

Non-conventional 센서를 이용한 MV급 전력케이블의 부분방전 측정

김종열*, 이영조*, 조성주*, 남정학*, 구자윤*, 김정태**
 한양대학교*, 대진대학교**

Partial Discharges Detection for MV Cables using Non-conventional Sensors

Jong-Yeol Kim*, Young-Jo Lee*, Sung-Joo Cho*, Jung-Hak Nam*, Ja-Yoon Koo*, Jeong-Tae Kim**
 Hanyang University*, Daejin University**

Abstract - This paper deals with the partial discharge detection in order to recognize with three different nature of artificial defects using non-conventional HF-VHF PD sensor of which two measuring position are chosen along the 22.9kV XLPE power cable specimen. The response of the sensor under investigation has been observed to be significantly affected by the cable length from the PD sources. As a result, it seems that the detecting sensor position is very important for the analysis of the nature of PD source. Moreover, it could be suggested that any standardized calibration method should be established replacing IEC 60270 as far as any type of non-conventional sensors are concerned.

1. 서 론

전력설비에서 발생하는 부분방전은 전력기기의 열화 상태 및 사고에 대한 많은 정보를 제공해 주기 때문에 오래전부터 지속적인 연구대상이 되었다. 따라서 전력 케이블 시스템의 경우, 부분방전 검출을 이용하여 운전 중에 발생한 열화 상태를 판단하는 정기적인 진단뿐만 아니라, 케이블 포설 직후 수행하는 준공시험으로도 시도되고 있다.[1,2]

일반적으로 차폐가 잘 되어 있는 실험실의 경우, IEC 60270에 의거한 부분방전 전류를 검출하는 방법이 지난 40여 년간 전 세계적으로 사용되어왔다. 그러나 전력계통에 운용중인 지중케이블 시스템은 일반적으로 선로길이가 길기 때문에 커패시턴스가 증가하고 또한 고전압 발생을 위한 설비 용량이 대형화되어야 한다. 이로 인하여 설비의 가격이 높을 뿐만 아니라, 현장의 다양한 노이즈 간섭으로 인하여 부분방전 측정 신뢰도가 낮아져 IEC 60270의 현장 적용 부적합성에 대한 논의가 지난 20년간 제기되어 왔다.[3,4] 한편 현장 노이즈의 신호들은 대부분 1MHz 이상에서는 크기가 크게 감소되어 측정 시 최적의 SNR(신호대잡음비)을 얻을 수 있다는 점에 착안하여, HF-VHF 대역의 센서를 이용한 부분방전 검출방법이 1990년대에 들어와 연구되고 있다.[5]

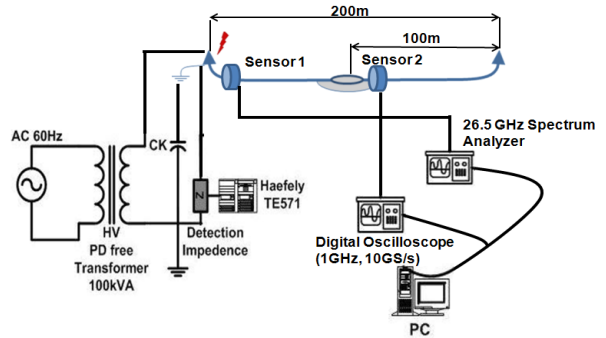
본 논문에서는 케이블 시스템에 형성될 가능성이 높은 인위적 결함들을 이용하여 부분방전신호를 발생시켰고, 사용된 센서는 HF-VHF 대역의 전자파를 검출하며, 설치 위치는 케이블의 중간접속부와 종단에 설치하였다. 아울러 IEC 60270 방식에 의한 Conventional 방법(Type TE571)과 전자파센서를 이용한 Non-conventional 방법에 의한 결과를 상호 비교 하였다.

