

HFPD 및 신경회로망을 이용한 고압 유도전동기 모델코일 열화진단

論 文
51C-8-5

Aging Diagnosis of Model Coil of HV Induction Motor Using HFPD and Neural Networks

金 德 根* · 林 暉 燮** · 呂 寅 善***

(Duck-Keun Kim · Jang-Seob Lim · In-Sun Yeo)

Abstract - Many failures in high voltage equipment are preceded by partial discharge activity. In this paper deals with the application of the high frequency partial discharge measurement technique in motorette. HFPD measurement is very effective method to detect the PD occurred in motorette which is the called name of test specimen for accelerating test of stator winding[1].

In this study, CT type HFPD sensor is used to detect the partial discharges and a measured HFPD pattern is analyzed by fractal mathematics. The neural network algorithm is used to pattern recognition and ageing diagnosis. As a result of this study, the fractal dimensions are increased along to applied voltage and HFPD pattern recognition using neural network shown excellent recognition rate. Also, the ageing diagnosis of motorette has been possible.

Key Words : HFPD, Fractal, Deterioration diagnosis, Neural network

1. 서 론

정보화의 급속한 발전은 전력산업 부분에도 무인운전 및 온라인 감시체제의 전반적인 확산을 일으키고 있으며[2], 새로운 분석기술 및 시스템 개발에 많은 발전이 이루어지고 있다. 또한 산업사회의 발달로 전력설비의 고전압화, 대용량화, 소형화 및 전력의 안정적 수급이 요구되고 있기 때문에 성능이 우수한 절연 시스템이 채택되고 있다. 최근 고전압 설비의 유지관리 방법은 노후설비의 증가와 진단기술의 발달에 따라 예방보전(preventive maintenance)에 의한 시간기준 유지보수 개념에서 예측보전(predictive maintenance)에 의한 상태기준 유지보수의 개념으로 전환되고 있다[3].

전력설비의 신뢰성 향상을 위해 제작과정에 많은 기술적 방법 및 정밀제어가 채택되지만 절연체 내부의 미소 보이드나 불순물 혼입, 절연체 표면의 불균일성 등은 여전히 문제점으로 나타나고 있다. 이런 결함들은 운전중 열적, 기계적, 전기적, 환경적 스트레스로 인해 정상전압에서도 부분방전이 발생하고 결합부위의 전계 집중으로 인한 설비사고를 유발하게 된다. 부분방전 검출을 통한 절연 열화진단법은 전력설비에서 발생하는 부분방전 신호를 검출하고, 해석 알고리즘을 통해 절연체 열화상태를 파악할 수 있는 진단기법으로 현재는 활선상태에서 S/N비가 높은 HFPD(high frequency partial discharge) 측정 및 분석이 주로 연구되고 있다[4].

실제 부분방전 펄스는 낮은 주파수에서부터 수 kHz까지의 주파수 영역에 대한 정보를 갖고 있지만 접지선 검출을 통한 IEC 60270법은 수백 kHz대역의 신호만을 검출하며, 다중 접지 방식으로 되어 있는 계통에서는 외부 노이즈 영향을 많이 받게된다. HFPD 측정법은 노이즈의 영향을 적게 받는 고주파 대역을 검출하지만 발생원으로부터 거리가 멀어지면 전파의 감쇄로 인한 측정감도가 떨어지는 단점도 가지고 있지만 활선상태에서 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다.

또한 정전상태 진단법은 전력기기의 정전시 사용자에게 발생하는 경제적 손실과 부수적으로 파생되는 많은 문제점을 안고 있다. 본 연구에서는 활선상태에서 측정이 가능한 HFPD 측정법을 이용해 고압 유도전동기의 온라인 상태감시 및 열화진단의 현장적용을 위한 과정으로서, CT형 HFPD센서를 이용해 전압이 인가되는 시료의 전원 입력측에서 활선상태로 신호를 검출하고, 1주기(0~360°)의 위상에 전체 입력신호를 누적한 PD패턴을 프랙탈 수학을 이용해 분석하고, 신경회로망 알고리즘을 이용하여 고압 유도전동기 모델코일의 열화 패턴인식 및 열화진단을 실시하였다.

2. HFPD(High Frequency Partial Discharge)

장기간 운전되는 고전압 설비의 부분방전은 절연체의 점진적인 절연성 저하를 일으키며 궁극적인 절연파괴의 원인이 된다[5]. 부분방전 측정을 통한 전력기기의 열화진단은 진단의 정확성과 아울러 기기운영의 신뢰성 측면 및 기기의 보수나 교체시기 판정에 매우 중요하다.

