

고체절연재료에서 발생하는 부분방전 특성량의 Data-Base 구축

강성하*, 이흥규, 박영국, 김완수, 이용희, 박정남, 임기조

*충청대학 산업안전과, 충북대학교 전기공학과

Data-Base of Statistical Parameters from PD generated in Solid Insulation

S.H. Kang*, H.G. Lee, Y.G. Park, W.S. Kim, Y.H. Lee, J.N. Park and K.J. Lim

*Chungcheong College, Chungbuk Nat'l University

Abstract - PD indicates the inception and progress of degradation of solid insulation system, so it has been used to determine degradation of insulation.

PD provides means for detection and recognition of defects. However, there is still marked difficult to recognize defects by PD methods.

In this paper, we investigated properties of PD in solid insulation by using statistical method with surface discharge, electrical tree and void discharge with source of discharge.

We used statistical parameters of PD distributions specified such as $H_n(q)$, $H_m(\psi)$, $H_n(\psi)$, $H_s(\psi)$. The parameters induced from its specified distributions are average discharge, average repetition rate, Skewness, Kurtosis, asymmetry and correlation.

From the parameters, we classified PD patterns and built up DB(data-base).

분방전과 비교·분석을 하고, 2차원적으로 해석하여 패턴분류 하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

시편의 제작은 LDPE를 120 [°C]에서 hot press를 사용하여 가열·압축하여 원통형 보이드를 갖는 시편, 전기트리를 발생시키기 위한 시편, 연면방전을 발생시키기 위한 시편을 10개씩 제작하였으며, 전기트리 시편의 경우는 전기트리를 0.5 mm 성장시켜 사용하였다[6].

보이드방전, 전기트리에 의한 방전과 표면 방전은 각각 부분방전의 개시전압이 다르며, 실제 기기의 경우에는 부분방전의 발생이 전계의 집중정도 및 결합의 상태에 더욱 민감하게 나타난다. 또한, 부분방전의 특성은 인가전압에 따라서 방전전하량이나 발생빈도수 등의 변화가 많으므로 일정한 전압을 인가하여 부분방전을 측정하여 특성을 검토하면 정확도가 상당히 저하된다. 따라서 인가전압은 각각의 결합에서의 부분방전의 전압의존성을 고려하기 위하여 방전전하량이 5 [pC]을 초과하는 전압을 부분방전 개시전압 v_i 라고 하고 이를 기준으로 $1.0v_i$, $1.1v_i$, $1.15v_i$, $1.2v_i$, $1.25v_i$, $1.3v_i$ 의 단계로 전압을 인가하였다. 측정된 부분방전은 컴퓨터에 의하여 통계적으로 처리하여 $H_n(q)$, $H_m(\psi)$, $H_n(\psi)$, $H_s(\psi)$ 의 특성분포를 구하고, 이들로부터 통계적인 연산자들을 계산하여 데이터 베이스화하였다.

2.2 실험결과

부분방전 발생원의 패턴분류에는 다양한 방법이 사용된다. 그 중에서 가장 일반적인 경우는 측정된 부분방전의 특성분포와 이들로 부터 도출된 통계적 파라미터들의 사용이다. 측정·처리된 부분방전 신호는 각각의 결합별로 10개씩이며, 각각의 경우는 모두 $1.0v_i$, $1.1v_i$, $1.15v_i$, $1.2v_i$, $1.25v_i$, $1.3v_i$ 의 전압단계별로 데이터 처리를하였다.

그림 1, 2, 3, 4는 패턴분류에 사용된 데이터 베이스로 각각의 결합에서 발생된 부분방전의 특성파라미터들의 대표값을 나타낸 것이다.

그림에서 최초의 20개의 파라미터는 연면방전, 다음 20개는 전기트리로부터 발생된 부분방전의 파라미터, 마지막 20개는 보이드 방전의 통계적 파라미터로써, 각각의 파라미터들은 결합중에서 가장 큰 값을 갖는 값을 1로 하여 규준화시킨 평균값으로써 통계적 에러율을 표시하였다.

이들 파라미터들을 이용한 Recognition Rate는 미지의 부분방전의 파라미터가 이들 데이터 베이스의 통계적 에러율 범위에 포함 여부를 고려하여 그 비율로써, 부분방전의 발생원을 인식하는 방법이다. 그러나, 패턴분류를 위해서 단순히 각각의 결합의 파라미터 범위에 들어오는 경우의 수만을 고려하는 경우에는 파라미터들의 값이 가장 큰 전기트리에서의 부분방전으로 패턴이 인식되는

1. 서 론

고체절연재료는 절연특성이 우수하지만, 보이드, 전기트리, 표면의 오손 등의 결함이 존재하면 그 부분에 전계가 집중되고, 또한 자체의 절연내력이 상대적으로 약화되어 결합에서 부분방전이 발생하게 되고 이로 인하여 부분적인 열화가 발생·축진되어 결국 전로파괴에 도달한다[1].

