

## GIS 단로기의 부분방전 신호해석

김중서\*, 박용필\*, 이은석\*\*, 정승천\*\*, 임용배\*\*  
\*통신대학교, \*\*전기안전연구원

### The signal interpretation of PD on DS for GIS

Jong-Seo Kim, Eun-Suk Lee, Seung-Cheon Jeong, Young-Bae Lim

#### Abstract

Recently, because GIS equipment has problems on confidence according to long-time usage, development of diagnosis technique has been importantly recognized. Therefore, measurement and analysis of PD has been generally used much equipment of GIS. But, in case of measurement of PD at field, real trouble signals are difficult to classify noise. Accordingly, a variety of trouble conditions for DS were simulated, and detected signals were analyzed by the application of electrical and mechanical methods. For this anslysis, detected signals were accumulated according to phase-magnitude with the application of Induction sensor, and then we analyzed the characteristics. For the simulation experiment, we made DS for 170kV GIS and analyzed the characteristics of detected singals with the application of neural network algorithm

**Key Words** : GIS, 단로기(DS), 부분방전, 신경회로망

최종적으로 검출된 신호에 대하여 신경회로망 알고리즘을 적용하여 특성을 분석하였다.

## 1. 서 론

최근 전력공급의 고신뢰성의 요구로 설치·운전을 위한 GIS에 절연진단기술의 개발이 중요하게 인식되고 있다. GIS는 현재 국내에 고신뢰성, 긴 수명, 축소화로 인하여 널리 보급 사용되고 있으나, 거의 밀폐 접지된 외함속에 있으므로 보수 및 점검이 어려운 실정이다. 이에 따라 절연파괴의 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.[1]

따라서 본 연구에서는 단로기에서 발생 가능한 고장 조건을 모의하여 부분방전을 발생시켜 이상 신호를 분석하고자 하며, 검출된 신호특성의 해석은 유도성 센서를 적용하여 검출된 신호를 분석하였다. 모의실험 설비는 현장에 설치된 170kV GIS 단로기(DS)와 동일한 형태로 제작하여 구성하고,

## 2. 본 론

### 2.1 모의실험 개요

본 논문에서는 GIS 단로기내에서 이상신호를 단로기의 가동자와 고정자의 극간거리(1mm), 침전극, 파티클 그리고 normal(일반조건)에서 발생하는 이상신호를 유도성 센서(Lemke Prove(LDP-5))를 적용하여, 이때 나타나는 신호를 검출하였으며, 전압은 고전압 설비(Hipotronics, max 200kV, 60Hz)를 이용하였다.

그림 1에 구성한 것처럼, 신호처리장치(A/D Board, Portable PC)에 유도성 센서를 연결하여 신호를 취득하였으며, 비교·분석을 위하여, 오실로스코프(TDS 7404A)와 고전압 설비에 PD 분석기(Robinson Instrument, Model 5, Type 700)을 사용하였다. 검출데이터의 취득·분석 및 저장을 위하여 LabVIEW 소프트웨어를 이용하였으며, 신경망 알고리즘은 직접 개발하였다.

2.2 모델 단로기 제작

본 연구수행을 위하여 GIS의 사용실태를 조사하였으며, 이 결과 GIS의 여러 구성 부분중 단로기가 가장 높은 사고 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이의 결과를 바탕으로 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 절연바퀴를 부착한 구조로 하였다. 그림 1은 170kV GIS용 단로기(DS)의 모의실험 개략도를 나타내었다.

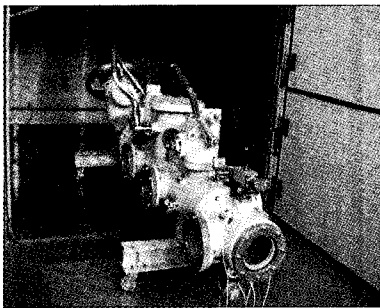
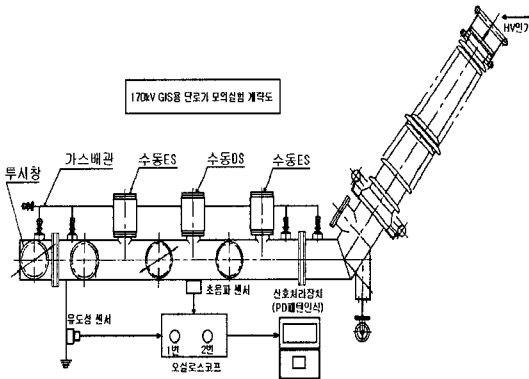


