

전기트리시 발생하는 부분방전원 분류기법 비교 분석

윤재훈, 김병철, 강성화*, 정수현**, 임기조
충북대학교, 충청대학교*, 대원과학대학교**

Comparing and Analysis for Classification of PD Source Generated by Electrical Tree

Jae-Hun-Yoon, Byong-Chul Kim, Seong-Hwa Kang*, Su-Hyeon Cheong** and Kee-Jo Lim
ChungBuk Univ, ChungCheong Univ*, DaeWon Science College**

Abstract : Solid insulation exposed to voltage is degraded by electrical tree process. And the degradation of the insulation is accelerated by voltage application. For this experimental, specimen of electrical tree model is made by XLPE (cross-linked polyethylene). And the size of the specimen is 7*5*7 mm³. Distance of needle and plane is 2 mm. Voltages applied for acceleration test are 12 kV to 15 kV. And distribution characteristic of degraded stage is studied too. As a PD detecting and data process, discharge data acquire from PD detecting system (Biddle instrument). The system presents statistical distribution as phase resolved. Moreover the processing time of electrical tree is recorded to know the speed of degradation according to voltage.

Key Words : partial discharge, electrical tree, PD classification, ANFIS, BP

1. 서 론

전력기기의 하나인 전력용 케이블 내에서 발생가능한 한 부분방전을 이용하여, 전력용 케이블의 절연 진단을 하고자 한다. 이를 위하여 전력용 케이블 내에서 발생할 수 있는 부분방전원의 종류를 분석하고, 데이터의 취득을 위해 부분방전 발생모델을 제작하였다. 이 모델들로부터 취득된 데이터는 위상각 기준의 추론특성량인 $\psi-q-n$ 의 3차원 분포로 나타내며, 이는 다시 네 개의 2차원분포로 표현을 할 수 있다. 2차원 부분방전 분포특성은 각 방전횟수와 방전량의 관계를 도시하고 있어, 방전모델간의 특성을 쉽게 구분할 수 있을 뿐만 아니라, 방전모델 분류를 위한 신경회로망의 입력데이터로서도 적용이 가능하다. 하지만 부분방전데이터를 육안으로 판별하고, 특성을 분석하는 것은 현재의 상시감시진단 시스템의 측면에서 볼 때 좋지 않은 방법이다. 상시감시진단을 위해서는 시스템이 부분방전신호를 검출하여 그에 대한 방전원의 종류 및 위험도를 판별해 줄 수 있어야 한다. 따라서 부분방전원의 분류를 위한 기법을 적용하여 이들을 분석하는 것이 대안이 될 수 있다. 부분방전 발생모델별 데이터의 분류를 위해 본 논문에서는 신경회로망의 종류인 Back Propagation(BP : 역전파확습알고리즘), Adaptive Neuro-fuzzy Inference System (ANFIS : 적응뉴로퍼지추론 시스템) 및 Principle Component Analysis - Linear Discriminant Analysis(PCA-LDA : 주성분분석기법-선형판별기법)의 분류 기법이 서로 다른 세 가지에 대해 시스템의 특징 및 분류결과를 확인하였다. 이는 부분방전 데이터에 대한 적용성이 우수한 기법이 무엇인지를 확인하기 위한 것이다.

2. 실험

전기트리방전을 위한 시료는 대한전선에서 생산되는 배전급 22.9 kV 전력용 케이블의 XLPE (cross-linked polyethylene) 부분을 절개하여 사용하였다. 절연물에 침을 삽입할때 침과 절연물이 완전히 밀착되어, 원하지 않는 방전 발생을 억제하기 위해 110 °C로 가열하여 제작하였다. 또한 침에 의한 표면방전 및 그 외의 방전을 억제하기 위해 절연유 분위기에서 실험을 하였고, 침 부분과 침과 닿는 부분을 에폭시로 도포하여 실험하였다. 전기트리방전 발생을 위해 그림 1과 같이 세 개 모델로 제작을 하였다. 첫 번째 시료는 절연내부에 침 결합에 의해 진행되는 전기트리, 두 번째는 침 끝단에 보이드로부터 발생하는 전기트리, 세 번째는 금속이물이 절연물내에 삽입되어 있을 경우를 모의하였다.

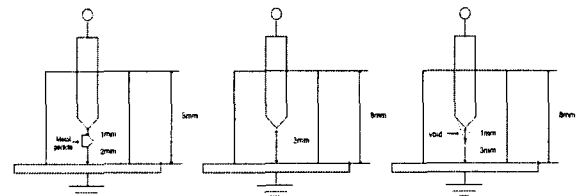


그림 1. 전기트리방전 발생모델

부분방전 발생과 데이터 취득을 위한 실험 장치는 PD free 변압기, PDASDA(partial discharge acquisition, storage and display system)로 구성되어 있으며, 부분방전 발생을 위한 전압의 인가와 데이터의 취득, 데이터의 처리가 모두 가능하도록 구성되어 있다. 부분방전 펄스의 검출은 부분방전 검출기(biddle instrument사, AVTM 6627000Ja)로 검출하게 되며, 컴퓨터를 통해 데이터의 $\psi-q-n$ 분포를 도출하게 된다.

