

부분방전 검출을 이용한 GIS용 단로기의 이상신호 분석

김중서*, 이은석*, 천종철*, 박용필**
전기안전연구원*, 동신대학교**

The Analysis of trouble signal on DS for GIS using detection of PD

Jong-Seo Kim, Eun-Suk Lee, Jong-Cheol Cheon, Yong-Pil Park

Abstract

Recently, the development of diagnosis technique with high confidence is important on power equipment, for this reason is to use for measurement and analysis of PD with prior appearance of insulation breakdown

In this paper, we presents the analysis of trouble signal to use both method of general analysis of Φ -Q-N in PD and statistical parameter by this interpretation

Equipment of simulation has made independently DS for 170kV GIS of one phase with same on field. The detected signal through the sensor of Induction and Acoustic Emission is classified which used to characteristic neural network algorithm and then it is analysis

Key Words : GIS, 단로기, 부분방전, 신경회로망

1. 서 론

60년대 말부터 설치·운전되고 있는 GIS 설비의 경우, 최근 사용년수가 오래되면서 신뢰성에 문제가 발생되고 있어 절연진단기술의 개발이 중요하게 인식되고 있으며, 이에 따라 절연과피의 전 현상인 부분방전의 측정 및 해석이 GIS 설비를 진단하는 방법으로 폭넓게 사용되고 있다. 현장에서 전기적 검출법에 의한 PD 분석시 주변의 노이즈의 영향에 의하여 실제적인 이상 신호를 구분하기 어려운 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서는 단로기의 간격에 E다른 부분방전의 발생을 전기적, 기계적 방법을 동시에 적용하여 이상신호를 분석하고자 하며, 신호 특성의 해석은 유도성 센서와 초음파 센서를 동시에 적용하여 검출된 신호를 PD 분석의 일반적 방법인 Φ -q-n 방법 및 이에 따른 통계적 연산자를 이용하여 단로기의 특성을 분석하였다. 모의실험 설비는 현장에 설치된 자가용 170kV GIS 단로기(DS)와 동일한 형태로 제작하여 구성하고, 그 검출된 신호는 신경회로망 알고리즘

을 적용하여 분류 및 특성을 분석하였다.

2. 시료제작 및 실험방법

2.1 모델 단로기 제작

본 연구수행을 위하여 실시한 설문조사 결과 GIS의 여러 구성 부분중 가장 높은 사고 비율을 차지하고 있는 단로기(DS)의 고장 조건별로 나타나는 이상신호 특성분석을 위해 현장에 설치된 것과 동일한 170kV, 31.5kA 단로기(DS)를 모델링 하여 GIS 전문 제작회사에 의뢰하여 시료를 제작하였다. 본 연구를 위한 모의실험 시료는 3상 분리형 모델로 한 상(one phase)만을 독립적으로 제작하였으며, 이의 구성은 1개의 단로기(DS)와 2개의 접지개폐기(ES)를 조합하여 구성하였다. 크기는 4800mm(길이)×2625mm(높이)이고, 지지용 가대에 운반이 용이한 절연마취를 부착한 구조로 하였다. 그림 1은 170kV GIS용 단로기(DS)의 모의실험 개략도를 나타내었다.

