 부분방전 간의 상관성 분석을 통해 부분방전 진단의 정확성을 높일 수 있는 방안으로 제시되고 있다. 분석을 위해 실제 배전시스템에서 수집된 데이터를 사용하여 부분방전과 케이블 표면 온도 간의 상관관계를 분석하였다. 이 연구의 목표는 기존에 부분방전을 진단하기 위해 사용하는 요소 이외에 새로운 요소를 도입하여 부분방전의 진단 정확성을 향상시키는 데에 있다.

I. 서론

배전설비의 부분방전 현상이 발생할 경우, 화재나 정전 등으로 이어질 수 있으므로 설비의 정확한 상태 진단을 기반으로 사전 예방이 필요하다. 배전설비 내의 부분방전은 잠재적인 위험 요소로 작용하여 시스템의 안정성을 저해할 수 있으므로 부분방전의 조기 진단과 예방은 전력시스템의 운영을 위해 중요하다. 기존에는 부분방전 진단을 위해 펄스 크기, 이득 레벨 등의 요소를 활용해 왔으나, 최근 연구에서는 부분방전과 관련하여 다양한 요소를 도입하여 부분방전 진단의 정확성을 향상시키는 방안이 제시되고 있다.

본 논문에서는 케이블 표면 온도와 부분방전 발생 여부의 상관관계에 중점을 두고 있다. 일반적으로 부분방전 발생 시, 부분방전 과정에서 생성되는 열로 인해 케이블의 표면 온도가 상승하는 경향에 따라 상관성을 분석했다. 이러한 새로운 관점은 부분방전 진단에 대한 기존의 접근 방식을 보완할 수 있으며, 전력시스템의 안전성과 신뢰성을 높일 수 있는 방안 중 한 가지이다.

II. 본론

II. I 부분방전 진단 시스템

부분방전은 전력 시스템에서 발생하는 잠재적인 문제로, 전기적인 스파크나 부식, 절연체의 물리적인 손상 등으로 발생한다. 이러한 부분방전은 전력 설비의 안정성과 신뢰성에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 부분방전의 조기 진단과 예방을 위해 최근 많은 연구가 이뤄지고 있다. 이러한 연구 중 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge) 패턴 분석은 부분방전을 감지하고 분석하는 데 사용되는 효과적인 방법 중 하나이

다. PRPD 분석은 부분방전 신호를 시간과 주파수 영역에서 분석하여 부분방전의 특성을 추출하고 판별한다.

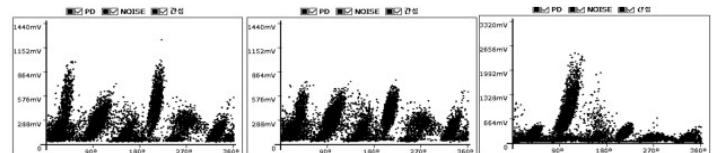


그림 1 PRPD 패턴 이미지

이와 관련하여 본 연구에서는 전력시스템에서 PD 발생과 온도 추이 분석을 위해 HFCT(High Frequency Current Transformer)와 온도센서를 사용하였다. HFCT는 도체를 통하여 전파되는 부분방전 신호를 전자유도 원리를 이용하여 검출하는 센서로서 케이블, 변압기, 회전기 등 전기 시스템에서 부분방전 측정에 효과적이다.

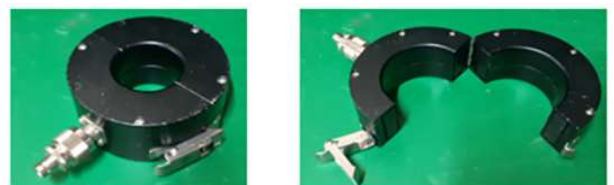


그림 2 HFCT 센서

또한, HFCT는 전류 변압기의 일종으로, 주로 부분방전과 같은 고주파 전류를 측정하는 데 사용한다. HFCT는 케이블 표면에 직접 설치하여 전류의 변화를 감지하고 이를 전기 신호로 변환한다. 이 신호는 후속적으로 데이터 수집 장치로 전송되어 분석된다. HFCT를 통해 검출된 PD 신호는 PRPD 패턴에서 양쪽 극성으로 나타낼 수 있다. 따라서 검출된 신호의 극성 분석을 통하여 신호의 전파 방향과 발생원 추정이 가능하다.

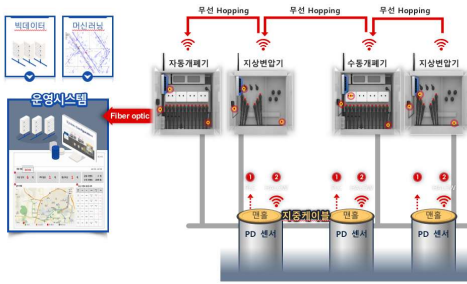


그림 3 전체 시스템 구성도

부분방전 진단시스템은 전력 배전설비에서 부분방전 발생 여부를 측정하기 위해 지상 개폐기 내부의 전력케이블에 부분방전 신호 계속 센서와 온도 센서를 설치하고, 이를 통해 취득한 신호를 분석하여 부분방전을 파악하는 시스템이다. 데이터 수집 및 처리 장치는 별도의 분석 과정을 통해 계속된 신호를 노이즈와 부분방전 신호로 분리 후 운영 서버로 전송한다.