일반적으로 부분방전을 측정하는 방법은 노이즈가 포함되지 않은 교류전원을 시험대상에 인가하고, 여기에 병렬로 커플링 커패시터(coupling capacitor)를 연결하여 시험대상물에

* 正 會 員 : 全南大學校 工大 電氣工學科 博士課程

** 正 會 員 : 木浦海洋大學校 電子·通信工學部 副教授

*** 正 會 員 : 全南大學校 工大 電氣工學科 教授

接受日字 : 2002年 5月 28日

最終完了 : 2002年 6月 18日

서 발생하는 미소한 부분방전 전류를 측정한다. 실제 부분방전 펄스는 수MHz~수GHz 정도에 해당되는 광범위한 주파수 성분을 갖고 있는데, 기존의 IEC 60270법은 수십MHz~수백MHz 범위에서 측정하게 된다. 또한 현장에는 다양한 종류의 노이즈가 존재하고, 접지상태 불량으로 인해 측정의 신뢰도가 떨어진다.

그러나, 최근에는 측정 주파수가 1MHz이상의 높은 영역에서는 주위 노이즈의 영향을 덜 받는다는 점에 착안하여 부분방전 펄스의 주파수 성분중 고주파 대역을 측정하는 HFPD 측정방법이 제시되어 많은 연구가 이루어졌고 현재 현장적용이 시도되고 있다. HFPD 측정법은 측정주파수가 높아질수록 S/N비가 향상되지만 측정 주파수가 높아지면 부분방전의 발생원에 대한 거리에 따라 전파되는 동안 감쇄가 커져서 측정 감도가 떨어진다. 또한 HFPD 측정법은 활성상태에서 온라인 검출이 가능하므로 현장측정에 상당히 효과적이다. HFPD를 측정하는 방법은 유도성, 용량성, 저항성 센서 또는 안테나 등 용도에 따라 다양하며, 이로부터 얻은 신호와 주위 노이즈용 안테나에 포착된 신호 또는 신호의 전파 방향 등을 고려하고 부분방전의 패턴을 컴퓨터를 이용 분석하여, 순수한 부분방전 신호를 추출하게 된다. 기존의 PD 측정방법인 IEC 270방식은 고가의 커플링 커패시터 용량이 sample보다 커야한다는 점과 시험 대상물에 따라 측정 시스템의 규모가 커지는 단점이 있다[6].

HFPD 측정기법을 이용하여 고압설비를 진단할 수 있는 HFPD 측정시스템은 여러 업체에서 개발하고 있으며, 각각 노이즈 저감과 부분방전 신호의 추출을 위해 많은 방법을 이용하고 있다. 표 1에 HFPD 시스템을 각 업체별로 검출센서, 측정 주파수 대역, 측정감도 및 소요시간에 대해 개략적으로 나타냈다[7].

표 1 업체별 HFPD 측정 시스템 현황
Table 1 The present conditions of HFPD measurement system of each company

	Hitachi	KEMA	Lemke Diagnostics	Power Diagnostix
Detect Sensor	Capacitive, Inductive	Capacitive, Inductive	Capacitive + Inductive	Capacitive, Antenna
Frequency Bandwidth [MHz]	2~50	1~400	2~500	0.04~1000
Sensitivity [pC]	Max : 0.1	Max : 1	Max : > 1	Max : 1
Noise Reduction	Possible	Non	Possible	Possible

3. 실험방법

3.1 시료제작

회전기는 전력설비 가운데 가장 광범위하게 사용되고 있는 기기중의 하나이다. 이런 회전기는 실제 운전중에 열적,

기계적, 전기적 및 환경적인 원인에 의해 절연열화가 진행된다. 회전기 사고 중 가장 높은 비율을 차지하고 있는 고정자 권선에 대한 열화실험[8]을 위해, 3.3kV급 100HP 고압 유도 전동기 고정자 권선을 모델링하여 그림 1과 같은 모델코일(motorette)을 국내 고압 유도전동기 생산업체 3개사에 주문하여 제작하였다.

모델코일의 크기는 680×370×120mm이고, 마이카/에폭시 복합절연물을 주절연체로 하여 진공함침 하였으며, 절연등급은 F중으로 절연두께는 1mm이다. 모형슬롯은 길이가 220mm이며 동판으로 제작하였다. 내부 권선은 편각동선으로 되어 있으며, 라이너(liner)는 두께 0.25mm 절연지이며 웨지(wedge)는 막대형태로 이루어져 있다.

