

GIS 단로기 내부의 이상신호 분석

김종서, 이은석, 박용필*
전기안전연구원, 동신대학교*

Analysis of trouble signal of inner DS for GIS

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

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 analysis, 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 signals with the application of neural network algorithm

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

였으며, 신경회로망 알고리즘을 적용하여 이상조건 별로 검출신호의 특성을 분석하였다.

1. 서 론

가스절연개폐장치(GIS : Gas Insulated Switchgear)는 차단기, 단로기, 변성기, 피뢰기, 모선 등의 설비를 금속제 탱크내에 일괄 수납하여 충전부는 고체절연물(스페이서)로 지지되고 있으며 탱크내부에서는 절연성능과 소호능력이 뛰어난 SF6 가스를 절연매체로 충전·밀봉한 개폐설비로 고신뢰도, 설치공간의 축소, 밀폐된 구조 운전면에서 경제적인 장점을 가지고 있는 시스템이다. 그러나 최근 최근 사용년수가 오래되면서 신뢰성에 문제가 발생되고 있어 절연진단기술의 개발이 중요하게 인식되고 있으며, 이에 따라 절연파괴의 전 현상인 부분방전의 측정 및 해석이 GIS 설비를 진단하는 방법으로 폭넓게 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 단로기에서 발생 가능한 고장 조건을 모의하여 부분방전을 발생시켜 전기적 방법을 적용하여 이상신호를 분석하고자 하며, 이를 위하여 유도성 센서를 적용하여 검출된 신호를 위상-크기에 따라 누적하여 고장특성을 분석하였으며, 이의 결과를 이용하여 현장실측을 실시하였다. 모의실험 설비는 현장에 설치된 것 170kV GIS 단로기(DS)와 동일한 형태로 구성하여 제작하

2. 본 론

2.1 모의실험 개요

본 논문에서는 GIS 단로기내에서 이상신호를 단로기의 가동자와 고정자의 접촉불량(극간거리(1mm)), 침 전극, 파티클, 일반적인 조건에서 발생하는 신호를 유도성 센서(Lemke Prove(LDP-5))를 적용하여 검출하였으며, 인가전압은 고전압 설비(Hipotronics, max 200kV, 60Hz)를 이용하여 154 kV를 연속적으로 인가시켰다.

신호의 취득은 그림 1에 나타낸 것처럼, 신호처리장치(A/D Board, Portable PC)에 유도성 센서를 연결하여 검출하였으며, 오실로스코프(TDS 7404A)와 고전압 설비에 PD 분석기(Robinson Instrument, Model 5, Type 700)을 사용하여 신호처리 장치와 신호의 특성을 비교·분석하여 적정성을 확보하였다. 데이터의 취득·분석 및 신경망 알고리즘의 구성을 위하여 LabVIEW를 이용하여 분석 및 제어프로그램을 개발하였다. 모의실험설비는 사용실태 설문조사 결과 GIS의 여러 구성 부분 중 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 제작 회사에 의뢰하여 시료를 제작하였다. 시료는 3상 분리형 모델로 한 상(one phase)만을 독립적으로 제작하였으며, 구성은 1개의 단로기(DS)와 2개의 접지개폐기(ES)를 조합하여 구성하였다. 그림 1에 나타낸 것처럼 크기는 4800mm(길이)×2625mm(높이)이고, 지지용 가대에 운반이 용이한 절연바퀴를 부착한 구조로 하였다.

2.2 국내 GIS용 단로기 사용실태조사

현재 국내에 설치되어 운전되고 있는 170kV GIS설비의 사고발생 부위 및 유지·보수방법에 대한 실태를 파악하여 현장에 필요한 점검 및 진단 방법을 분석하고자 전국 GIS 설비 설치 수용가에 대하여 우편설문조사를 실시하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 사고발생은 3년~5년 사이에서 많이 발생하였고, 사고부위별 유니트로 구분할 경우는 직선 단로기 부위가 47%로 가장 많이 발생하였다. 둘째, GIS설비의 사고예방을 위해서 전기담당자들은 평소 육안점검을 주로 실시하고 있었고, GIS설비의 점검장비나, 방법 등이 없어 정확한 진단장비의 개발 필요성을 요구하고 있었다.

3. 실험결과

3.1 부분방전 신호 분석

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 고전적인 방법인 통계적 처리를 하지않고, 120회 반복 측정하여 얻은 60,000(500×120회)개의 입력 데이터를 위상에 대하여 누적하였으며, Φ -Q-N을 적용하여 신경회로망 입력 파라메타의 요소로 사용하였다.