따라서 고체절연시스템에 결함이 존재하게 되면, 절연 특성 저하로 인해 고체절연시스템의 신뢰성이 상당히 저하된다. 따라서 고체 절연시스템에 존재하는 결함의 검출은 전력기기의 절연진단, 수명연장 및 안정적인 전력공급을 위하여 상당히 중요하다[2]. 결함의 검출에 의하여 효과적으로 결함을 제거하거나 결함에서의 부분방전의 발생을 억제하기 위해서는 결함원을 식별하는 것이 중요하고 따라서 결함원에서 발생하는 부분방전의 패턴분류가 필요하다. 부분방전에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 부분방전의 발생원이지만, 측정시 외부요인에 의한 특성변화를 반드시 고려해야 하며 특히, 부분방전의 측정시에 인가되는 전압에 의한 부분방전의 의존성은 상당히 크기 때문에 방전원의 패턴분류의 신뢰성에 영향을 끼칠 수 있다.[3,4] 따라서 방전원의 패턴분류에서 부분방전의 전압의존성이 반드시 고려되어야 한다.

본 논문에서 부분방전의 패턴분류를 위하여 사용된 특성파라미터는 부분방전의 통계적 분포인 $H_n(q)$ 분포의 평균 방전전하량, 평균 발생빈도수, 분포의 첨예도(Kurtosis)와 왜도(Skewness), $H_m(\psi)$ 분포의 첨예도(양, 음의주기), 왜도(양, 음의주기), $H_n(\psi)$ 분포의 비대칭도, 왜도, 첨예도(양, 음의주기), 왜도(양, 음의주기), $H_s(\psi)$ 분포의 비대칭도, 왜도, 첨예도(양, 음의주기), 왜도(양, 음의주기)의 20종류이다. 각각의 결합별 부분방전에 인가 전압별로 대표값과 통계적 에러율 등의 특성파라미터를 도출하여 이것을 이용해 데이터 베이스화하였으며, 이러한 데이터 베이스에서의 특성파라미터를 미지의 부

오류가 발생할 수 있다.

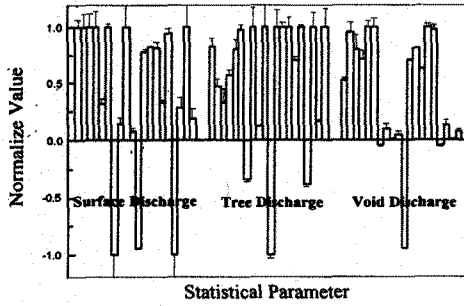


그림 1. 결합별 부분방전의 통계 파라미터 분포(1.0v_i)

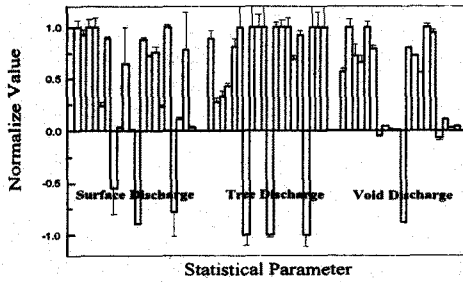


그림 2. 결합별 부분방전의 통계 파라미터 분포(1.1v_i)

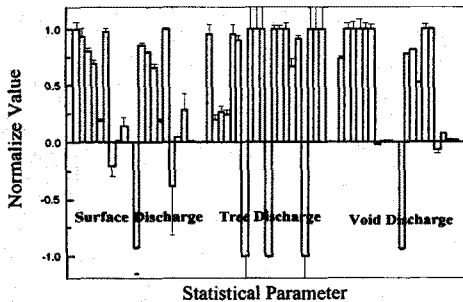


그림 3. 결합별 부분방전의 통계 파라미터 분포(1.2v_i)

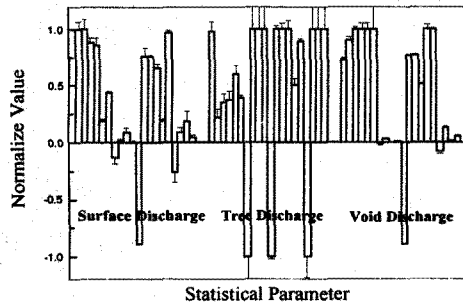


그림 4. 결합별 부분방전의 통계 파라미터 분포(1.3v_i)

본 연구의 데이터를 Recognition Rate로 패턴분류한 결과 모든 결합에서 발생된 부분방전을 전기트리로 패턴을 인식하였다. 따라서 결합별 실험결과에서 얻어지는 파라미터들을 통계적으로 처리하고, 이들의 대표값을 설정한 후, 이 대표값과 미지의 부분방전 파라미터들의 값을 비교하여 패턴분류를 행하였으며, 그 결과는 표1과

같다.