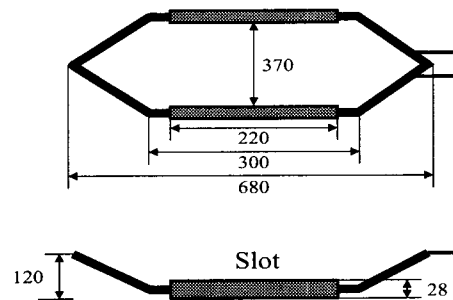


그림 1 모델코일의 구조 (단위 : mm)
Fig. 1 The structure of motorette (unit : mm)

이렇게 제작된 모델코일에 IEEE Std-117[1]에 따라 180°C에서 16일, 200°C에서는 4일, 220°C에서는 1일동안 시료를 각각 열 열화시켰다. 고압 유도 전동기 고정자 권선은 정격전압의 400~500%의 절연내력을 기준으로 설계하기 때문에, 전압에 의한 가속열화 실험은 AC 13~15kV를 선택하여 시료에 인가하였다. 또한 시료는 고압 유도 전동기 제조 회사에 의뢰하여 제작한 3.3kV급 총 100개를 실험에 이용하였다.

3.2 측정 시스템

Motorette에 AC 13~15kV의 고전압을 500V/sec의 속도로 승압하여 가속 열화시키고 이때 발생하는 부분방전 신호를 활성상태로 측정한다. 또한 HFPD와 기존 PD의 비교검증을 위하여 접지선에 PD 측정장비(MS-SPAC, 일본, DL1200)를 연결하여 motorette에서 발생하는 방전신호의 동기화 및 zero crossing을 확인한 후 측정하였다.

HFPD 신호는 전원 입력선에서 CT형 센서를 이용해 검출하여 활성 RF진단장비(RFPAM-991D, 영국, M&B)에 입력되고, 신호를 오실로스코프(Textronix 7401A, 1GHz, 10Gs/sec)의 입력으로 전달한다. 총 180cycle의 데이터를 컴퓨터로 입력받아 1주기의 동일 위상에 누적하고 프랙탈 차원으로 표현하여 신경회로망의 학습 데이터 그룹을 결정하는데 이용하였으며, 누적된 데이터를 정규화하여 신경회로망을 이용해 열화진단을 실시하였다. 그림 2에 HFPD 측정 시스템 구성도를 나타냈다.

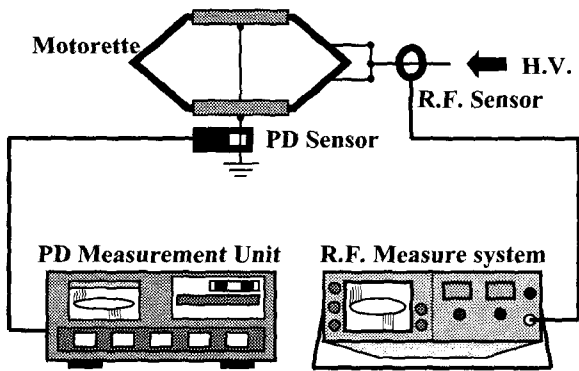
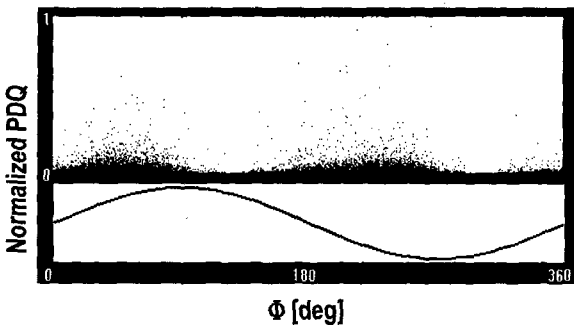


