

부분방전 검출을 이용한 GIS 단로기 내부이상 진단

김중서, 이은석, 천중철

전기안전연구원

The diagnosis of internal trouble on DS for GIS using PD detection

Jong-Seo Kim, Eun-Suk Lee, Jong-Cheol Cheon,

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

170kV GIS 단로기(DS)와 동일한 형태로 제작하여 구성하고, 그 검출된 신호는 신경회로망 알고리즘을 적용하여 분류 및 특성을 분석하였다.

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 단로기에서 발생 가능한 고장 조건을 모의하여 부분방전을 발생시켜 전기적, 기계적 방법을 동시에 적용하여 이상신호를 분석하고자 하며, 검출된 신호특성의 해석은 유도성 센서와 초음파 센서를 적용하여 검출된 신호를 위상-크기에 따라 누적하여 고장특성을 분석하였다. 모의실험 설비는 현장에 설치된 자가용

2. 본 론

2.1 GIS 단로기 실태조사

국내에 설치되어 운전되고 있는 자가용 170kV GIS설비의 사고발생 분포, 발생 부위 등 사고가 많이 발생되는 부위와 유지·보수방법에 대한 실태를 파악하여 현장에 필요한 점검 및 진단 방법을 분석하고자 전국 GIS 설비 설치 수용가에 대하여 우편설문을 조사하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 사고발생은 3년~5년 사이에서 많이 발생하였고, 사고부위별 유니트로 구분할 경우는 직선 단로기 부위가 47%로 가장 많이 발생하였다.
- (2) GIS설비의 사고예방을 위해서 전기담당자들은 평소 육안점검을 주로 실시하고 있었고, GIS설비의 점검장비나, 방법 등이 없어 정확한 진단 장비의 개발 필요성을 요구하고 있었다.

2.2 모의실험 개요

본 논문에서는 GIS 단로기내에서 이상신호를 단로기의 가동자와 고정자의 극간거리(1mm), 침전극 그리고 파티클에 의하여 발생하는 이상신호 즉, 부분방전과 음향 신호로 발생하는 이상신호를 유도성 센서(Lemke Prove(LDP-5))를 적용하여, 특징적인 신호를 검출하였으며, 인가전압은 고전압 설비(Hipotronics, max 200kV, 60Hz)를 이용하여 154 kV를 연속적으로 인가시켰다.

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. 데이터의 취득·분석 및 신경망 알고리즘의 구성을 위하여 LabVIEW 소프트웨어를 이용하여 프로그램을 개발하였다.

2.3 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 절연바퀴를 부착한 구조로 하였다. 그림 1은 170kV GIS용 단로기(DS)의 모의실험 개략도를 나타내었다.

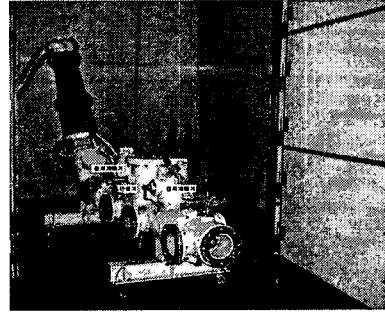


그림 1. 170kV GIS용 단로기의 모의실험 설비

3. 실험결과

3.1 부분방전 검출특성

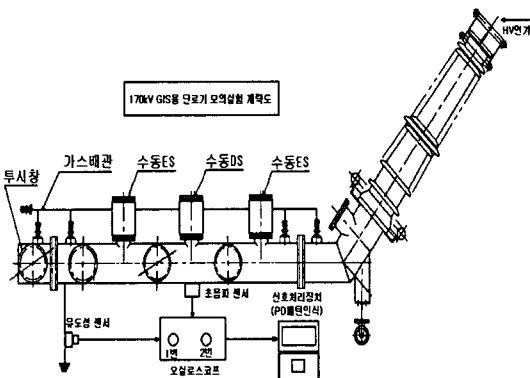
일반적인 절연체에서 발생하는 부분방전 신호는 비 주기적인 랜덤한 신호이며, 복잡한 패턴을 갖는다. 이런 신호를 일정 주기 이상 동일 위상에 누적하면 방전패턴의 재현성을 높일 수 있다.

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.

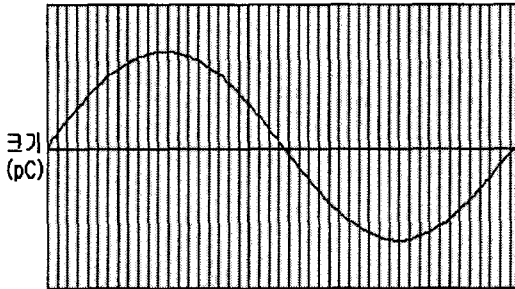
3.2 부분방전 패턴분석 알고리즘

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 100개씩을 임의적으로 선정하여 실행하였다. 데이터의 분석은 위상-방전량에 발생 개수를 누적하여 이를 입력 데이터의 신호로 재처리 하였다. 중간층은 1개의 은닉층으로 구성하여 뉴런 갯수를 20개로 설정하였고, 출력층 뉴런은 앞에서 설명한 고장 source의 갯수인 3개로 설정한 구조로 하였으며, 입력층, 은닉층, 출력층 사이의 활성화함수는 Sigmoid 전달함수를 사용하였다.