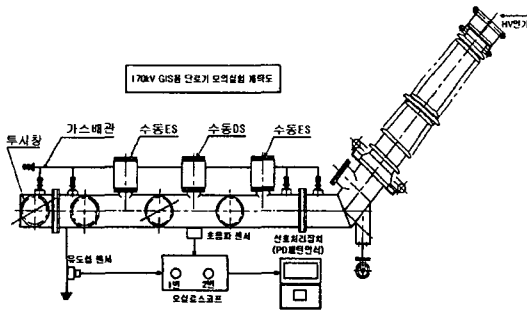


그림 1. 170kV GIS용 단로기의 모의실험 개략도

2.2 실험방법

본 논문에서는 단로기의 극간거리에 따라 발생하는 이상신호를 부분방전 및 초음파 음향 신호로서 검출하고 그 패턴을 분석하였다. 신호의 측정은 유도성 센서(Lemke Prove)와 초음파 음향 센서(PAC, 10kHz~1MHz)를 적용하였으며, 전압은 154kV를 인가하였다. 고장 신호 source는 단로기의 가동자와 고정자 간격에 따라 1mm, 접촉, 완전 투입의 형태로 하였고, 유도성 및 초음파 센서를 이용하여 동시에 측정하였다. AE 신호는 Pre-Amp 및 Post-Amp를 통해 신호를 증폭하여 오실로스코프를 통해 측정하였고, 데이터 취득 및 분석을 위하여 LabVIEW 소프트웨어를 이용하여 신호저출 및 분석 프로그램을 개발하였다.

3. 실험결과

3.1 부분방전 검출특성

일반적인 절연체에서 발생하는 부분방전 신호는 비 주기적인 랜덤한 신호이며, 복잡한 패턴을 갖는다. 이런 신호를 일정 주기 이상 동일 위상에 누적하면 방전패턴의 재현성을 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이산치 값인 방전량을 통계적 처리를 통하여 패턴 분석을 실시하였다. 측정횟수는 120회로 설정하였고, 분석 파라메타는 위상-최대방전량분포($\Phi-Q$), 위상-방전횟수분포($\Phi-N$), 방전량-방전횟수분포($Q-N$)를 누적한 후 각각의 분포에서 통계적 파라메타를 검출하였으며, 측정주기는 120회로 결정하였고, 이들 파라메타를 신경회로망의 특징량으로 사용하여 패턴인식을 수행하였다.

3.2 부분방전 패턴분석 알고리즘

부분방전 패턴인식을 위하여 이용한 신경회로망은 여러 알고리즘중 다층 구조를 가지는 역전파 학습 알고리즘(Back-Propagation Algorithm)을 이용하였다. 입력갯수는 총 14개로 하였으며, 중간층은 1개의 은닉층으로 구성하여 뉴런 갯수를 28개로 설정하였고, 출력층 뉴런은 3개로 설정한 구조를 이용하였으며, 입력층, 은닉층, 출력층 사이의 활성화함수는 Sigmoid 전달함수를 사용하였다. 다음 표 1은 본 논문에서 사용한 입력 파라메타이다.

표 1. 부분방전 패턴 분석 입력 파라메타

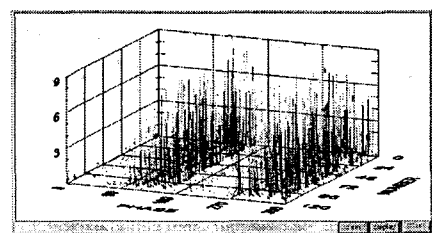
구분	$\Phi-Q$		$\Phi-N$	
	0~90°	90~180°	0~90°	90~180°
Peak	Peak+	Peak-	-	-
Kurtosis	Ku+	Ku-	Ku+	Ku-
Skewness	Sk+	Sk-	Sk+	Sk-
Asymmetry	Asy		Asy	
Cross Correlation	CC		CC	

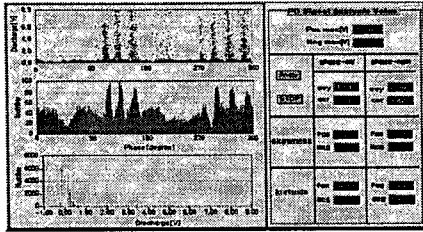
출력층 뉴런의 학습신호는 단로기의 가동자와 고정자 간격이 1mm 일 경우 [1, 0, 0], 가동자와 고정자가 접촉하였을 경우 [0, 1, 0], 가동자가 고정자에 완전히 삽입되었을 경우 [0, 0, 1]로 설정하였다. 학습은 최소오차가 0.01 이하가 되면 입력 패턴이 학습된 것으로 판단하고, 프로그램을 종료하도록 하였다.