그림 2 HFPD 측정 시스템
Fig. 2 HFPD measurement system

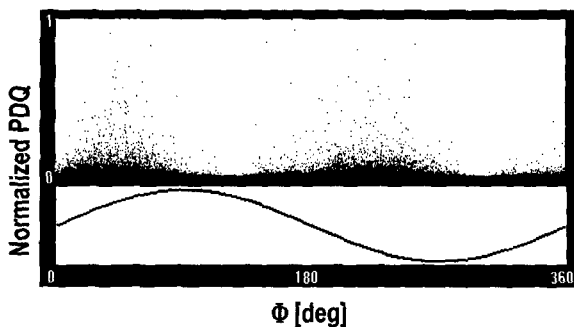
4. 실험결과 및 토론

4.1 인가전압에 따른 HFPD 패턴 특성

일반적으로 기체의 유전율은 고체의 유전율보다 작기 때문에 보이드 내에 형성되는 전계는 유전체 전체의 전계보다 높게되며, 공기의 절연과파 전압이 고체 절연물의 절연과파 전압보다 낮기 때문에 보이드에서 부분방전이 지속된다. 인가전압이 높아지면 보이드 내에 형성되는 전계가 더욱 상승하여 절연체 열화가 가속된다.



(a) 13kV



(b) 15kV

그림 3 인가전압에 따른 10시간후 HFPD 패턴 특성
Fig. 3 The characteristics of HFPD pattern according to applied voltages after 10 hours

인가된 전압이 다른 경우에 시료에서 발생하는 부분방전 펄스를 CT형 HFPD센서로 측정된 180주기의 HFPD 신호를 각 위상에 누적한 결과를 그림 3에 나타냈으며, 인가전압에 따른 프랙탈 차원의 변화를 그림 4에 나타냈다. 그림 3의 정현파는 HFPD 펄스를 한주기의 위상에 누적하고, 분포패턴의 위상특성을 분석하기 위하여 인가전원과 동기화된 파형을 나타낸 것이며, 그림 4에서 FDP(fractal dimension of positive half cycle)는 positive 반주기의 프랙탈 차원이며, FDN(fractal dimension of negative half cycle)은 negative 반주기의 프랙탈 차원이다. 그림 3과 그림 5의 Y축은 방전량을 로그값으로 정규화하여 나타냈으며, X축은 방전 위상 각이다.

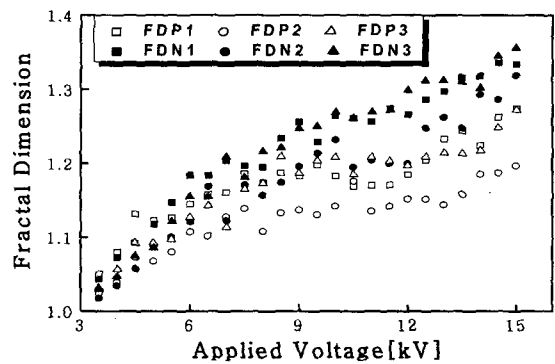


그림 4 인가전압에 따른 프랙탈 차원 변화
Fig. 4 The changing of fractal dimensions according to applied voltages

인가전압이 높아지면 발생하는 HFPD 펄스의 크기와 빈도수가 증가하는 것을 알 수 있으며 프랙탈 차원값도 증가하는 특성을 나타낸다. 이때 한쪽 반주기의 평균적인 펄스 크기가 더 크게 나타나면, positive와 negative 반주기의 프랙탈 차원값이 다르게 된다. 그림 4에서는 negative 반주기 패턴의 프랙탈 차원값이 높게 나타나는데 이것은 절연체 내부의 보이드에서 발생하는 방전보다 슬롯 모서리 부분의 표면방전이나 도체와 고체 절연체 사이의 보이드에서 발생하는 방전현상 때문이다. 따라서 프랙탈 차원값의 비교를 통해 주된 방전현상을 예측할 수 있다.

4.2 인가시간에 따른 HFPD 특성

고압 회전기의 경우 운전중 발생하는 열이나 전기적 스트레스, 기계적 진동, 응력 및 사용환경의 영향에 의해 장기간 사용할 경우 절연체 열화가 진행되며 시간의 경과와 더불어 나타나는 방전패턴도 변하게 된다. 그림 5는 시료에 14kV를 인가한 후 시간의 경과에 따른 방전패턴 특성을 나타냈다. 시료에 전압이 인가된 직후에는 방전량이 낮은 부분방전 신호들이 주된 방전형태로 나타나는 패턴을 보이지만 인가시간이 길어짐에 따라 절연체 열화가 진행되어 방전량의 크기도 증가하고 전체적인 방전 빈도수도 증가한다.