3. 결과 및 고찰

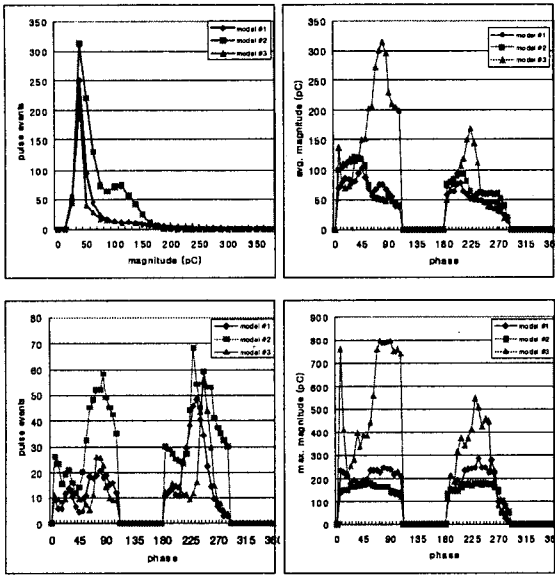


그림 2. PD distribution (2D)

표 1. Comparison of classification schemes

항목	분류기법		
	BP	ANFIS	PCA-LDA
기본 시스템	neural networks	fuzzy inference system+ neural network	feature extraction+ euclidean distance
패턴 분류율 [%]	92	99	96
학습 횟수	very long (>1,000 times)	just several times	not needed
parameter 수	many	a few	few
시스템 구성	complex	normal	simple

그림 2에 3가지 트리발생 모델의 PD 분포를 나타내었다. 이를 바탕으로 표 1에서 분류 시스템 특성을 비교해 본 결과 인식을 측면에서는 98 %의 인식률을 보인, ANFIS가 높게 나타났고, PCA-LDA는 ANFIS 보다 높은 인식률을 보이고 있지는 않지만, 학습 횟수 및 시스템의 간편성, 내부 파라미터의 수적인 측면에서 보다 나은 특성을 가지고 있다. PCA-LDA는 데이터 처리량이 많아질 경우에 효과적인 PCA 기법을 적용하고 있는 것이 장점으로 작용하고 있다. 하지만, PCA-LDA가 ANFIS에 비해 몇 가지의 장점이 있지만, 그 차이는 현실적으로는 무시할 수 있을 정도이다. 결과적으로 부분방전 데이터의 적용에서 분류율, 시스템의 특성 및 적응성 등을 고려해 종합적으로 판단해 보았을 때 ANFIS가 가장 우수한 결과를 보이고 있는 것으로 사료된다.

4. 결론

결합별 분류를 위해 세 개의 분류기법을 적용하여 부분방전 데이터에 가장 적합한 시스템을 제안하고자 하였으며, 이때 사용된 분류기법은 신경회로망인 역전파학습알고리즘(back propagation algorithm : BP), 적응뉴로퍼지시스템(adaptive neuro-fuzzy inference system : ANFIS) 및 주성분 분석기법-선형판별 분석기법(principle component analysis - linear discriminant analysis : PCA-LDA)의 세 알고리즘이며, 이들의 알고리즘 구성, 학습방법 등의 내용은 2장에서 언급하였다. 또한 비교 항목으로는 방전원의 분류율, 시스템의 안정성 및 알고리즘의 간편성, 학습시간 등이며, 그 결과를 통해 최적의 알고리즘을 선정하였다. 이 분류 알고리즘의 입력으로는 3차원 분포로부터 도출된 네 개의 2차원 분포에서 다양한 조합을 통해 최적의 분류율을 보이는 분포를 이용하였다. 예를 들어 2차원 분포 각각 하나씩, 혹은 Hn(q) 분포와 Hn(ψ) 분포의 조합 등 한 개 혹은 두 개 이상의 데이터들을 조합하여 입력데이터로서 사용을 하였으며, Hn(ψ) 분포와 Hq_{max}(ψ) 분포를 조합시킨 데이터가 가장 높은 분류율을 나타내었다. 분류율이 가장 좋은 기법은 ANFIS로 나타났는데, ANFIS가 높은 분류율을 보이는 것은 퍼지의 전문가적인 사고방식과 신경망의 학습능력의 융합된 구조로 되어 있기 때문인 것으로 사료되며, 부분방전데이터의 적용에서도 우수한 결과를 나타내는 것으로 확인되었다.

참고 문헌

- [1] R. Bartnikas, "Partial Discharges, Their mechanism, Detection and Measurement", IEEE Trans. on EI, Vol. 9, No. 5, p. 763 - 778, 2002.
- [2] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Temple Press, p. 1-14, 1989.
- [3] F. H. Kreuger, E. Gulski, and A. Krivda, "Classification of Partial Discharge", IEEE Trans. on EI, Vol. 28, No. 6, p. 917 - 922, 1993.
- [4] E. Gulski and F. H. Kreuger, "Computer-aided recognition of Discharge Sources", IEEE Trans. on EI, Vol. 27, No. 1, p. 82 - 97, 1992.