2. 실험 방법

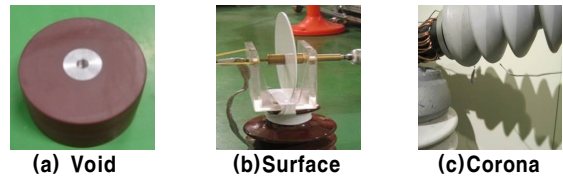
2.1 실험 장치 구성 및 방법

부분방전 측정 실험을 위하여 그림 1과 같이 케이블(22.9kV, CNCV)을 설치하였으며 총 길이는 200m이며 100m 지점에 중간접속부를 이용하여 연결하였다. AC 전압이 인가되는 케이블 종단부분의 금속시스는 접지와 연결하였고, 전력용 케이블에서 발생 가능한 연면(surface) 방전, 코로나(corona) 방전, 보이드(void) 방전을 모의하였다. 케이블 절연체 내부에 공극(air cavity)에서 발생하는 내부방전을 모의하기 위해서 보이드 방전을 이용하였고, 보이드의 구조는 그림 2.(a)와 같이 두 전극 사이 공극의 주위를 에폭시로 채운 형태이다. 연면방전의 경우는 고체 계면에서 일어나는 방전을 모의 하였고, 구조는 그림 2.(b)와 같이 2개의 원통형 전극사이에 1mm 두께의 고체 절연물을 삽입한 형태이다. 코로나 방전의 경우 케이블에서 발생하는 기중 방전을 모의하였고, 그림 2.(c)와 같이 끝이 뾰족한 금속 와이어를 이용하여 케이블 종단의 스킨(skirt)에 위치시켰다.

부분방전 신호는 두 가지 방법을 이용하여 검출하였다. IEC 60270 방식을 따르는 conventional 방법(Haffely TE571)과 HF-VHF 센서를 이용한 non-conventional 방법이다.



〈그림 1〉 실험 구성도

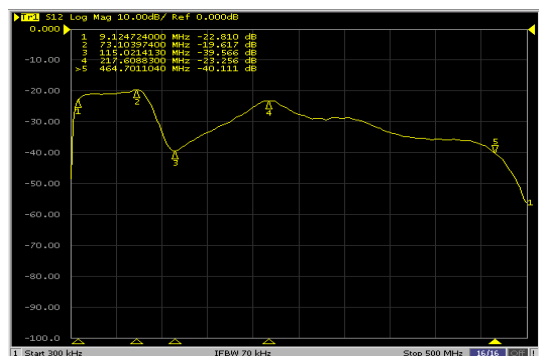


〈그림 2〉 실험에 적용된 모의결함

HF-VHF 센서는 케이블의 종단부분과 중간접속부에 각각 설치하였고, 연면방전과 코로나 방전의 경우 기중방전을 통하여 직접 센서로 방전신호가 전파되는 것을 방지하기 위해서 챔버 속에 넣어 차폐 성능을 확인한 뒤 실험을 진행하였다.

2.2 HF-VHF 센서의 전달 특성

네트워크 애널리저 (300kHz-8.5GHz, Agilent E5071B)를 이용하여 본 실험에 적용된 부분방전 진단센서는 그림 3과 같이 10MHz부터 300MHz이상의 주파수에 걸친 응답 특성을 가진다. 또한 부분방전 신호의 주파수 특성은 스펙트럼 애널리저를 이용하였다.