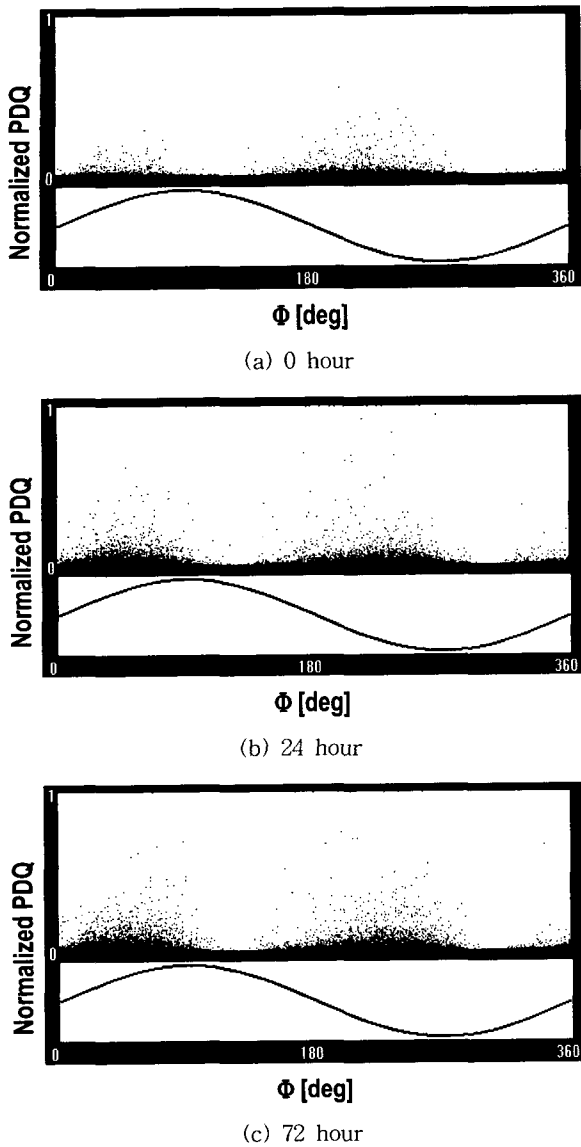


그림 5 14kV에서 인가시간에 따른 HFPD 패턴 변화특성
 Fig. 5 The change characteristics of HFPD pattern according to applied times at 14kV

그림 6부터 그림 8까지는 motorette에 13kV~15kV를 인가한 후, 절연과파가 발생할 때까지 프랙탈 차원값의 변화특성이다. Motorette에 고전압을 인가하면 복합방전이 발생하지만, 절연체 내부에서 발생하는 절연과파 메카니즘에 따라 나타나는 방전패턴이 변하게 된다. 즉, 전압인가 직후에는 표면방전이 주된 방전으로 나타나기 때문에 negative 반주기의 프랙탈 차원값이 높게 나타나며, 시간이 경과함에 따라 절연체 내부에서 부분방전이 발생하게 되는데 이때는 positive와 negative 반주기의 프랙탈 차원값이 거의 비슷하게 나타난다. 절연체 내부방전이 지속되면 내부 보이드의 확장으로 보이드 내부 전압강하를 유발하기 때문에 내부방전이 감소하게 되어 표면방전이 다시 주된 방전현상으로 나타나는 과정을 반복하게 되며, 인가 스트레스가 낮은 경우에는 그림 6과 같은 프랙탈 차원 변화를 나타내게 된다. 그러나 인가 전압이 높아지면 절연체 열화가 가속되기 때문에 그림

7과 8처럼 프랙탈 차원값이 초기에 급격히 증가하며 일정한 프랙탈 차원값에 도달하는 시간이 짧아지는 특성을 나타낸다.

