

신경회로망을 이용한 부분방전 메카니즘의 진단과 수명예측

이영상*, 김재환*, 김성홍*, 임윤석*, 장진강*, 박재준**
 *광운대, **중부대

A Lifetime Prediction and Diagnosis of Partial Discharge Mechanism Using a Neural Network

Lee Young-Sang, Kim Jae-hwan, Kim Sung-hong, Lim Yun-Suk, Jang Jin-Kang, Park Jae-Jun
 KwangWoon Univ., JungBu Univ.

Abstract - In this paper, we purpose automatic diagnosis in online, as the fundamental study to diagnose the partial discharge mechanism and to predict the lifetime, by introduction a neural network. In the proposed method, we use acoustic emission sensing system and calculate a fixed quantity statistic operator by pulse number and amplitude. Using statically operators such as the center of gravity(G) and the gradient of the discharge distribute(C), we analyzed the early stage and the middle stage. the fixed quantity statistic operators are learned by a neural network. The diagnosis of insulation degradation and a lifetime prediction by the early stage time are achieved

On the basis of revealed excellent diagnosis ability through the neural network learning for the patterns during degradation, it was proved that the neural network is appropriate for degradation diagnosis and lifetime prediction in partial discharge.

사용하였다. 설계시 최대한의 노이즈를 제거하였고 문턱 준위는 증폭된 신호를 3[mV]로하여 확실한 음향 신호를 얻을 수 있었다. 위상각 특성을 보기 위해 인가전압을 고전압 Probe(HP 34300A)로 전압을 강하시켜 디지털 오실로스코프(HP54501)의 채널1에 입력시켰다. 그렇게 한 후 음향방출 감시 시스템을 연결하여 동시에 측정하였다. 증폭기를 통과한 음향방출 펄스는 동기화를 거쳐 인가전압 한 주기 동안의 펄스를 디지털 오실로스코프 채널4에 입력하여 인터페이스(GPIB Card)를 통하여 PC로 전송하고 각 펄스의 위상정보와 펄스 크기 정보를 얻는다. 음향방출의 평균 펄스는 인가 전압 1사이클을 정의 제로 크로스 점에서부터 44개의 위상창으로 구분하여 각 위상창 구간 마다 1분 동안의 펄스 값을 평균하여 사용하였다.

1. 서 론

본 논문에서는 신경회로망의 장점을 이용하여 절연수명에 치명적인 역할을 하는 부분방전에 의한 절연열화를 진단하여 방지하고, 절연물의 조기수명예측을 목적으로 디지털 신호처리용용과 하드웨어 조합을 통하여 음향방출감시시스템을 구축하여 취득한 데이터를 통해 열화진단 및 수명을 예측하도록 하였다. 열화과정에서 얻은 데이터를 통해 G-C 파라미터를 구해 열화초기, 중기시점을 판별하여 뇌의 정보처리 방식에 기초를 둔 신경회로망에 적용하였다. 부분방전 열화 진전도와 수명예측에 대한 알고리즘은 백프로파게이션 인공 신경망을 적용하였다. 신경회로망의 일반화된 특성으로 병렬처리를 통한 정보처리가 가능한 추론능력과 모호한 입력에 대응할 수 있는 퍼지 추론능력이 내재되어 있기에 부분방전 열화진전도 진단과 수명예측에 적용하기에 적합함을 보였다.