II.II 상관성 분석

기존에는 부분방전을 진단하기 위해 펄스의 크기, 영역, 표준 편차 등의 요소를 주로 활용했다. 그러나 최근 연구에서는 케이블 표면 온도와 부분방전 간의 상관성을 살펴보는 것이 부분방전 진단의 정확성을 높일 수 있는 방안으로 제시되고 있다.

본 연구를 위한 PD, 온도 데이터는 배전 전력시스템 환경에서 약 3주간 취득한 데이터를 활용했다. 데이터는 해당 기간 동안 주기적으로 데이터 베이스에 수집되었다.

수집된 케이블 표면온도 데이터는 전처리 과정을 통해 결측값과 이상치를 처리하였다. 데이터의 특성을 고려하여 결측치 주변 값들의 선형적 관계를 이용하여 결측값을 보간하는 방법을 채택했다.

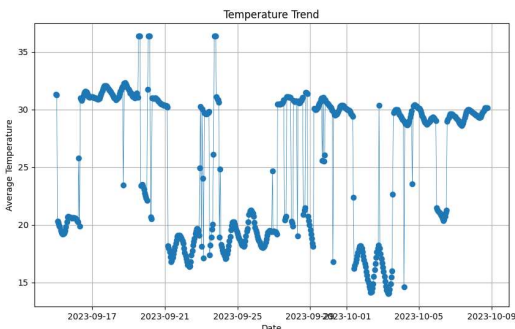


그림 3 케이블 표면온도 추이

수집된 케이블 부분방전 데이터는 기계학습(Random Forest)모델을 사용하여 부분방전 발생 예측모델을 구성했다.(정확도 : 96%)

예측 결과와 평균온도를 시계열 데이터로 그룹화하여 평균값을 계산했다. 두 변수 간의 선형 관계를 측정하고 수치적으로 표현하기 위해 피어슨 상관 계수 분석을 사용하여 관련성을 파악했다.

위 과정을 통해 부분방전 발생과 케이블 표면온도의 상관성을 분석했고 양의 상관관계를 갖고 있다는 점을 추정할 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서는 전력 시스템에서 부분방전 발생과 온도 변동 간의 상관 관계를 조사했다. 특히, 피어슨 상관 계수 분석을 사용하여 부분방전 발생과 온도 사이의 관계를 분석했다.

이 연구 결과는 부분방전 발생과 온도 변동 간에 유의한 양의 상관 관계를 보여주었으며, 온도가 증가함에 따라 부분방전 이벤트의 확률이 높아질 수 있다는 점을 시사한다. 이러한 결과는 부분방전 모니터링 전략에서 온도 변화를 고려해야 하는 중요성을 강조하며, 전력 시스템에서 부분방전에 대한 예측 지표로서 온도 데이터의 잠재력을 강조할 수 있을 것이다.

그러나 이 연구는 아직도 몇 가지 해결해야 할 과제가 있다. 먼저, 부분방전 데이터의 다양한 패턴을 더욱 정확하게 인식하고 모델에 반영하기 위한 연구가 필요하다. 특히, 펄스의 크기, 영역 등 독립변수를 보다 효과적으로 다룰 수 있는 방법과 구조학습에 대한 연구가 중요하다. 이를 통해 예측 모델이 복잡한 구조를 더욱 잘 이해하고 예측할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 온도와 부분방전 사이의 상관 관계를 보다 심층적으로 이해하기 위해 추가적인 실험 및 분석이 필요하다. 예를 들어, 부분방전이 발생하는 구체적인 온도 범위나 부분방전 패턴이 특정 환경 조건에서 어떻게 변하는지 등을 조사하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

- [1] Ji-Man Park." A Analysis on the Partial Discharge Characteristics of 22.0kV CN-CV Power Cable Termination Defect,"
- [2] Won Choi, Ki-Hyeong Kim, Jeon-seon Lee(SMND)." Development of distribution cable complex deterioration diagnosis system,"
- [3] Kim Geon Tae, Kim Han Su, Park Hye Sung." A Study on Specific Heat According to Deterioration of XLPE Insulation Cable,"
- [4] Jong-Ho Sun, Tae-Yun Hong, Jung_Hyun Cho, Young-Woo Youn, Tae-Jin Kim, Hyun-Soo Choi - Korea Electrotechnology Research Institute(KERI), Genadsystem Corp. " Electrical Characteristics of Partial Discharge Signals For Modelled PD Defects