

군집화에 의한 XLPE/EPDM 계면결함 부분방전 패턴 분석

조경순, 이강원*, 신종열**, 홍진웅*
 서일대학, 삼육대학교**, 광운대학교*

Analysis of Partial Discharge Pattern in XLPE/EPDM Interface Defect using the Cluster

Kyung-soon Cho, Kang-won Lee*, Jong-yeol Shin**, Jin-woong Hong*
 Seoil College, Sahmyook Univ**, KwangWoon Univ.*

Abstract : This paper investigated the influence on partial discharge distribution of various defects at the model power cable joints interface using K-means clustering. As the result of analyzing discharge number distribution of Φ -n cluster, clusters shifted to 0° and 180° with increasing applying voltage. It was confirmed that discharge quantity and euclidean distance between centroids were increased with applying voltage from the analyzing centroid distribution of Φ -q cluster. The degree of dispersion was increased with calculating standard deviation of Φ -q cluster centroid. The tendency both number of discharge and mean value of Φ -q cluster centroid were some different with defect types.

Key Words : K-means, Partial discharge, Cluster analysis, Centroid, Euclidean distance

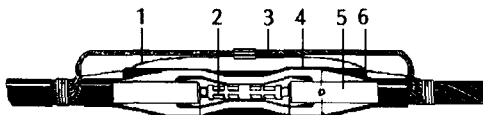
1. 서론

초절연체 내에 보이드내부 이물질에 의한 결함이 존재하면 절연층의 급속한 열화가 발생할 수 있으므로 이에 대한 정확한 해석은 매우 중요한 과제이다. 이에 본 논문에서는 사고를 미연에 방지하기 위한 절연 진단 기술로 부분방전측정 방법을 사용하여, 측정된 데이터를 K-means 클러스터링 방법을 이용하여 데이터의 함축성에 따른 패턴분포 변화를 조사하였다. 패턴은 Φ -n, Φ -q에 대하여 해석하였다.

2. 실험

2.1 시료

접속재 내부중양에 직경 0.6[mm], 길이 2 [mm]인 이물질 구리를 만들어 인공적인 결함을 만들었다. 그리고 실험 결과의 신뢰도를 높이기 위해 154 [kV] 전력용 케이블(L. co.)의 절연층 XLPE를 1 [mm] 두께로 슬라이스 하여 사용하였으며, EPDM은 조립형 직선 접속재 제조사(P. co.)에서 1 [mm] 두께로 제작한 것을 사용하였다.



No.	Classification	Material
1	Wire	Cu
2	Connector	Cu(+Tin Plate)
3	Metallic Screen	Cu
4	Insulator	EPDM
5	Insulator	XLPE
6	Molded Shield	EPDM

그림1. 조립식 직선접속재

2.2 부분방전실험

측정 시료는 XLPE와 EPDM 시트로 겹쳐 스프링(바닛정수: 25mm/80kg)에 의해 2 [kg/cm²]의 면압 구조로 전극 시스템을 구성한 후 연면방전을 방지하기 위하여 모델 전극 전체를 100 [cSt]의 실리콘유 안에 담가 실험하였다. 실험은 부분방전이 개시할 때까지 전압을 상승시킨 후 600 [cycle] 동안의 방전 펄스를 측정하였으며, 30 [kV]까지 측정하였다.

2.3 K-means 클러스터링

K-means 클러스터링은 무한히 많은 수의 입력벡터를 미리 정해진 K개의 대표값(중심값)으로 사상(mapping)시키는 집단화 알고리즘으로써 임의의 입력벡터에 대한 Vector Quantizer의 양자화여러를 최소로 하기 위해 반복적으로 클러스터의 중심값을 갱신하는 알고리즘으로 본 실험에서는 군집화 개수를 각각 10개로 고정하고 각 극성영역 별로 구분하여 군집화를 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 부분방전실험

표 1은 인가전압에 따른 결함별 부분방전 발생수 N과 총 전하량 Q를 나타낸 것으로 구리(Copper)에 의한 결함 시료의 경우 전압상승에 따라 발생 수는 큰 변화가 없었지만, 총 전하량은 급격히 상승하다 포화되는 경향을 확인했으며, 반도체 재료(Semi)에 의한 결함 시료는 전압상승에 따라 발생수와 총 전하량의 상승을 관측하였다.

표 1. 인가전압에 따른 부분방전 발생수와 총 전하량

Defect	Applied Voltage	Positive		Negative	
		N	Q [pC]	N	Q [pC]
Copper	10 [kV]	438	17,812	594	-20,589
	20 [kV]	466	52,617	535	-58,389
	30 [kV]	399	58,675	452	-59,266

3.2 K-means 클러스터 분포

그림 2은 구리 결함에 발생한 부분방전의 Φ -n 클러스터 방전 횟수 분포를 위상각에 따라 군집화 한 것으로, 구리 결함 시료 클러스터의 방전 횟수 최대값과 최소값 사이의 편차는 양극성에서는 14.1에서 7.0으로 음극성에서는 7.5에서 4.2로 감소하는데, 이것은 부분방전 초기에는 부분방전이 특정위상에서 집중적으로 발생하지만 전압 상승에 따라 집중도가 낮아지고 부분방전이 발생위상영역 전반에 걸쳐 나타남을 의미한다.

