

변압기 부분방전 Type별 부분방전 위치추정 사례연구

민병운*, 조철희*, 배광돈*, 이단비*
HD 현대일렉트릭

Case Studies on Partial Discharge Localization by PD Type in Power Transformers

Byoung-Woon Min*, Chul-Hee Cho*, Kwang-Don Bae*, Danbi Lee*
HD HYUNDAI ELECTRIC*

Abstract - 변압기의 열화 및 절연 성능 저하에 의한 사고 발생 이전에 부분방전(Partial Discharge, PD) 신호가 발생한다. 최근에는 변압기에서 발생하는 부분방전의 탐지 및 결함원 식별이 용이한 UHF(Ultra High Frequency) 센서 기반의 측정 기법이 널리 활용되고 있다. [1]

UHF 센서는 변압기 외함에 설치되는 Window Type과 Drain Valve에 삽입되는 Drain Valve Type으로 구분된다. 변압기 내부에서 부분방전이 발생한 것으로 판단되는 경우, 이들 UHF 센서를 이용하여 부분방전 발생원의 위치를 추정할 수 있으며, 이를 통해 보다 신속하고 효과적인 결함 대응이 가능하다.

본 논문에서는 변압기 내부에서 발생 가능한 다양한 부분방전 유형 및 모의 신호를 기반으로 위치 추정 기법을 적용한 사례 연구를 제시한다.

1. 서 론

변압기에서 부분방전이 발생할 경우 신속한 대응을 위해 UHF 센서를 이용한 부분방전 위치 추정 시스템이 개발되었다. 개발된 시스템은 생산, 설치 및 운전 현장에서 부분방전이 의심되는 변압기를 대상으로 부분방전 신호 탐지, 진단 및 위치 추정을 수행하여 점검 및 보수에 활용되고 있다. [2]

본 논문에서는 변압기 내부의 부분방전 발생 유형에 따라 위치 추정 정확도에 미치는 영향을 검토하기 위하여 사례 연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 부분방전 Type별 부분방전 위치추정 시험

3상 40 MVA 리액터를 대상으로 부분방전 유형별 결함원 위치 추정 시험을 위한 모의시험을 수행하였다. 실험에서는 5개의 UHF 센서 중 1개를 부분방전원 역할의 안테나로 사용하였으며, 또한 무지향성 특성을 갖는 Rod Type 안테나를 적용하였다. 부분방전 신호의 모의를 위해 Pulse 발생기를 사용하였다.

그리고 실제 부분방전 특성을 반영하기 위해 부분방전 셀(Particle, Corona)과 내압기를 이용하여 신호를 발생시켰다. 모든 모의 안테나 및 셀은 동일한 위치에 설치한 후 시험을 수행하였다.

2.1.1 부분방전 센서 및 부분방전원 설치

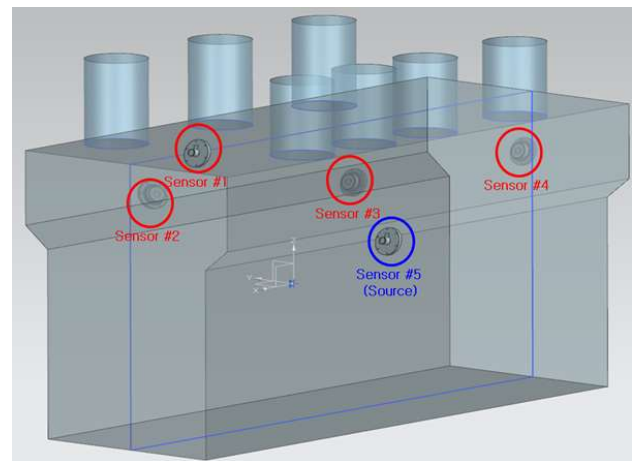
부분방전 위치 추정 시험에 사용된 리액터의 크기와 시험 사양을 다음과 같이 나타낸다.

- 리액터 외함 크기 : 4,260 × 1,840 × 2,675 mm
- 사양 : 착탈식 창(window)형 UHF 센서 5개 설치,
리액터 내부는 절연유로 충전(무가압 상태)

표 1과 그림 1은 모의시험에 사용된 리액터 외함과 이에 설치된 UHF 센서의 위치를 나타낸다. 또한, UHF Sensor #5는 부분방전 신호를 모의하기 위한 안테나 및 모의 셀이 설치된 위치를 의미한다.