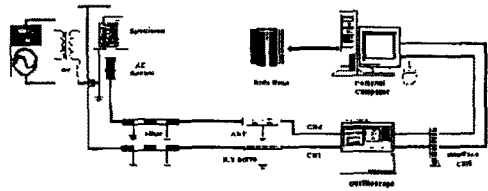


그림2-1. 실험 장치 블록선도

2. 실험 및 신경망 학습

2.1 실험장치 및 방법

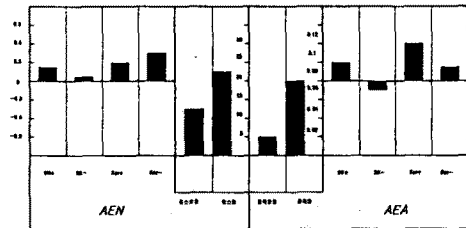
실험장치의 블록선도는 그림2-1에 표시하였다. 자체 제작한 음향방출 감시 시스템의 인가전압은 교류 60[Hz]이며 50[kVrms]까지 연속으로 변화시킬 수 있다. 전압 인가방식은 승압속도 1[kV/s]로 음향방출 개시의 1.5 배 까지 승압한 후 일정하게 유지하였다. 고전압 회로는 음향방출 검출회로의 잡음을 일으킬 수 있는 코로나 방전을 억제하기 위해 실리콘 오일에 함침하였다. 음향센서는 최대 공진 주파수 480[kHz]되는 PZT 변환기를 사용하였고 평판 전극 바로 아래 10[mm]되는 장소에 설치하였다.

음향의 원 신호 자체는 너무 미약하여 40[dB]의 차동 증폭기로 증폭하고 80[kHz]의 High Pass Filter를

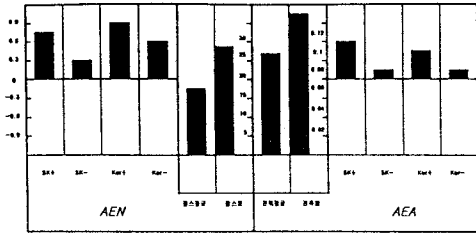
2.2 절연진전과 수명예측을 위한 신경망 학습과정

2.2.1 입력 데이터의 특성 추출

그림 2-2는 시료에 따른 ϕ -AE 분포 형태의 취득 데이터를 통계적 연산자를 사용하여 분석한 결과들이다. 본 논문에서는 신경 회로망의 학습효율을 향상시키기 위하여 검출된 ϕ -AE에서 통계처리를 행하여 그림 2-2과 같은 분포특성의 데이터를 추출하고, 추출된 데이터를 신경 회로망의 입력으로 사용하였다.



2-2(a). 열화초기 시료 특성분포



2-2(b). 열화말기 시료 특성분포

그림 2-2. 입력데이터 특성분포

2.3 신경회로망 학습과정

본 논문에서는 열화 진전도에 따른 두 패턴을 학습시켰으며, 각각의 패턴에 대한 학습패턴은 216, 215개로 하였다. 교차 학습을 위한 출력 값은 열화초기 시료의 경우는 0으로 설정하였으며, 열화말기 시료는 1로 설정하였다. 또한 수명예측을 위해 파괴 시간에 따른 두 패턴을 학습시켰으며, 각각의 패턴에 대한 학습패턴은 각각 90개로 하였다. 40분이하 시료의 경우 0으로 설정하였으며, 50분이상의 시료는 1로 설정하였다. 학습과정에서 출력의 오차가 ± 0.02 이하의 값으로 되면 신경망 학습을 종료하도록 하였다. 파라미터에 의한 진단과 수명예측의 판별기준은 G값이 증가하고 C값이 감소할 때 방전의 군소화가 일어나고 이때 열화초기라 하였고 열화가 진행됨에 따라 G값이 감소하고 C값이 증가하는 것으로 보아 열화중기를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 부분방전 메카니즘 열화진단

그림 3-1과 3-2는 열화초기와 열화말기 시료에서 얻은 패턴들 중 신경 회로망 학습에 사용되지 않은 패턴들에 의한 응답 특성을 보여주고 있다. 열화초기 시료의 경우, 신경 회로망의 인식률은 출력 값을 0.02이하로 하였을 때 98.5%의 인식률을 보였고, 열화말기 시료의 경우는 출력 값을 0.98이상으로 하였을 때 93%의 인식률을 보였다. 그림 6-3는 신경 회로망 학습에 전혀 사용되지 않은 형태의 열화중기 시료에서 얻은 \emptyset -AE 패턴에 대한 분류 결과를 나타내고 있다. 기대 출력 값을 0.5로 하였을 때 신뢰도 90%의 출력 구간인 0.4 ~ 0.6에서의 인식률이 74% 정도 보였다. 이는 직접 학습에 사용되지 않은 형태의 시료에 대한 신경망의 적응성을 나타내는 것으로서, 열화초기와 열화말기에 학습된 신경 회로망이 학습되지 않은 다른 단계의 열화진단에도 적용될 수 있음을 보이는 중요한 반응이다.