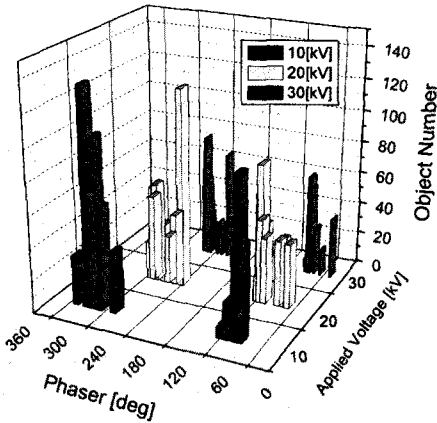


그림 2. 구리결함에 따른 Φ -n 클러스터의 방전 횟수 분포

그림 3은 구리 결함에 따른 Φ -q 클러스터의 중심값 분포를 나타낸 것으로, 위상각에 따른 방전전하량을 군집화 한 것이다. 클러스터의 중심값은 10 [kV] 인가시 양극성은 13 [pC]에서 68 [pC], 음극성은 -23[pC]에서 -66 [pC] 이었으며, 30 [kV] 인가시 양극성은 24[pC]에서 233 [pC], 음극성은 -20 [pC]에서 -217 [pC]으로 이 결과는 표 2의 부분

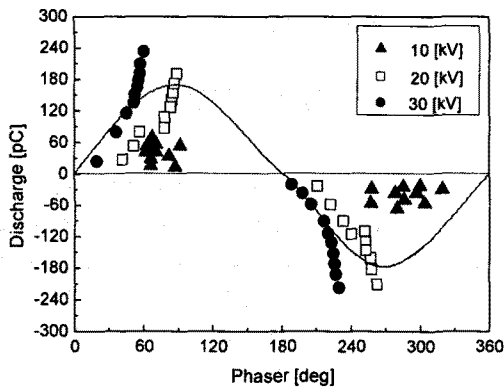


그림 3. 인가전압에 따른 Φ -q 클러스터의 중심점 분포

방전 발생수 및 총 전하량으로 10 [kV]에서 계산할 수 있는 부분방전의 평균방전 전하량이 양극성 40.8 [C], 음극성 -41.1 [pC] 이고 30 [kV]로 인가 시 양극성 148.4 [pC], 음극성 -118.7 [pC]인 것과 비교할 때 타당하다 할 수 있

다. 30 [kV]로 인가전압이 상승함에 따라 부분방전 전하량의 크기가 최대인 위상각은 59°와 229°로 변위하여 Φ -n 클러스터의 방전 횟수가 가장 큰 위상각인 54°와 225°에 근접하였다.

표 2는 인가전압 상승에 따른 중심점간 유클리드 거리를 정리한 것으로 전압상승에 따라 최소 및 최대값 들은 불규칙적인 변화 하였지만 평균값은 결함의 종류에 관계없이 대부분 증가하는 경향을 나타내어 전압상승에 따라 중심점들의 분산이 커짐을 확인하였다.

표 2. 중심점 유클리드 거리

Defect	Applied Voltage	Positive			Negative		
		Min	Max	Avg	Min	Max	Avg
Copper	10 [kV]	8.1	58.9	26.9	13.3	67.5	32.5
	20 [kV]	13.5	170.1	67.0	12.8	194.7	70.8
	30 [kV]	12.4	212.4	74.6	18.0	200.7	82.4

4. 결론

K-means 클러스터링을 이용하여 케이블 접속재 계면결함의 부분방전 분포를 군집화 하여 해석한 결과, 구리 결함과 반도체 재료 결함 시료의 경우 Φ -n 클러스터에서 부분방전 발생수가 최대인 클러스터와 Φ -q 클러스터에서 방전전하량이 최대인 클러스터의 위상각은 전압상승에 따라 양극성에서는 0° 부근으로 음극성 영역에서는 180° 부근으로 이동하였다. Φ -q 클러스터에서 얻은 방전 전하량과 중심점간의 유클리드 거리는 결함의 종류와 관계없이 인가전압 상승에 따라 크기가 증가함을 확인하였다. 앞으로 부분방전을 군집화한 클러스터 분포결과를 데이터베이스화 하면 계면에 존재하는 여러 가지 결함의 상태를 분류할 수 있을 것이며 새로운 절연 진단기법의 개발을 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Butterworths, p. 52, 1989
- [2] Cavallini, A., Montanari, G.C., Contin, A., Pulletti, F., "A new approach to the diagnosis of solid insulation systems based on PD signal inference", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 19, No. 2, p. 23, 2003
- [3] Chatpattananan, V., Pattanadech, N., Yutthagowith, P., "Partial discharge classification on high voltage equipment with K-means", ICPADM 2006, p. 191, 2006
- [4] Guanshan Yu, Leen-Kiat Soh, A.Bond, "K-means Clustering with Multiresolution Peak Detection", Electro Information Technology, 2005 IEEE International Conference, p. 1, 2005