

신경회로망을 이용한 방전원 인식에 관한 연구

이우영, 강동식, 전영갑
한국전기연구소

Recognition of Discharge Sources using Neural Networks

Lee, Woo-Young, Kang, Dong-Sik, Chon, Young-Kap
Korea Electrotechnology Reserch Institute

Abstract

This paper describes an experimental study of pattern recognition of partial discharge for three different discharge sources by using neural network(NN) system. The NN system is three layer feedforward connections and its learning method is a backpropagation algorithm incorporating an external teacher signal. Input information for NN is a statistical parameters of a discharge magnitude and the number of pulse count. After learning three typical input patterns, NN system offers good discrimination between different defects.

1. 서론

최근 디지털 신호처리 기술의 발전으로 인해 기존의 오실로그래피 상의 방전신호 형태분석의 측정방식으로부터 인가전원의 위상각에 대한 함수로 방전신호를 이해하는데 많은 관심이 모아지고있다. 20여년전 부분방전의 위상에 따른 관계가 상이한 방전원을 평가하는 방법으로 제안되었으며 컴퓨터화된 부분방전의 신호처리방식이 이 평가결과를 더욱 신뢰성이 있게하고있다.

본 연구에서는 부분방전의 전전압 위상에 대한 방전크기 그리고 방전갯수의 분포함수 패턴을 사용하여 동일 범주에 속하는 미지의 부분방전을 신경회로망을 이용하여 식별할 수 있는 시스템을 구성하였다.

2. 방전원 식별 신경회로망

여기서 사용되는 신경회로망의 구조는 일반적으로 많이 사용되는 3-계층의 feedforward 형태로 그림 1 예서와 같이 입력층 은닉층 그리고 출력층으로 구성된다. 입력층의 각 뉴론은 은

닉층의 모든 뉴론과 연결되고 은닉층의 각 뉴론도 출력층의 모든 뉴론들과 연결되어 있다.

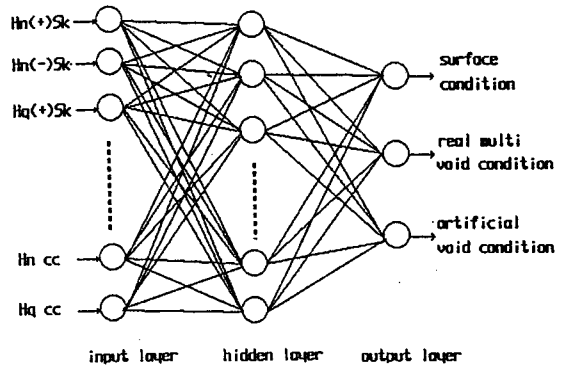


그림 1. 방전원 식별 신경회로망의 구조

입력층 각 뉴론들의 입력 x_i 와 출력층 뉴론들의 출력 z_k 간의 관계는 다음식과 같이 표현되어진다.

$$y_j = f \left(\sum_i w_{ji} x_i \right) \quad (1)$$

$$z_k = f \left(\sum_j w_{kj} y_j \right) \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (3)$$

w_{ji}, w_{kj} 는 입력층 i 번째 뉴론과 은닉층 j 번째 뉴론 그리고 은닉층 j 번째 뉴론과 출력층 k 번째 뉴론간의 결합 가중치를 나타내고 y_j, z_k 는 은닉층과 출력층 뉴론들의 출력값을 나타낸다. 함수 $f(x)$ 는 시그모이드 함수로서 신경회로망이 비선형특성을 나타낼 수 있게 한다.

사용하는 신경회로망의 입력층 뉴런의 개수는 10개로하여 부분방전의 방전원을 구분하기위해 조사된 값들이 입력치로 사용될 수 있게하며 출력층의 뉴런 개수는 식별하고자하는 방전원의 개수인 3개로 설정한다. 또 은닉층 뉴런의 개수 설정에는 체계화 되어있는 방법이 없고 몇번의 시행을 거쳐 적절할한 개수를 선정하는 것이 일반적이며 여기서는 입력층의 개수와 동일한 뉴런수로 설정하였다.