4. 결과

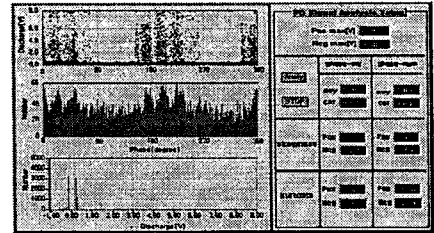
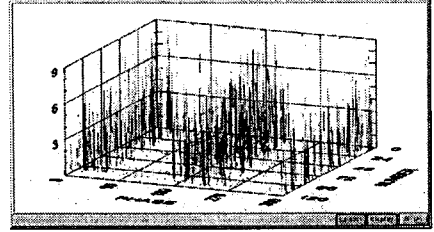
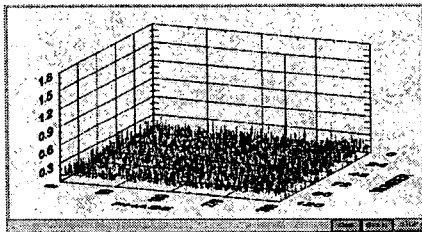
4.1 센서별 이상신호 측정결과

그림 2에 유도성 및 초음파 센서를 이용하여 분석한 부분방전 측정결과를 3가지 패턴에 대해 $\Phi-Q-N$ 으로 분석한 대표적인 신호를 나타내었다

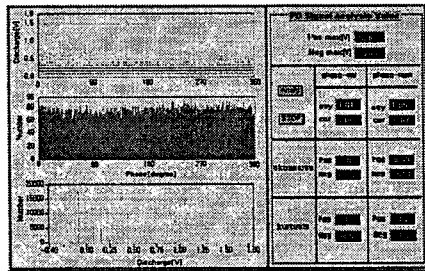




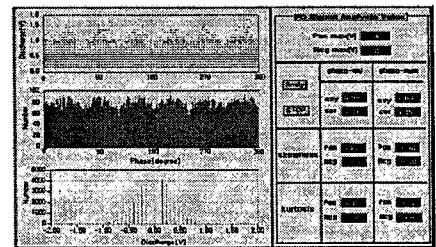
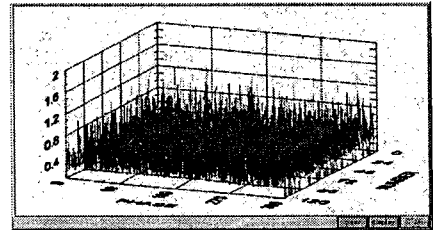
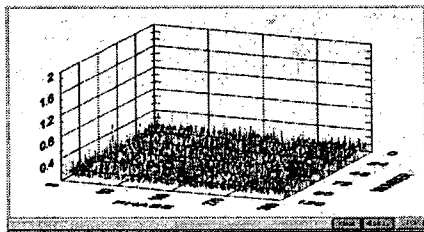
(1) 가동자와 고정자 간격 간격 1mm



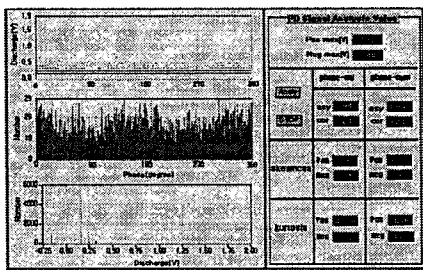
(1) 가동자와 고정자 간격 1mm



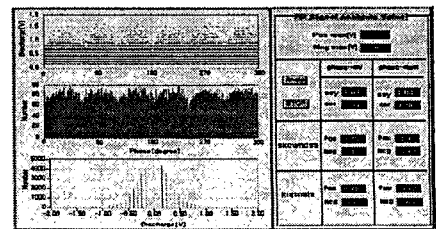
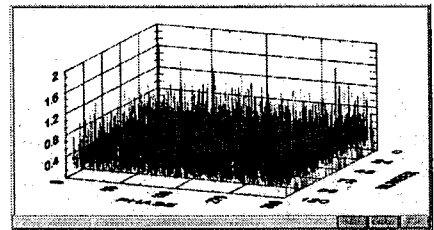
(2) 가동자와 고정자 접촉