학습은 그림 3에서 일반적인 신호를 제외한 3개에 대해서 실시하였다. 출력층 뉴런의 학습신호는 단로기의 가동자와 고정자 간격(극간 gap)이 1mm 일 경우 [1, 0, 0], 침전극 [0, 1, 0], 파티클 신호일 경우 [0, 0, 1]로 설정하였다. 학습은 최소오차가

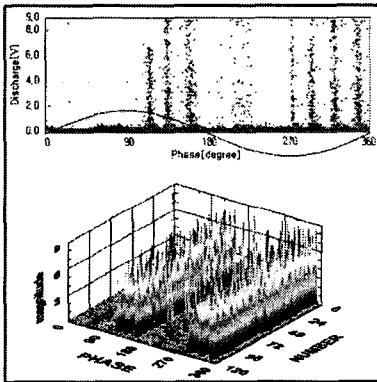


0.01 이하가 되면 입력 패턴이 학습된 것으로 판단하고, 프로그램을 종료하도록 하였다.

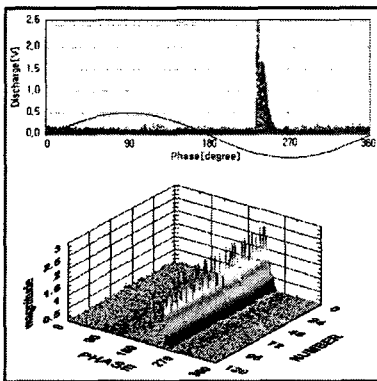


위상

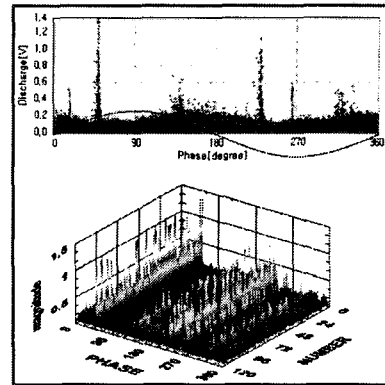
그림 2. 데이터 처리 방법



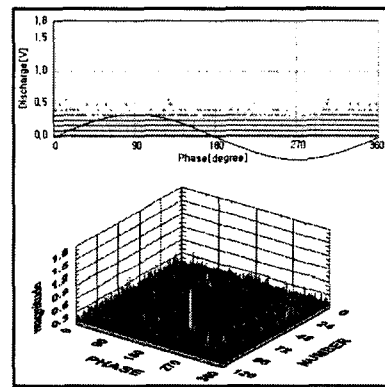
(1) 극간 gap(1mm)



(2) 침전극



(3) 금속이물질 신호



(4) 일반적인 신호

그림 3. 유도성 센서를 이용한 측정 결과

4. 결과

4.1 센서별 이상신호 측정결과

그림 3에 극간 gap(1mm), 침 전극, 금속이물질, normal 조건에 대해서 취득하여 분석한 대표적인 패턴 결과를 위상-크기(Φ -Q) 및 위상-크기-갯수(Φ -Q-N)에 대하여 누적한 데이터를 2D와 3D로 표현하여 나타내었다.

그림 3의 실험결과를 분석하면 단로기의 고정자와 가동자가 1mm 이격되어 있을 경우 연속적인 아크에 의한 90° ~ 180° , 270° ~ 360° 사이에서 방전에 의해 이상신호가 검출되지만, 접촉 및 완전히 삽입되었을 경우에는 GIS의 정격전압인 170kV까지 인가하여도 특이 사항이 발생하지 않았다. 즉, 단로기가 접촉되었을 경우 단로기의 가동자 및 고

정자 단말부가 완만한 굴곡을 이루고 있어 전계를 완화시키므로, 고전압에 의하여 접촉시 거의 통전의 상태로 되는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 장시간 접촉의 경우는 과부하 및 주변환경 조건등에 의하여 특징적인 신호가 검출될 것으로 분석된다

침 전극에서는 -의 270. 부분에서만 중점적으로 신호가 발생하고 있으며, 파타클의 경우, 45°, 250° 부근에서 큰 펄스 형태가 나타나고, 140° 및 330° 부근에서도 이상신호가 주기적으로 나타나고 있는 것을 관찰할 수 있다.

4.2 이상신호의 패턴인식

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 표 1에 나타난 것처럼, 각 조건별로 만족할 만한 인식율의 결과를 도출할 수 있었다. 그러나, 금속이물질의 경우는 84[%]로 인식율이 다른 조건보다 상대적으로 낮게 나타났는데, 이것은 실험도중 금속이물질의 부유에 의한 순간적인 지락등에 의해 극간 gap, 침전극등과 비슷한 형태의 패턴이 나타났기 때문으로 해석된다.

표 1. 검출 데이터의 패턴인식 결과

구분 종류	입력수	인식결과		인식율 (%)
		정인식	오인식	
극간 gap	30	30	0	100
침 전극	30	30	0	100
금속이물질	30	26	4	84

5. 결론

부분방전에 의해 발생되는 신호를 유도성 센서(Lemke Prove)를 이용해 측정하고, 검출된 신호를 패턴화하여 규격화 하고, 신경회로망 알고리즘을 이용해 단로기에서 발생할 수 있는 고장 조건별로 이상신호 특성을 분석하였고, 결과는 다음과 같다.

1) 현장에 설치된 것과 동일한 모의실험용 단로기에 여러 고장 조건으로 실험한 결과 극간 gap, 침전극, 금속이물질의 고장조건에서 매우 주목할 만한 특징을 나타내었고, 가동자와 고정자가 접촉된 조건에서는 특징적인 신호가 나타나지 않았다.

2) 유도성 센서를 이용한 모의실험 결과 신뢰성

있는 부분방전 측정 및 On-Line 진단이 가능할 것으로 판단되며, 부분방전 분석 및 신경회로망을 이용한 GIS용 단로기의 이상을 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

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] 電氣協同研究, 第42券 第3号, "變電監視システム", 變電監視システム專門委員會, 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

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.