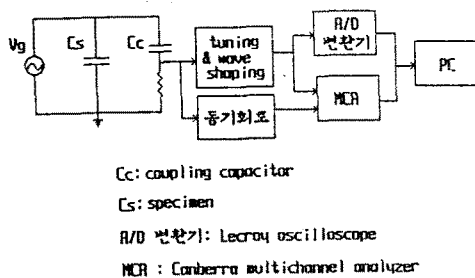
구성된 신경회로망의 학습에는 오차 역전파 알고리즘이 사용되어 실험으로부터 구한 교사 학습데이터를 학습하게 한다.

3. 학습 데이터 구성

부분방전의 방전원 식별을 위해 기지의 결함에 대한 부분방전의 신호측정과 이들을 적절한 방법으로 처리하는 과정을 거쳐 신경회로망이 학습 할 수 있는 교사 학습데이터를 마련하는 것이 필요하다.

1) 부분방전 측정

본 연구에서 사용한 부분방전 측정회로의 구성은 그림 2와 같고 그림에 표시된 시편(Cc)으로는 그림 3에 나타난 언면방전용 시료와 인위적으로 구성된 한개의 실린더 형태의 결함이 있는 시료 그리고 실제 열화과정을 거쳐 이루어진 시료를 사용하였다.



Cc: coupling capacitor
Cs: specimen
R/D 변환기: Lecroy oscilloscope
MCA: Canberra multichannel analyzer

그림 2. 부분방전 측정회로

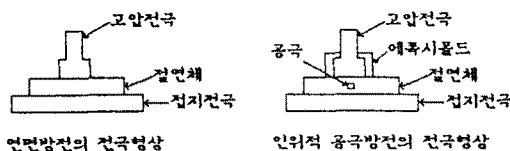


그림 3. 사용된 전극 형태

측정하는 부분방전의 특성으로는 인가전원의 위상에 대한 부분방전의 크기와 발생갯수로서 A/D변환기로 부분방전 크기(q)를 측정할때 0° - 360°의 전원위상(φ)을 800개의 구간으로 나누어 각 구간마다 발생하는 부분방전 크기를 측정하게되고 MCA(multichannel analyzer)로 부분방전의 발생 갯수(n)을 측정할 때는 단위 측정구간을 40us로 설정하였으며 측정할 각 시료에 대한 결과는 그림 4와 같다.

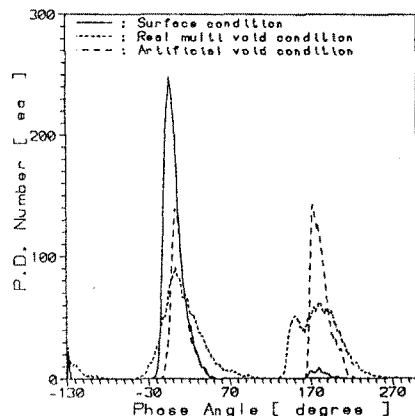
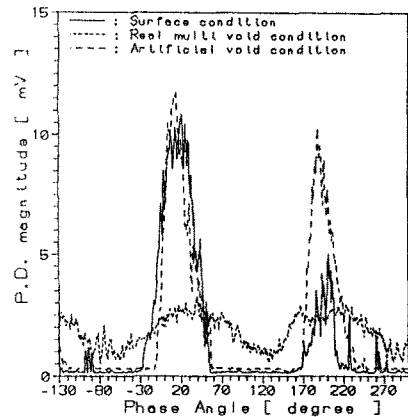


그림 4. 시료에 따른 측정결과

2) 학습 데이터 처리

부분방전의 측정으로 얻어진 $\phi - q$ 와 $\phi - n$ 의 데이터 패턴을 방전원 식별의 기준으로 설정하기 위해 다음과 같은 통계적 연산자를 사용하여 패턴들의 특성을 나타낸다.