3.2 부분방전 패턴분석 알고리즘

부분방전의 특성분석을 위한 패턴인식을 위하여 신경회로망은 여러 알고리즘중 다층 구조를 가지는 역전파 학습알고리즘(Back-Propagation Algorithm)을 적용하였으며, 입력의 파라메타 갯수는 140개로 설정하였다. 학습은 각 패턴별로 대표적인 신호 20개씩을 임의적으로 선정하여 실행하였다. 데이터의 분석은 위상-방전량에 발생 개수를

누적하여 이를 입력 데이터의 신호로 재처리 하였으며, 중간층은 1개의 은닉층으로 구성하여 뉴런 갯수를 30개로 설정하였고, 출력층 뉴런은 앞에서 설명한 고장 source의 갯수인 4개로 설정한 구조로 하였으며, 입력층, 은닉층, 출력층 사이의 활성화 함수는 Sigmoid 전달함수를 사용하였다.

학습은 그림 3에서 일반적인 신호를 제외한 3개에 대해서 실시하였다. 출력층 뉴런의 학습신호는 단로기의 가동자와 고정자의 접촉불량일 경우 [1, 0, 0, 0], 침전극 [0, 1, 0, 0], 파티클 신호일 경우 [0, 0, 1, 0], 일반적인 조건인 경우 [0, 0, 0, 1]로 설정하였다. 학습은 최소오차가 0.01 이하가 되면 입력 패턴이 학습된 것으로 판단하고, 학습을 종료하도록 하였다.

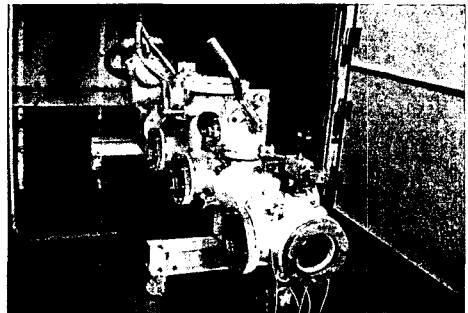


그림 1. 170kV GIS용 단로기의 모의실험 설비.

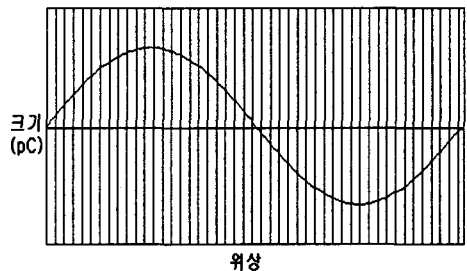


그림 2. 데이터 처리 방법.

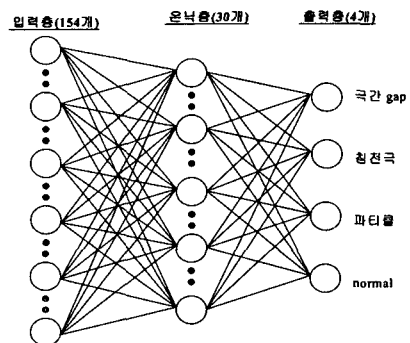


그림 3. 신경망 알고리즘(Back-Propagation).

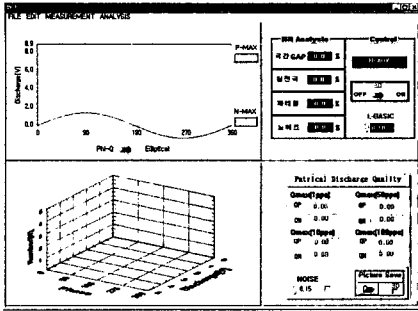
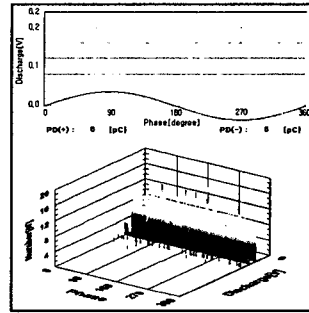
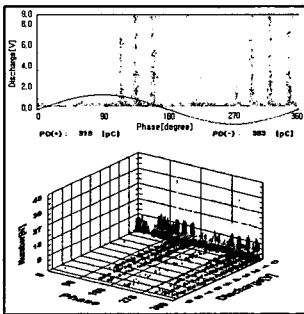


그림 4. 데이터 취득 및 분석 프로그램.

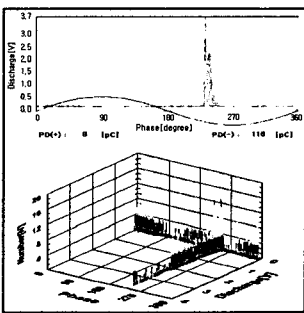


(4) normal 조건

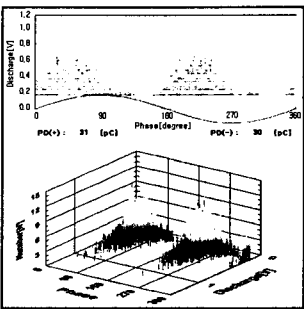
그림 5. 유도성 센서를 이용한 부분방전 측정결과.