〈그림 3〉 HF-VHF 센서의 전달 특성

2.3 PD 신호 검출

2.2.1 Conventional 방법(TE-571)

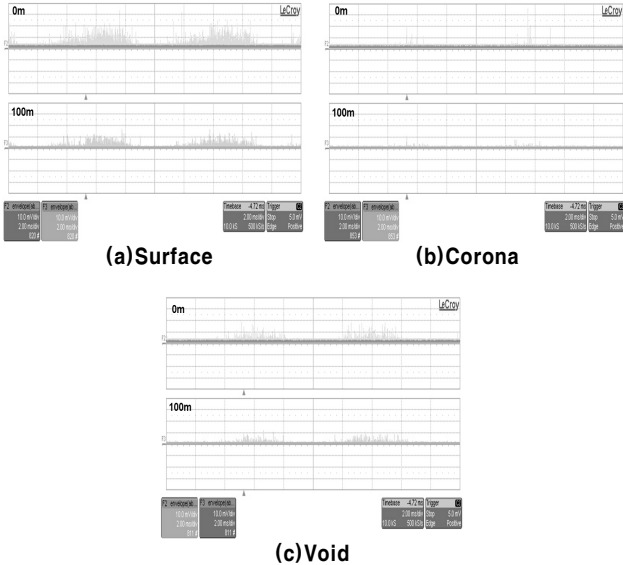
Conventional 방법(TE-571)을 통하여 전압이 인가되는 케이블 종단부에 3가지 결함을 각각 설치하여 방전량 및 방전패턴을 확인하였고, 시간에 따른 방전량(q_{max})을 2분간 저장하여 평균 방전량을 계산하였다. 표 1은 결함에 따른 평균 방전량 크기를 나타낸 것이다.

<표 1> 결함별 평균 방전량 (TE-571)

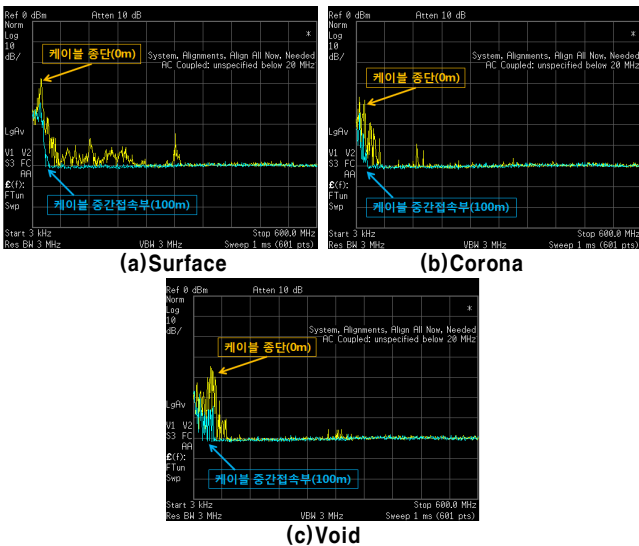
구분	Surface	Corona	Void
평균방전량(pC)	229	203	338

2.2.1 Non-conventional 방법(HF-VHF 센서)

전압이 인가되는 케이블 중단부(0m)와 중간접속부(100m)에 각각 센서를 설치하여 Conventional 방법을 이용한 실험과 동일한 시간동안에 방전을 발생시켜서 2분간 데이터를 저장하였고, 오실로스코프와 스펙트럼에널라이저로 부분방전 신호를 검출하여 분석하였다. 그림 4와 그림 5는 전자파 센서를 이용하여 케이블의 0m 지점과 100m 지점의 부분방전 신호를 검출한 것이다. 그림 6을 보면 방전 발생지점에서 거리가 멀어질수록 방전신호의 VHF 대역 주파수 성분이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 특히 연면방전과 코로나 방전의 경우 고주파 성분을 많이 포함하고 있기 때문에 중간접속부로 방전신호가 진행하면서 신호의 감쇠가 두드러졌다.