표 1 통계 파라미터를 이용한 패턴분류 결과

		결합별 패턴분류 결과(%)			
결합		Surface	Tree	Void	분류
Surface	1	76.84	18.03	23.03	Surface
	2	66.76	22.21	22.20	Surface
	3	81.15	15.13	24.49	Surface
Tree	1	22.17	66.98	22.16	Tree
	2	22.19	66.85	22.19	Tree
	3	22.09	67.52	22.06	Tree
Void	1	22.25	22.08	79.95	Void
	2	22.12	16.49	84.18	Void
	3	21.77	15.77	87.37	Void

통계 파라미터를 이용한 패턴분류 결과 모든 부분방전원이 명확하게 분류되었으며, void 방전의 인식률은 평균 79.51 %로 비교적 가장 명확하였고, 전기트리 방전의 인식률은 평균 66.89 %로 가장 낮았다. 또한 인식률이 가장 낮은 전기트리 방전의 분류결과에서도 surface 방전이나 void 방전과의 중첩이 전혀 없으며, 분류결과와 인식률이 최소 3.01배의 차이가 나므로 상당히 명확한 분류가 행해졌다고 할 수 있다.

그림 5, 6, 7, 8은 결합원들의 통계적 파라미터들을 2차원의 특성분포로 도시한 것으로써, 그림은 데이터베이스 중에서 연면방전을 가장 잘 인식하는 $H_n(\phi)$ 분포로부터 도출된 파라미터 중에서 x축을 asymmetry로 y축을 cross-correlation factor로 도시한 특성분포를 나타낸 것이다.

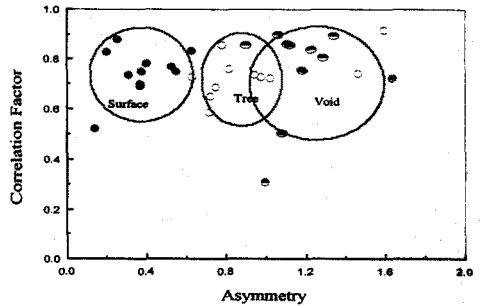


그림 5. 결합별 부분방전의 2차원적 특성분포(1.0v_i)

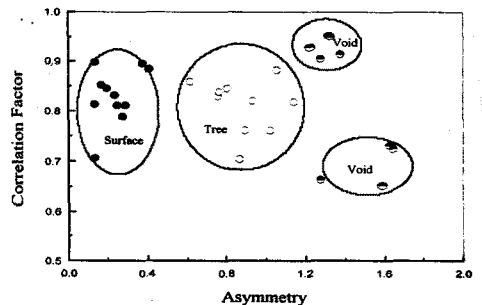


그림 6. 결합별 부분방전의 2차원적 특성분포(1.1v_i)

3. 결 론

결함원인을 식별하기 위하여 미지의 결함에서 발생하는 부분방전을 측정·분석하여 얻은 통계적 파라미터와 이들의 2차원적 데이터를 이용한 center score 기법을 이용하여 부분방전의 결함별 패턴분류를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 각각의 결함에서 발생된 부분방전에서 도출한 20개의 통계적 파라미터를 평균과 통계적 애러율로 대표값을 설정하고, 이를 기반으로 하여 데이터베이스를 구성하였다.

2) 통계적 파라미터를 이용하여 패턴분류를 행한 결과 void 방전의 패턴분류 인식률이 가장 높게 나타났으며, 전기트리 방전의 인식률이 가장 낮게 나타났으나, 모든 결함의 경우에 대한 패턴분류는 명확하게 이루어졌다.

3) 통계적 파라미터들을 2차원적으로 구성하여 center score 기법을 이용하여 패턴분류를 행한 결과, 전기트리 방전의 경우가 가장 높은 패턴분류 인식률을 보였고, Void 방전의 경우가 가장 낮은 패턴분류 인식률을 나타내었다. 특히 Void 방전의 경우 최악의 경우 전기트리 방전이나 surface 방전으로 패턴분류될 가능성도 갖는 것으로 나타났으나, 그럼에도 결함에 대한 부분 방전원의 패턴분류가 정확하게 이루어졌다.