그림 1. 모의실험 개략도 및 170kV GIS용 단로기의 모의실험 설비

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 누적

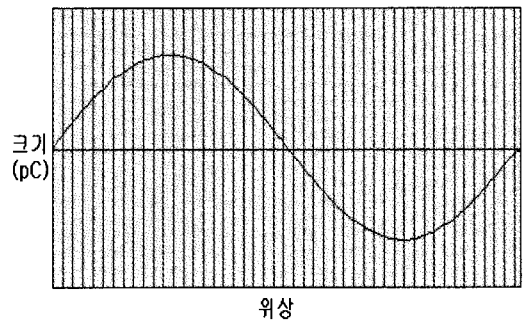
하면 방전패턴의 재현성을 높일 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이산치 값인 방전량을 분석하기 위하여 120주기(cycle)동안 반복 측정하여 얻은 60,000(500×120회)개의 입력 데이터를 위상에 대하여 누적하였으며,  $\phi-v-n$  분석 및  $\phi-v$  패턴을 입력 패턴으로 설정하여 신경회로망 입력 파라메타의 요소로 사용하였다.

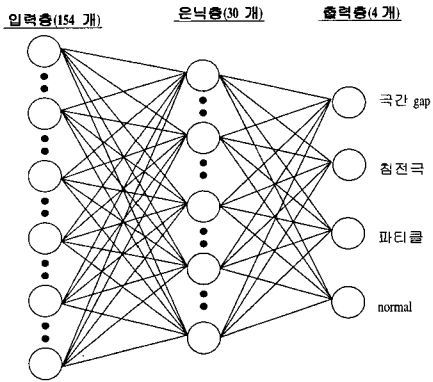
3.2 부분방전 패턴분석 알고리즘

부분방전 패턴인식을 위하여 이용한 신경회로망은 여러 알고리즘중 다층 구조를 가지는 역전파 학습 알고리즘(Back-Propagation Algorithm)을 이용하였다. 입력의 파라메타 갯수는 140개이다. 학습은 각 패턴별로 대표적인 신호 20개씩을 임의적으로 선정하여 실행하였다. 데이터의 분석은 위상-방전량에 발생 개수를 누적하여 이를 입력 데이터의 신호로 재처리 하였다. 중간층은 1개의 은닉층으로 구성되어 뉴런 갯수를 30개로 설정하였고, 출력층 뉴런은 앞에서 설명한 고장 source의 갯수인 4개로 설정하였다. 입력층, 은닉층, 출력층 사이의 활성화함수는 Sigmoid 전달함수를 사용하였다[3].

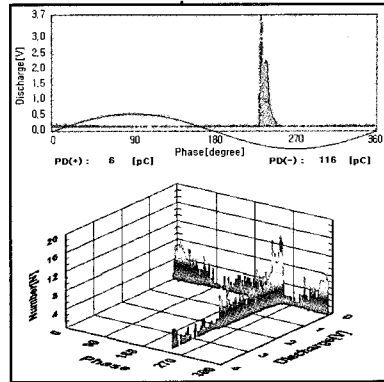
학습은 그림 2에 나타난 바와같이 4개의 조건에 대해서 실시하였다. 즉, 출력층 뉴런의 학습신호는 단로기의 가동자와 고정자 간격(극간 gap)이 1mm 일 경우 [1, 0, 0, 0], 침전극 [0, 1, 0, 0], 파티클 신호일 경우 [0, 0, 1, 0], normal [0, 0, 0, 1]로 설정하였다. 학습은 최소오차가 0.01 이하가 되면 입력 패턴이 학습된 것으로 판단하고, 프로그램을 종료하도록 하였다.