(1) 접촉불량극(극간 gap(1mm))



(2) 침전극



(3) 파티클 신호

4. 결과

4.1 모의실험 분석결과

그림 5에 나타난 모의실험 시료의 고장 조건인 접촉불량(극간 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. 실험결과를 분석하면 단로기의 고정자와 가동자가 1mm 이격되어 있을 경우 연속적인 아크에 의한 $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$, $270^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 사이에서 방전에 의해 이상신호가 검출되고 있으며, 크기도

침 전극에서는 $250^{\circ}\sim 270^{\circ}$ 부분에서만 중점적으로 신호가 발생하고 있으며, 파티클의 경우, $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$, $180^{\circ}\sim 270^{\circ}$ 부근에서 이상신호가 주기적으로 나타나고 있는 것을 관찰할 수 있다. 그리고 부분방전량의 크기도 극간 gap 조건에서 318pC 및 383pC로 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 정격 전압인 170kV까지 인가하여도 특징적인 신호가 검출되지 않았는데, 이것은 단로기가 접촉되었을 경우 단로기의 가동자 및 고정자 단말부가 완전한 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 조

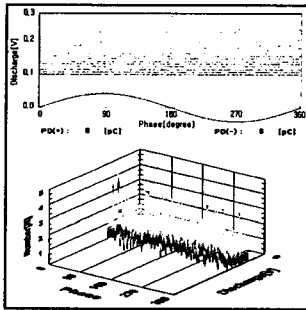
건별로 구분하고, 학습을 시킨 후 개발 프로그램에 적용하여 분석하였다. 적용 결과를 나타낸 표 1을 살펴보면 각 조건별로 만족할 만한 인식율의 결과가 나타났다. 이를 분석하면 접촉불량이 93%이고, 파티클 조건에서 인식율이 89%로 상대적으로 낮게 나타났는데, 이것은 최대 154kV 까지 인가했을 경우 파티클의 움직임에 의하여 순간적으로 큰 누설전류가 발생되어 접촉불량 조건의 패턴과 비슷한 형태로 나타났기 때문으로 분석된다.

표 1. 검출 데이터의 패턴인식 결과.

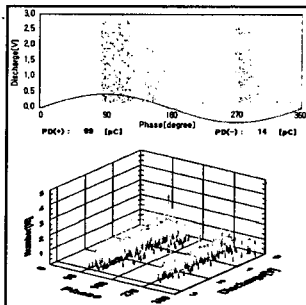
구분 종류	입력수	인식결과		인식율 (%)
		정인식	오인식	
접촉불량	30	28	2	93
침전극	30	30	0	100
파티클	30	27	3	89
normal	30	30	0	100

5. 현장실측

본 연구에서는 모의실험 결과를 기초로 현장에 설치된 GIS의 단로기에 대한 현장실측을 실시하고 이의 결과를 간략하게 나타내었다. 이것은 모의실험 결과와 비교·분석하여 이상신호로 분석되는 것과 정상신호로 분석되는 것에 대한 대표적인 2 가지 신호의 패턴에 대한 것이다.



(a) 정상 데이터



(b) 이상 데이터

그림 6. 현장실측 결과데이터.

그림 6의 (a)는 정상데이터 이며, (b)는 이상데이터이다. 본 연구에서 적용한 패턴인식의 결과를 살펴보면 (a)의 결과는 접촉불량:0.2%, 침전극:0.2% 파티클:0.7%, 일반적인 조건:99.2% 이고, (b)의 결과는 접촉불량:0.1%, 침전극:10.8%, 파티클:97.5%, 일반적인 조건:0.1%으로 나타나 단로기의 내부에 이물이 존재할 가능성이 많은 것으로 분석되었다.

6. 결론

단로기에서 발생하는 부분방전 신호를 측정하여, 검출된 신호를 패턴화하여 규격화 하고, 신경회로망 알고리즘을 이용해 단로기에서 발생할 수 있는 고장 조건별로 이상신호 특성을 분석하였으며, 이의 결과를 기초로 하여 현장실측에 적용하였다. 본 연구의 결과를 분석하면 다음과 같다.

- 1) 모의실험 결과 접촉불량, 침전극, 파티클, normal의 각각의 조건에서 특징적인 검출 패턴이 검출되었고, 이들 신호에 대해서 신경망 알고리즘을 적용하여 고장조건별로 패턴분류를 하였다.
- 2) 현장에서 적용이 가능한 신경회로망 알고리즘을 적용한 분석프로그램을 개발하였다.
- 3) 본 연구에서 개발한 신호처리장치와 제어 및 분석 프로그램을 현장실측에 적용한 결과 그림 6에 나타난 것처럼 현장적용이 가능함을 확인할 수 있었으며, 이를 현장의 GIS의 유니트에 활용한다면 사고를 미연에 방지할 수 있으리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] M. Knap, R. Feger, "Application of the cigre-sensitivity verification for UHF PD detection in three-phase GIS, High voltage engineering symposium, 22-27 August 1999 conference publication No. 467, IEE, 1999
- [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