〈표 1〉 UHF Sensor 및 부분방전 모의 Source 위치

구분	X	Y	Z
Sensor #1	-150	993	1057
Sensor #2	1786	-265	1157
Sensor #3	450	-923	1147
Sensor #4	-1350	-923	1147
Sensor #5 (모의 Source)	-1940	793	-28



〈그림 1〉 UHF Sensor 및 부분방전 모의 Source

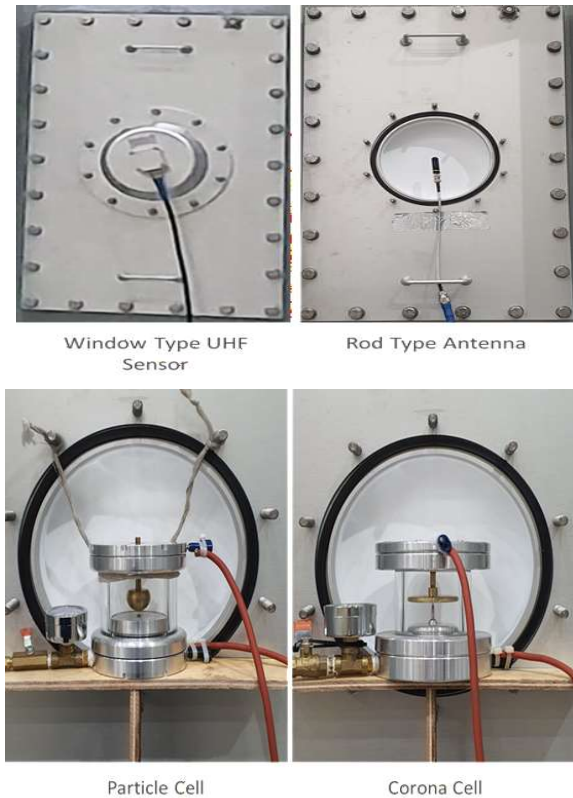
2.1.2 모의 부분방전원

안테나를 이용한 부분방전 신호를 모의하기 위하여 설치된 UHF센서(Sensor #5)와 동일 위치에 무지향성 Rod Type 안테나를 설치하여 사용하였다. 안테나에 부분방전 모의신호를 주입하기 위하여 IEC60270 기준에 준하는 펄스 발생기(LDC-7)를 이용하여 신호를 주입하였다. 그리고 동일위치에 부분방전 모의셀(Particle, Corona)을 설치한 후 내압기를 통해 부분방전을 강제로 발생시켜 부분방전 모의 신호를 만들었다. 그림 2는 부분방전 모의용 방전원(안테나, 모의셀)을 보여주고 있다.

첫 번째 부분방전 Source는 부분방전을 탐지하는 UHF센서로 센서 출력단자에 펄스발생기를 이용하여 20V~60V까지 신호를 단계별로 주입하여 부분방전 위치를 추정하였다.

두 번째 부분방전 Source원은 지향성 UHF 센서와 달리 무지향성 Rod Type 안테나를 동일 위치에 설치하여 펄스발생기로 신호를 주입하여 위치를 추정하였다.

마지막으로 실제 부분방전 신호를 모의하기 위하여 Particle 셀과 Corona 셀을 각각 동일한 위치에 설치하여 내압기를 통해 강제로 부분방전 신호를 발생시킨 후 부분방전 위치를 추정하였다.



〈그림 2〉 모의 부분방전원

2.2 부분방전 위치추정

모의신호별 부분방전 위치추정시험을 위하여 부분방전원만 바꾸고 방전원의 위치, 측정센서의 개수, 위치, 부분방전 위치추정 시스템의 설정값을 고정시킨 후 각 모의신호별 부분방전 위치를 추정하였다.

그림 3은 부분방전 위치 추정에 사용되는 사용자 인터페이스를 나타내고 있다. 그림 3 위의 프로그램은 4개의 UHF센서로부터 동시에 신호를 취득하여 도착시간, 신호 크기, 주파수 특성을 분석한다. 분석된 신호를 통해 측정된 신호가 부분방전 신호인지 노이즈 인지 자동으로 판별한다. 부분방전 신호로 판별된 신호는 부분방전 위치추정용 Database에 기록된다.