4) 통계적 파라미터를 이용한 패턴분류에서는 Void 방전의 패턴분류 인식률이 가장 우수하고, center score를 이용한 패턴분류에서는 전기트리가 가장 우수한 인식률을 나타내므로 두 가지 기법을 병행한다면, 보다 명확한 부분 방전원의 패턴분류가 행해질 것으로 기대된다.

5) 모든 결함에 대해 다소 차이는 있지만 정확하게 패턴분류 되는 점을 고려한다면, 보다 많은 실험결과로 데이터 베이스를 만든다면, 통계적 파라미터와 center score는 명확한 패턴분류 기법이 될 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment", Temple Press, 1989.
- [2] C. Mayoux and C. Laurent, "Contribution of Partial Discharges to Electrical Breakdown of Solid Insulating Materials", IEEE Trans. Vol.2 NO.4 pp 641-652. 1995.
- [3] Edward Gulski and Andrej Krivda, "Influence of Aging on Classification of PD in HV Components", IEEE Trans. Vol.2 NO.4 pp 641-652. 1995.
- [4] M.M.A.Salama and R.Bartnikas, " Fuzzy Logic Applied to PD Pattern Classification", IEEE Trans. Vol.7 NO.1 pp 118-123. 2000.
- [5] J.P.Noak and R.Bartnikas, "Effect of Dielectric Surfaces on the Nature of Partial Discharges", IEEE Trans. Vol.7 NO.1 pp 146-151. 2000.
- [6] 강성화, 박영국, 이광우, 김완수, 이용희, 임기조, "고체절연체의 내부결함에 따른 부분방전 특성과 패턴분류, '99대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp1624-1626, 1999.

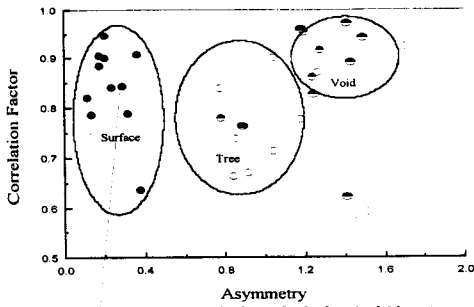


그림 7. 결함별 부분방전의 2차원적 특성분포(1.2v_i)

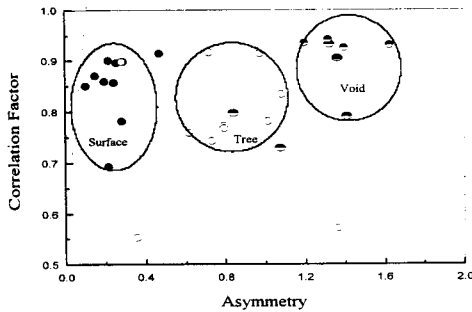


그림 8. 결함별 부분방전의 2차원적 특성분포(1.3v_i)

그림에서 보이드의 특성분포와 전기트리의 특성분포는 서로 다소 중복되는 경우가 발생하지만, 연면 방전의 특성분포와는 완전히 분리되어 있다.

표 2는 미지의 결함원에서 발생된 부분방전의 통계적 파라미터를 2차원적인 데이터로 구성하여 center score 기법을 이용하여 패턴분류를 행한 결과를 나타낸 것이다.

표 2. center score를 이용한 패턴분류 결과

결함		결함별 패턴분류 결과(%)			
		Surface	Tree	Void	분류
Surface	1	65.22	20.21	14.58	Surface
	2	41.43	38.57	20.00	Surface
	3	62.07	21.84	16.09	Surface
Tree	1	12.62	70.04	17.90	Tree
	2	15.56	66.54	17.90	Tree
	3	18.73	67.94	13.33	Tree
Void	1	31.02	26.17	42.81	Void
	2	26.27	34.11	39.62	Void
	3	25.17	30.11	44.72	Void

center score를 이용한 패턴분류 결과는 모든 방전원에 대하여 전기트리 방전의 인식률이 평균 68.16 %로 가장 높게 나타났으며, Void 방전의 인식률이 42.33 %로 가장 낮게 나타났다. 또한 Void 방전으로 인식된 패턴분류의 경우에는 전기트리 방전과 surface 방전으로 인식될 가능성이 Void와 비슷한 크기로 분류되는 경우가 있고, 가장 심한 경우 최소 가능성을 가진 결함과의 차이가 13%정도로서 그 결함이 Void로 패턴이 분류되는 경우가 발생하였다. 그러나 이러한 경우를 포함한 모든 Void 결함에 대한 분류결과 결함원이 Void로 판정되어 패턴분류에는 지장이 없을 것으로 생각되며 또한, 데이터 베이스를 보다 많이 구축한다면, 신뢰도가 증가하여 결함에 대한 보다 분명한 패턴 분류가 가능해질 것으로 기대된다.