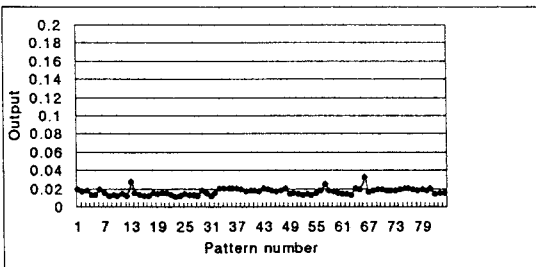


그림 3-1. 열화초기시료에 대한 응답특성

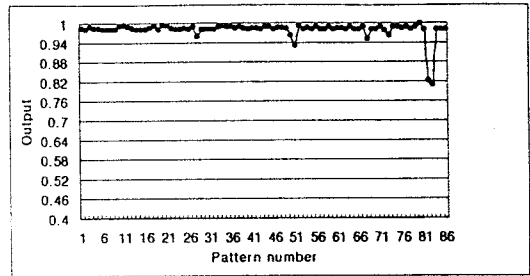


그림 3-2. 열화말기시료에 대한 응답특성

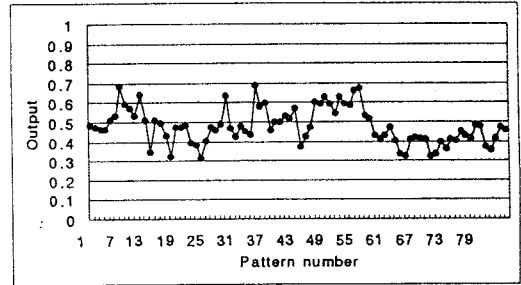


그림 3-3. 열화중기시료에 대한 응답특성

3.2. 부분방전 메카니즘 수명예측

그림 3-4와 3-5는 40분 이하에서 절연파괴된 시료에서 얻은 패턴과 50분이상에서 파괴된 시료에 대한 신경 회로망 응답 특성을 보여주고 있다. 40분 이하에서의 경우 신경회로망의 인식율은 출력값을 0.1 이하로 하였을 때 91%의 인식율을 보였다. 50분이상에서의 경우는 기대출력값을 0.92로 하였을 때 94%의 인식율을 보였다. 역시 신경회로망의 성능을 객관적으로 평가 되어야 하기에 본 연구에서는 40분에서 50분 사이에 절연파괴된 시료를 바탕으로 평가하였다. 그림 3-6은 40분에서 50분사이의 학습에 전혀 사용되지 않는 시료에 대한 신경회로망의 응답 특성을 보여주고 있다. 기대 출력값을 0.5로 하였을 때 신뢰도 구간 90% 출력구간인 0.4 ~ 0.6 사이에서 인식율은 78 % 정도 보였다

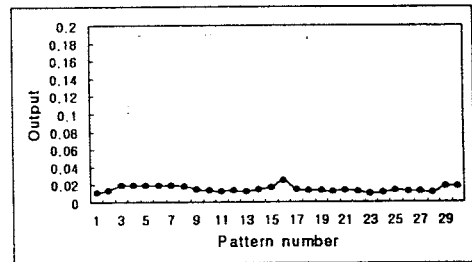


그림 3-4. 40분이하 시료에 대한 응답특성

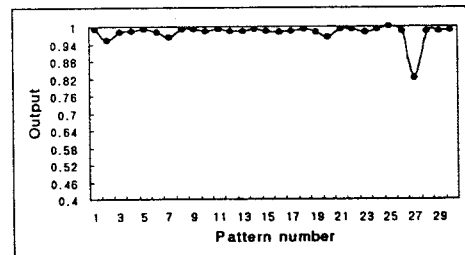


그림 3-5. 50분이상 시료에 대한 응답특성

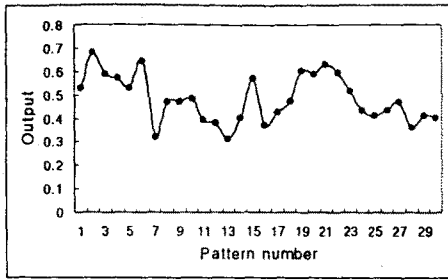


그림 3-6. 40분-50분사이 시료에 대한 응답특성

4. 결론

본 논문에서는 신경회로망을 도입하여 부분방전 메커니즘의 절연진단 및 수명에측을 위한 온라인 자동진단의 기초연구를 제안하였다. 제안된 방법은 신경 회로망을 이용하여 부분방전시 음향방출 패턴을 학습시켰고, 미지의 AE 펄스 패턴을 이 패턴과 대응시켜 진단과 수명에 측을 수행하였다.