그림 3 아래 프로그램은 위치추정용 Database의 정보를 이용하여 사전에 대상 리액터의 M-Matrix(변압기 3D도면을 이용하여 구축된 감쇄율 및 부분방전 신호전달 경로 Map)를 이용하여 부분방전 Source 의 위치를 추정한다.

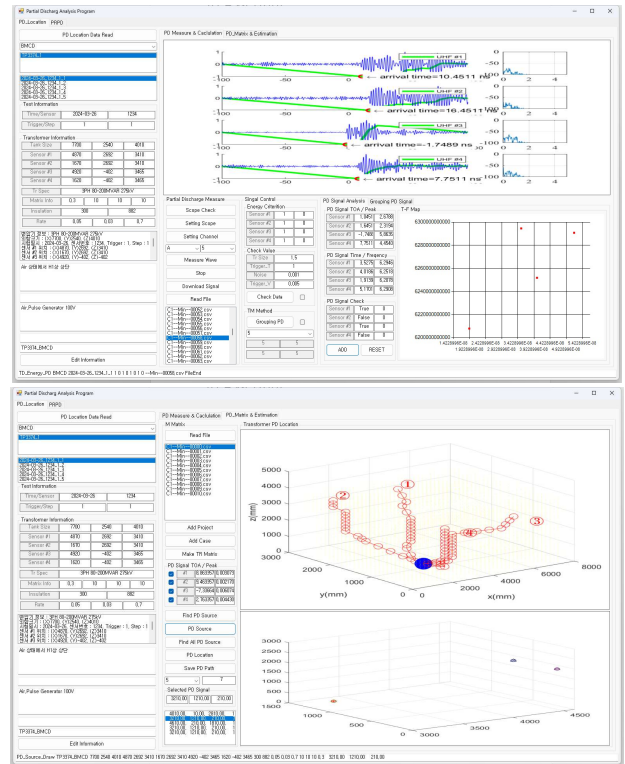
모의신호별 부분방전 위치 추정 결과는 표 2에 나타내었다.

Window Type UHF Sensor에 펄스 발생기로 50V의 신호를 주입하였을 때는 600mm내외의 오차 범위에 있었다. 그러나 20V이하의 신호가 주입되었을 때는 오차가 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 부분방전 신호 전달 Path에 따라 신호가 감쇠되는 효과에 따라 신호가 왜곡되는 영향으로 유추된다.

Rod Type Antenna나 센서에 펄스 발생기로 50V의 신호를 주입하였을 때는 600mm내외의 범위내에서 위치가 추정되었다. 신호 강도만 충분하다면 안테나 Type에 대한 영향은 적은 것을 추정된다.

Particle셀에 내전압기를 통하여 전압을 가한 후 Particle이 움직이는 시점부터 측정되는 신호를 이용하여 부분방전 위치를 추정하였다. 추정결과 600mm내외의 범위내에서 위치가 추정되었다.

마지막으로 Corona셀에 내전압가를 통하여 전압을 가한 후 부분방전 발생시점부터 측정되는 신호를 이용하여 부분방전 위치를 추정하였다. 앞에서 실험한 결과에 동일하게 600mm내외의 범위내에서 위치가 추정되었다.



〈그림 3〉 부분방전 위치추정 프로그램

〈표 2〉 부분방전 위치추정 결과

PD Source	입력 전압 (V)	Estimated PD Location(mm)			오차 (mm)
		X	Y	Z	
Window Type UHF Sensor	50	-2120	325	-270	556.8
	20	-2320	520	730	890.78
Rod Type Antenna		-2120	325	-270	556.8
Particle Cell		-2120	325	-270	556.8
Corona Cell		-2320	525	-270	524.2

3. 결 론

UHF 센서를 이용한 변압기 부분방전 위치 추정 시스템의 검증을 위해 다양한 부분방전원을 적용한 시험을 수행하였다. 검증 결과, 일정 수준 이상의 부분방전 신호가 검출되는 경우 부분방전 유형에 따른 위치 추정 성능의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

또한, 시험 결과를 통해 제안된 변압기 부분방전 위치 추정 시스템의 신뢰성을 확인하였다. 향후 본 시스템은 UHF 센서를 이용한 변압기 부분방전 위치 추정에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] S. Tenbohlen, "Partial Discharge Measurement in the Ultra High Frequency (UHF) Range", IEEE 2008
- [2] Byoung-Woon Min, "Study on Estimation System of Partial Discharge Position in Oil/Gas Transformer", CIGRE 2024, 2024