

K-means 클러스터링을 이용한 초고압 케이블 절연재료의 부분방전 분포 해석

이강원, 이혁진, 이충호*, 연규호*, 홍진웅
 광운대학교, 충주대학교*

Partial Discharge Distribution Analysis of Ultra High Voltage Cable using K-means clustering

Kang-won Lee, Hyuk-jin Lee, Chung-ho Lee*, Kyu-ho Yeon*, Jin-woong Hong
 KwangWoon Univ, ChungJu Univ.*

Abstract : In this paper we investigated the partial discharge distribution using the K-means clustering according to the needle of tilt and void at the cross linked polyethylene(XLPE) insulators. As a result , the specimen with tilt 45° has highest breakdown voltage and the specimen with air void has lower breakdown voltage than the specimen with on void. In K-means clustering distribution of clusters concentrates at inception condition, but the distribution spreads widely at breakdown.

Key Words : K-means, Partial Discharge, XLPE, needle, tilt

3. 결과 및 고찰

1. 서론

초고압 케이블 절연체에 보이드와 같은 결함이 존재하면 부분방전이 발생하게 되고, 지속적인 부분방전의 발생으로 열화가 생기며 화재와 같은 사고가 발생하게 된다. 따라서 이와 같은 사고를 방지하기 위하여 부분방전측정을 사용하게 되고 많은 연구 또한 이루어지고 있다. 이러한 부분방전측정에서 얻어진 데이터를 군집분포의 해석을 통하여 개체의 거리와 유사성에 따라 군집을 형성하고, 군집의 특성을 파악하여 유사성에 따라 관계를 해석하는 한다.

따라서 본 논문에서는 초고압 케이블 절연체 진단을 위하여 K-means 클러스터링을 이용, 침 전극의 기울기와 보이드의 유무에 따른 부분방전 특성을 해석한 결과를 소개한다.

2. 실험

2.1 부분방전실험

실험은 AVO co.에서 제작된 부분방전 측정 장치를 사용하여 step 인가 법을 이용, 1 [kV]부터 절연파괴가 발생할 때 까지 인가전압을 승압하고, 전압인가 후 10초 동안 발생한 전하량을 위상별로 검출하였으며, 방전전하량, 위상 검출을 위해 MATLAB을 이용하였다.

2.2 K-means 클러스터링

벡터 양자화를 수행하기 위한 일반적인 군집화 알고리즘으로는 Lloyd 알고리즘으로 잘 알려진 K-means 군집분류기법을 이용하였다. K-means 알고리즘은 무한히 많은 수의 입력 벡터를 미리 정해진 K개의 대표값 즉, 중심값으로 사상(mapping)시키는 집단화 알고리즘으로써 임의의 입력 벡터에 대한 vector quantizer의 양자화 에러를 최소화하기 위해 반복적으로 클러스터의 중심 값을 갱신하는 알고리즘으로 본 실험에서는 클러스터의 개수를 9개로 하였다.

그림 1은 무보이드 시료에서 침 전극 기울기에 따른 절연파괴 시 부분방전 특성과 K-means 분포를 나타낸다. 그림 1(a)은 기울기 0°의 시료로 양극성에서 396,180 [pC], 음극성에서 1,047,500 [pC]이 발생하였다. 그림 1(b)은 기울기 20°의 시료로 양극성에서 16,105 [pC], 음극성에서 1,122,000 [pC]이 발생하였고, 그림 2(c)는 기울기 45°의 시

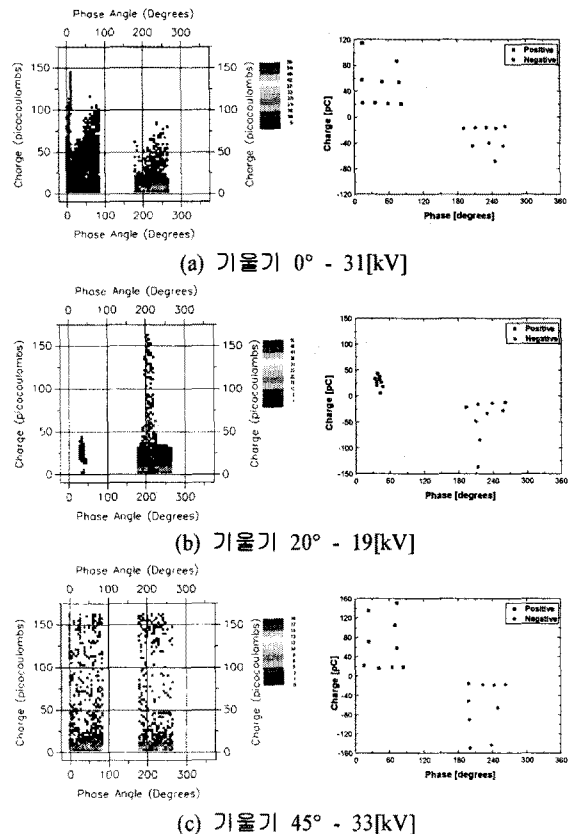


그림 1. 무보이드 시료에서의 부분방전 및 K-means 분포

로 양극성에서 31,548 [pC], 음극성에서 25,642 [pC]이 발생하였다.

각각의 시료의 클러스터 분포는 방전개시 전압에서 발생하는 방전 빈도수가 적어 절연파괴 시와 같은 수의 군집 형성이 불가능 하였다. 하지만 적은 수의 클러스터로 군집을 확인해보면 밀집된 형태를 볼 수 있었으며, 절연파괴 전압에 이르러서는 방전개시 전압에 비하여 군집의 분포가 넓게 확산됨을 확인할 수 있었다.