1. 열화진단을 위해 학습에 사용되지 않은 미지의 AE 패턴들에 대한 신경망의 일반화 시험에서 열화초기 시료는 98.5%의 인식율을, 열화말기 시료는 93%의 인식율을 보였으며 미학습 모델인 열화중기 시료에 대하여 신경 회로망으로 판별한 결과 기대 출력 값을 0.5로 하였을 때 90% 신뢰도에서 74%의 인식율을 가짐을 확인하였다.

2. 수명에측을 위해 학습에 사용되지 않은 미지의 AE 패턴들에 대한 신경망의 일반화 시험에서 파괴시간이 40분이하인 시료들에 대한 인식율은 91%, 50분이상인 시료들에 대한 인식율은 93%를 보였으며 미학습 모델인 40분-50분대에 대하여 신경 회로망으로 판별한 결과 기대 출력 값을 0.5로 하였을 때 90% 신뢰도에서 78%의 인식율을 가짐을 확인하였다.

신경회로망 학습을 통해 절연열화시의 패턴들의 인식능력의 우수성이 나타났고, 이를 바탕으로 부분방전시 절연재료의 열화진단과 수명에측이 가능함을 확인하였다. 앞으로 학습되지 않았거나 학습된 패턴에 비해 변형이 크게 된 패턴에 대한 유연성의 제고로 유사성을 보이는 패턴사이의 관련성을 인정하는 퍼지이론의 적용, 최근 등장한 웨이브렛(wavelet) 이론, 카오스이론 등의 도입과 많은 양의 패턴으로 충실한 학습데이터 축적이 이루어지면 진단의 자동화와 효율적인 진단이 가능한 장치의 개발에 도움이 되리라 사료된다.

5. 참고문헌

1. Masumi Ito, Tairo Ito, Takao Sakai, Youshiyasu Ehara, "Prediction of Breakdown by Void Discharge Aging," 電學論A, Vol. 110, No. 11, pp. 773~780, 1990
2. Koji Urano, Youshiyasu Ehara, Haruo Kishida, Tairo Ito, "Analysis of Treening Phenomena by Discharge Magnitude and Discharge Luminescence in Each Phase Angle," 電學論A, Vol 115, No. 11, pp. 1151~1156, 1995
3. Tairo et. al., "Phase Angle Analysis of Discharge Magnitude in a Fine Void", JIEE, Vol. 109, No. 12, pp. 1989
4. T. Hong, M. T. C. Fang, D. Hilder, "PD Classification by a Modular Neural Network based on Task Decomposition", IEEE, Trans. Elect. Insul, Vol. 3, No. 2, pp. 207~212, April 1996
5. H. Suzuki, T. Endoh, "Pattern Recognition of Partial Discharge in XLPE Cables Using a Neural Network", IEEE, Trans. Elect. Insul, Vol. 27, No. 3, pp. 543~549, June 1992
6. R. Bozzo, C. Gemme, F. Guastavino, L. Sciutto, "Diagnostic by Means of Neural Networks Having Inputs Derived from the Statistical Analysis of PD Patterns", Conf. Rec. 1996 IEEE Inter. Symp. Elect. Insul, pp. 389~392, 1996
7. 김성홍, 박재준, 김재환, "부분 방전 전하와 음향방출 펄스의 동시 측정에 의한 트리밍 파괴 진단", 한국전기전자재료학회지, Vol. 10, No.3, pp.247~254, 1997
8. 김성홍, 최재관, 김재환, "신경망을 이용한 보이드 결합에 의한 열화진단", 한국전기전자재료학회 논문지, Vol. 11.No. 10, pp.940-946, 1998.