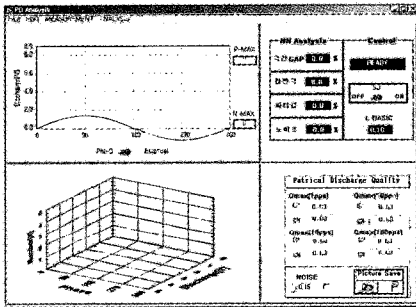
(1) 입력패턴 설정 방법



(2) 신경회로망 알고리즘 1

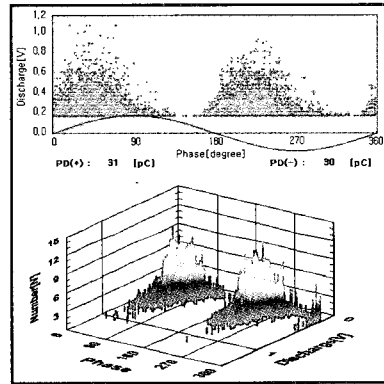


(2) 침전극

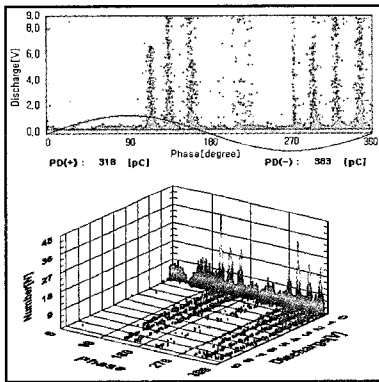


(3) 데이터 취득 및 분석 프로그램

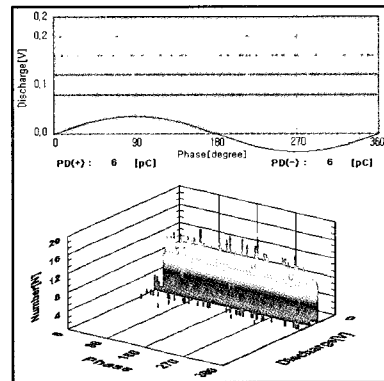
그림 2. 검출신호 처리방법 및 분석 프로그램



(3) 파티클 신호



(1) 극간 gap(1mm)



(4) normal 조건

그림 3. 유도성 센서를 이용한 부분방전 측정결과

## 4. 결과

### 4.1 센서별 이상신호 측정결과

그림 3에 모의실험 시료의 고장 조건인 극간

제 6 회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

gap(1mm), 침 전극, 파티클, normal 조건에 대해서 취득하여 분석한 대표적인 패턴 결과를 위상-크기( $\phi-v$ ) 및 위상-크기-갯수( $\phi-v-n$ )에 대하여 누적한 데이터를 2D와 3D로 표현하여 나타내었으며, 본 논문에서 나타내고 있는 부분방전량의 크기는 100pps를 기준으로 하여 환산한 값이다.

그림 3의 실험결과를 분석하면 단로기의 고정자와 가동자가 1mm 이격되어 있을 경우 연속적인 아크에 의한 90°~180°, 270°~360° 사이에서 방전에 의해 이상신호가 검출되고 있으며, 크기도

침 전극에서는 250°~270° 부분에서만 중점적으로 신호가 발생하고 있으며, 파티클의 경우, 0°~90°, 180°~270° 부근에서 이상신호가 주기적으로 나타나고 있는 것을 관찰할 수 있다. 그리고 부분방전량의 크기도 극간 gap 조건에서 318pC 및 383pC으로 가장 높게 나타나고 있는데, 이것은 극간의 단락에 의한 아크방전으로 인해 다른 조건에 비해 큰 누설 전류가 흐른 것으로 판단된다. 한편, 접촉 및 완전히 삽입되었을 경우에는 GIS의 정격전압인 170kV까지 인가하여도 특징적인 신호가 검출되지 않았는데, 이것은 단로기가 접촉되었을 경우 단로기의 가동자 및 고정자 단말부가 완만한 굴곡을 이루고 있어 전계를 완화시키므로, 고전압에 의하여 접촉시 거의 통전의 상태로 되기 때문으로 분석된다. 그러나 현장에서 장시간 접촉의 경우는 과부하 및 주변환경 조건등에 의하여 특징적인 신호가 검출될 것으로 판단된다

4.2 이상신호의 패턴인식

위에서 검토한 알고리즘을 적용하여 4가지의 조건별로 구분하고, 학습을 시킨 후 개발 프로그램에 적용하여 분석하였다. 적용 결과를 나타낸 표 1을 살펴보면 각 조건별로 만족할 만한 인식율의 결과가 나타났다. 단지 파티클 조건에서 인식율이 89%로 상대적으로 낮게 나타났는데, 이것은 최대 154kV 까지 인가했을 경우 파티클의 움직임에 의하여 순간적으로 큰 누설전류가 발생되어 극간 gap 조건의 패턴과 비슷한 형태로 나타났기 때문으로 분석된다.

표 1. 검출 데이터의 패턴인식 결과

구분 종류	입력수	인식결과		인식율 (%)
		정인식	오인식	
극간 gap(1mm)	30	30	0	100
침 전극	30	30	0	100
파티클	30	27	3	89
normal	30	30	0	100

5. 결론

단로기에서 발생하는 부분방전 신호를 유도성 센서를 이용해 측정하고, 검출된 신호를 패턴화하여 규격화 하고, 신경회로망 알고리즘을 이용해 단로기에서 발생할 수 있는 고장 조건별로 이상신호 특성을 분석하였고, 결과는 다음과 같다.

1) 모의실험 결과 극간 gap(1mm), 침전극, 파티클, normal의 각각의 조건에서 특징적인 검출 패턴이 검출되었고, 이들 신호에 대해서 신경망 알고리즘을 적용하여 고장조건별로 패턴분류를 하였다.

2) 현장에서 적용이 가능한 진단시스템 및 신경회로망 알고리즘을 적용한 분석프로그램을 개발하였다.

참고 문헌

[1] 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

[2] W. Ziomek, “ Activity of moving metallic particles in prebreakdown state in GIS”, IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation, Vol.4, 1 February 1997

[3] 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

[4] 김대수, “신경망 이론과 응용(I)”, 하이테크 정보, pp.91~116, 2001.8