그림 2는 보이드 시료에서 침 전극 기울기에 따른 절연파괴 시 부분방전 특성과 K-means 분포를 나타낸다.

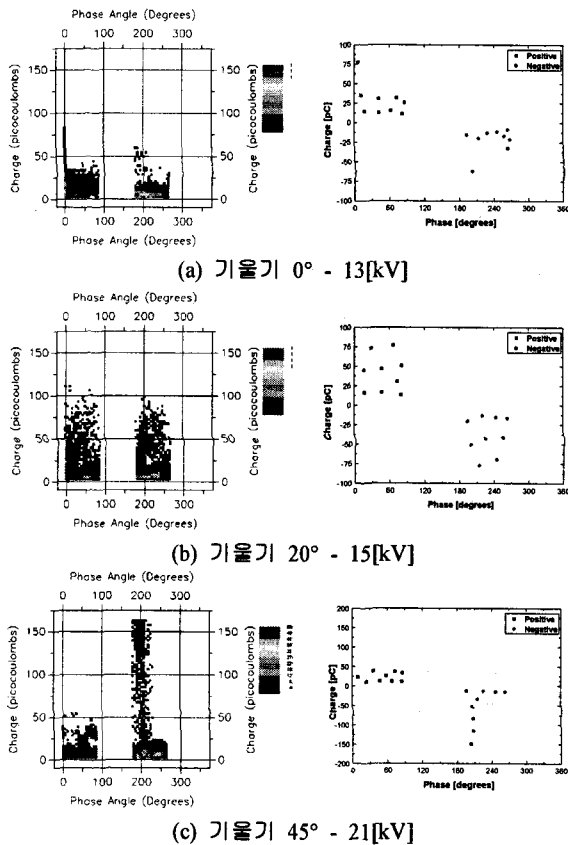


그림 2. 보이드 시료에서의 부분방전 및 K-means 분포

그림 2(a)는 기울기 0°의 시료로 양극성에서 38,627 [pC], 음극성에서 24,238 [pC]이 발생하였다. 그림 2(b)는 기울기 20°의 시료로 양극성에서 39,544 [pC], 음극성에서 50,046 [pC]이 발생하였고, 그림 2(c)는 기울기 45°의 시료로 양극성에서 101,849 [pC], 음극성에서 724,528 [pC]이 발생하였다. 또한 무보이드 시료와 마찬가지로 각각의 시료의 클러스터 분포는 방전개시 전압에서 발생하는 방전 빈도수가 적어 절연파괴 시와 같은 수의 군집 형성이 불가능 하였다. 하지만 적은 수의 클러스터로 군집을 확인해보면 밀집된 형태를 볼 수 있었으며, 절연파괴 전압에 이르러서는 방전개시 전압에 비하여 군집의 분포가 넓게 확산됨을 확인할 수 있었다. 그리고 군집의 분포가 무보이드와 달리 양극성과 음극성이 대칭이 됨을 알 수 있는데, 이것

은 시료의 공기 보이드에서 방전이 일어나기 때문이라고 사료된다.

표 1은 각각의 시료의 절연파괴 전구영역의 K-means 클러스터링을 한 결과의 왜도와 첨도를 정리한 것으로 표 1로 나타낸 것이다. 여기서 왜도는 클러스터의 대칭성을 나타내는 것으로 “+”는 왼쪽, “-”는 오른쪽으로 군집이 치우쳐져 있음을 나타낸다. 또한 첨도는 클러스터의 군집이 가운데로 집중하는 정도를 보여주는 것으로 “+”는 집중, “-”는 분산을 나타낸다.

표 1. 절연파괴 전구영역의 왜도 및 첨도

구분	양극성		음극성		
	왜도	첨도	왜도	첨도	
무보이드	0°	0.09294	0.83632	-0.36325	0.66068
	20°	0.18236	-1.80283	0.46315	5.75291
	45°	-0.29533	-0.58418	0.23226	0.00775
보이드	0°	0.38831	6.98761	0.08197	7.4898
	20°	-0.10079	-1.0863	0.05662	-0.80787
	45°	-0.32451	-1.54822	0.56942	1.23936

4. 결론

침 전극 기울기와 보이드 유무에 따른 초고압 절연체 XLPE의 부분방전 실험과 K-means 클러스터링 결과 무보이드 시료에서는 방전개시 전압과 절연파괴 전압이 보이드의 유무와 상관없이 침 전극에 기울기에 비례하여 선형적으로 증가함을 알 수 있는데, 이는 침 전극의 기울기에 따라 침 선단의 전극 형상의 변화로 인한 것이라 사료된다. 보이드 시료에서는 무보이드 시료에 비하여 방전개시 및 파괴전압이 낮는데, 이는 침 전극의 형상 보다는 보이드의 영향이 더 크게 작용함을 알 수 있다. 그리고 K-means 클러스터링을 통하여 부분방전 특성을 보면 방전개시 전압에서는 보이드의 유무에 관계없이 클러스터의 분포가 밀집되어 있으며, 절연파괴에 이르러서는 클러스터의 분포가 넓게 확산됨을 알 수 있고, 클러스터의 중심은 양극성에서는 0°, 음극성에서는 180°를 향하여 이동함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Butterworths, p. 52, 1989
- [2] Chatpattananan, V., Pattanadech, N., Yutthagowith, P., "Partial discharge classification on high voltage equipment with K-means", ICPADM 2006, p. 191, 2006
- [3] Tag-Yong Kim, "The Analysis of Partial Discharge using K-means on Ignition Coil", CMD 2006, p160, 2006
- [4] Tag-Yong Kim, "Analysis of Partial Discharge using Non-Linear Clustering Algorithm", ICMAT 2006, Vol2, pp.502~505, 2006