<그림 4> HF-VHF 센서로 검출한 PD 신호(Oscilloscope)



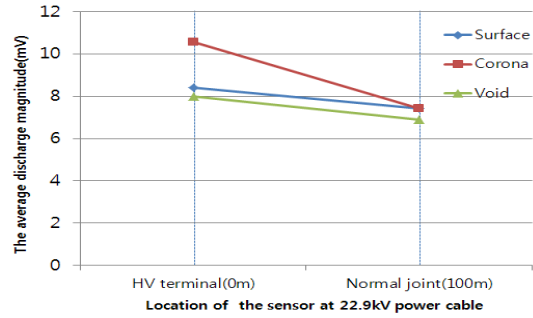
<그림 5> HF-VHF 센서로 검출한 PD 신호(Spectrum Analyzer)

<표 2> 케이블 위치별 평균 방전량 및 감쇠율(HF-VHF 센서)

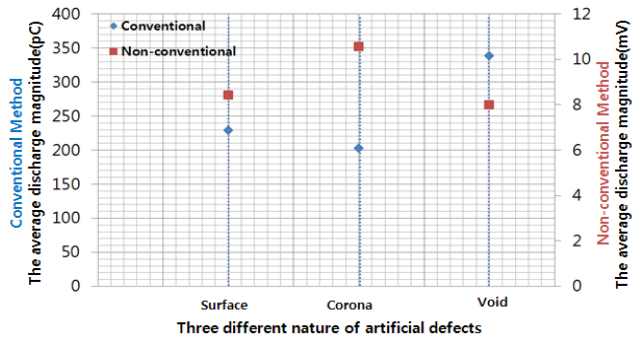
구분	센서위치	Surface	Corona	Void
	평균방전크기(mV)	0m	8.42	10.56
	100m	7.42	7.42	6.91
Attenuation(dB)		-1.26	-3.53	-1.45

표 2와 그림 6은 HF-VHF 센서로 검출한 케이블 위치별 평균 방전량을 나타낸 것이다. HF-VHF 센서로 검출한 결과 0m 위치에서 측정한다.

방전크기는 코로나방전>연면방전>보이드방전 순서로 나타났지만 100m 위치에서는 코로나방전=연면방전>보이드방전 순서로 나타났다. 그림 7은 Conventional 방법과 Non-conventional 방법을 적용했을 경우 인위적 결함의 종류에 따른 평균 방전량을 나타낸 것이다.



<그림 6> 전자파 센서 설치 위치에 따른 평균 방전량(HF-VHF 센서)



<그림 7> Conventional 방법과 non-conventional 방법으로 측정된 케이블의 평균 방전량 비교

3. 결 론

본 연구는 전력용 케이블을 설치하여 발생할 수 있는 3가지 인위적 결함을 이용한 부분방전을 검출하기 위하여 Conventional Method (IEC 60270)와 Non-conventional Method(전자파 센서)를 적용한 결과는 아래와 같다.

1. 결함의 종류와 센서의 위치에 따라서 검출된 방전량의 차이가 크다.
2. 검출위치에 따른 결함들의 감쇠율은 코로나>보이드≈연면이다.
3. Conventional Method의 캘리브레이션 기법을 Non-conventional Method에 적용이 부적합하므로 체계적이고 적합한 방법 및 기준이 필요하다.

향후 전자파 센서를 이용하여 전력케이블의 부분방전 위치탐지를 위한 알고리즘과 센서 Calibration 방법을 연구하여 실제 케이블에 적용할 것이다.

본 논문은 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(2009T100100629) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

[1] E.Pultrum, et.al., "Test After Laying, Diagnostic Testing using Partial Discharge Test at Site", CIGRE, 1996-Session, 15/21/33-12, 1966

[2] 구자운 외, "지중배선로의 준공시험기술 및 접속제 진단기술 개발", 한전 전력연구원 연구보고서, 95YJ17, 1998.1

[3] 김정태 외, "전력케이블에서 교류전압과 진동과 전압을 이용한 부분방전 측정", 대한전기학회, 전기학회논문지 C, 48C-4-5, 1994.4

[4] I. Krage, W. Kalkner, " PD-Detection and Localization using Unipolar Impulse Voltage for On-Site Testing of Poly Insulated Cables", 8th ISH, Yokohama, 1993

[5] 유인기 외, "방향성 센서를 이용한 고주파 부분방전 측정시스템의 XLPE 케이블 및 접속함 적용", 대한전기학회, 하계학술대회 논문집, 2002.7