(2) 가동자와 고정자 접촉



(3) 가동자가 고정자에 완전 삽입



(3) 가동자가 고정자에 완전 삽입

(a) 유도성 센서를 이용한 부분방전 신호; 위상-방전량, Φ -Q-N 분포 및 통계 파라메타

제5회 일렉트렛 및 응용기술 연구회

(b) 초음파 센서를 이용한 부분방전 신호; 위상-방전량, Φ -Q-N 분포 및 통계 파라메타
 그림 2. 센서별 이상신호 신호 측정 결과

그림 2의 실험결과에 나타난 바와 같이, 단로기가 1mm 이격되어 있을 경우 연속적인 아크에 의한 방전에 의해 이상신호가 검출되지만, 접촉 및 완전히 삽입되었을 경우에는 두가지 경우를 완전하게 구별할 수 있는 특징적인 방전 형태는 나타나지 않았다. 위의 결과에서 단로기가 접촉되었을 경우 단로기의 가동자 및 고정자 단말부가 완전한 굴곡을 이루고 있어 전계를 완화시키며, 고전압에 의하여 접촉시 거의 통전의 상태로 되어 간헐적인 이상신호만을 발생시키는 것으로 분석된다. 그러나 장시간 접촉의 경우는 발열등에 의하여 특징적인 신호가 검출될 것으로 분석된다. 추후로 단로기의 이상 조건을 파티클 및 침 전극과의 비교 실험을 통해 단로기의 고장 상태의 분석을 명확히 분석할 예정이다.

4.1 센서별 이상신호 측정결과

위에서 검토한 알고리즘을 적용하여 3가지의 조건별로 구분하고, 학습을 시킨 후 개발 프로그램에 적용하였으며, 각 고장 조건에서 측정과 동시에 검출 신호를 분석할 수 있도록 하였다. 적용 결과 단로기가 1mm 이격되어 방전이 연속적으로 발생될 경우에는 100%의 인식을 나타내었으나, 접촉상태의 경우는 표 2에 나타난 바와 같이 그 인식이 매우 낮았다.

표 2. 검출 데이터의 패턴인식 결과

구분 종류	입력수	인식결과		인식율
		정인식	오인식	
1mm(유도성)	20	20	0	100
접촉(유도성)	20	3	17	15
완전삽입(유도성)	20	20	0	100
1mm(AE)	20	20	0	100
접촉(AE)	20	2	18	10
완전삽입(AE)	20	20	0	100

5. 결론

부분방전에 의해 발생하는 신호를 유도성 센서(Lemke Prove) 및 초음파 센서를 이용해 측정하

고, 검출된 신호를 패턴화하여 정량화 하고, 신경회로망 알고리즘을 이용해 단로기의 극간거리별 이상신호 특성을 분석하였고, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 유도성 및 초음파 센서를 이용한 GIS 단로기의 극간거리별 취득한 이상신호 분석결과 부분방전 측정 및 On-Line 진단이 가능하였다.
- 2) 현장에 설치된 것과 동일한 모의실험용 단로기에 여러 극간 조건으로 실험한 결과 단로기의 극간거리가 있을 때에는 주목할 만한 특징을 나타내었으나, 접촉과 완전히 삽입된 경우에는 특징적인 차이를 나타내지 않았다.
- 3) 부분방전 분석 및 신경회로망을 이용한 GIS용 단로기의 이상을 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Knap, R. Feger, "Application of the cigre-sensitivity verification for UHF PD detection in three-phase GIS, Hihg voltage engineering symposium, 22-27 August 1999 conference publication No. 467, IEE, 1999
- [2] 電氣協同研究, 第42卷 第3号, "變電監視システム", 變電監視システム専門委員會, 1988, 2, 電氣協同研究會
- [3] W. Ziomek, " Activity of moving metallic particles in prebreakdown state in GIS", IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation, Vol.4, 1 February 1997
- [4] H.Saitoh, K.Morita, "Impulse Partial Discharge and Breakdown Characteristics of Rod-Plane Gaps in N2/SF6 Gas Mixtures", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.9, N4, August 2002