먼저 분포함수 형태의 대칭성 정도를 나타내는 skewness(Sk)로 다음과 같은 식으로 표현되어지며 이 값이 영이면 좌우대칭이고 양의 값으로 커질수록 왼편으로 치우치는 것을 음의 값으로 커질수록 오른편으로 치우치게 됨을 나타내게 된다.

$$Sk = \frac{\sum (x_i - \mu)^3 \cdot P_i}{\sigma^3} \quad (4)$$

그리고 정규분포를 기준으로 분포함수의 뒤흔한 정도를 나타내는 kurtosis(Ku)는 다음과 같고 양의 값으로 뒤흔수록 더욱 형태가 뒤흔해지며 음의 값으로 갈수록 뒤흔 부분이 평평해 짐을 나타낸다.

$$Ku = \frac{\sum (x_i - \mu)^4 \cdot P_i}{\sigma^4} - 3 \quad (5)$$

위에서 x_i 는 전원위상에서의 구간의 위치를 μ 는 분포함수의 무게중심위치를 P_i 는 각 구간의 확률을 그리고 σ^2 은 분산을 말한다.

두 분포함수의 유사한 정도를 나타내는 cross-correlation (cc)는 식 (6)과 같고 이 값이 1에 가까울수록 유사함을 0에 가까울수록 서로 상이함을 나타내게 된다.

$$cc = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / n] [\sum y^2 - (\sum y)^2 / n]}} \quad (6)$$

이는 전원전압 위상의 positive half cycle과 negative half cycle에서 발생하는 분포함수의 형태를 비교하는 수단으로 사용된다.

각 시도에 대해 측정된 $\phi - q$ (Hq) 와 $\phi - n$ (Hn) 분포함수의 각 통계적 연산자 값들은 그림 5와 같으며 한 시도에 대해 10개의 값들로 구성되어 방전원의 특성을 나타내는 특성벡터로 표현되고 이들 특성벡터는 신경회로망의 학습에 사용되어진다.

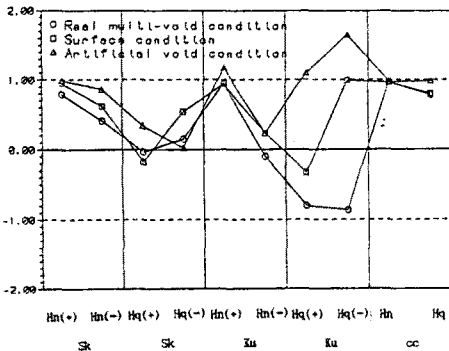


그림 5. 시도별 특성벡터

4. 결론

방전원을 식별하기 위해 부분방전의 측정결과로부터 세가지 방전형태의 대표적 특성벡터를 구하고 이들 교차 학습데이터도 삼아 신경회로망에 학습 시킴으로 미지의 방전에 대해 이것이 어떤 형태의 방전인가를 식별할 수 있는 시스템을 구성하였다.

본 연구에서는 세가지 형태의 방전에 대해서만 국한하여 살펴보았으며 이들에 대해서도 많은 경우의 실험을 통해 각 방전원이 나타내는 특성벡터를 좀 더 구체화하는 것이 필요하고 식별해야할 방전원의 종류가 다양해 짐에 따라 특성벡터에 새로운 요소를 추가하는 것도 추후 계속적으로 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. E. Gulski, F.H. Kreuger, "Computer-aided recognition of discharge sources" IEEE Trans. on Electrical Insulation Vol.27 No.1, Feb. 1992
2. N. Hozumi, T. Okamoto and T. Imajo, "Discrimination of partial discharge pattern using a neural network" IEEE Trans. on Electrical Insulation Vol.27 No. 3, June 1992
3. F.H. Kreuger, E. Gulski and A. Krivda, "Classification of partial discharges" IEEE Trans on Electrical Insulation Vol.28, No.6, Dec. 1993