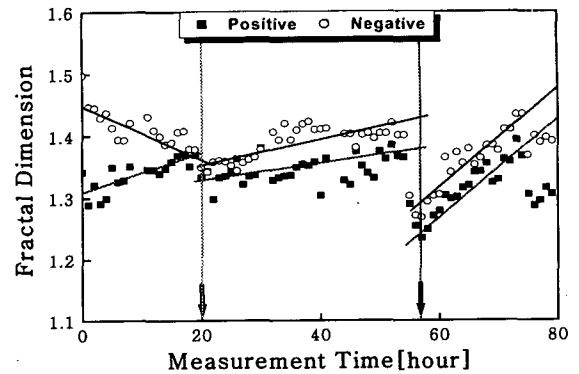


그림 6 13kV에서 프랙탈 차원 변화
 Fig. 6 Change of fractal dimensions in case of 13kV

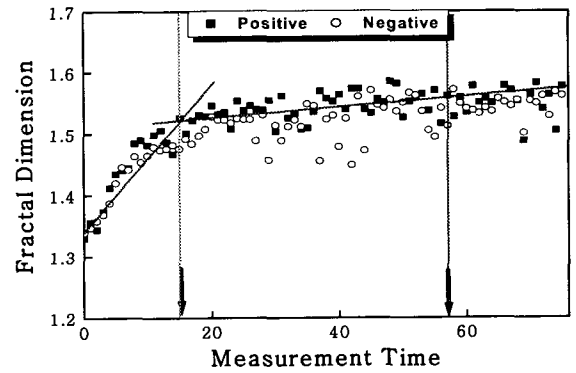


그림 7 14kV에서 프랙탈 차원 변화
 Fig. 7 Change of fractal dimensions in case of 14kV

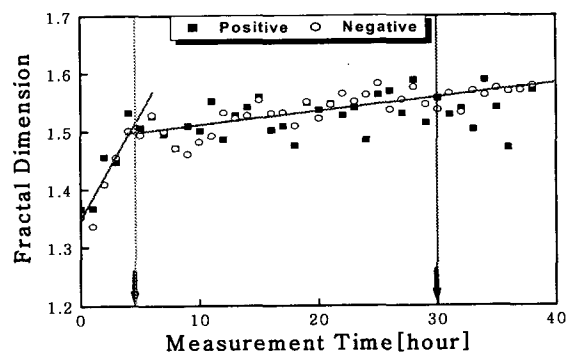


그림 8 15kV에서 프랙탈 차원 변화
 Fig. 8 Change of fractal dimension in case of 15kV

“↓”로 표시된 부분은 각각 열화 초기단계와 중간단계 및 중간단계와 열화말기를 구분하는 경계로서, 인가 스트레스가 낮은 경우에는 그림 6처럼 프랙탈 차원값이 급격히 변화하는 점을 경계 구분점으로 선정하여 신경회로망 학습 그룹을 구분하였으며, 스트레스가 높은 경우에는 프랙탈 차원값의 변화 및 파괴시간에 대한 비율(약 80% 수명)로 경계점을

임의적으로 선정하여 신경회로망의 학습 데이터 그룹을 구분하였다. 이런 프랙탈 차원을 이용한 경계 구분으로 신경회로망의 학습 그룹을 선정하는 방법은 매우 효과적이었으나 그림 6과 같은 프랙탈 차원변화 특성을 나타내는 HFPD 패턴은 인식률이 낮게 나타나는 특성을 보였다.

4.3 신경회로망을 이용한 열화진단

시료에서 발생하는 HFPD 신호를 CT형 센서를 이용해 측정하고 열화진단을 위한 알고리즘의 적절한 파라미터(α , β , δ)를 결정하기 위하여 입력패턴에 대한 로그 정규화 과정을 거쳐, 입력층-은닉층-출력층을 120-20-3으로 하여 적절한 파라미터 값을 선택하였다.

측정된 HFPD 패턴인식 및 열화진단에 α , β , δ 값을 0.1~0.9사이 값으로 임의로 선정하여 학습횟수에 따른 오차값의 변화를 고찰하여, 학습율 α 는 0.9가 선택되었으며, 상수 β 와 모멘텀항 δ 는 각각 0.5로 하였다(P955). 이때 가중치 바이어스를 -0.5부터 0.5 사이의 값을 랜덤하게 선택하였다. 본 연구에서는 파라미터 값들을 P955로 선택했는데, P999, P997, P979, P977, P975, P957 등 파라미터 값이 큰 경우가 P955 보다 빠른 수렴속도를 보이지만 지역 최소값에 빠져 에러값이 수렴하지 못하는 경우가 발생하였다. 그림 9는 P955구조의 에러값 수렴특성을 보여준다.

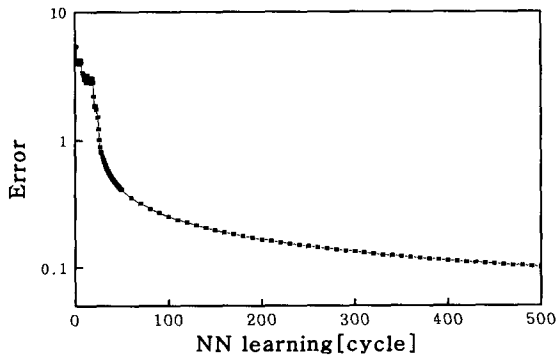
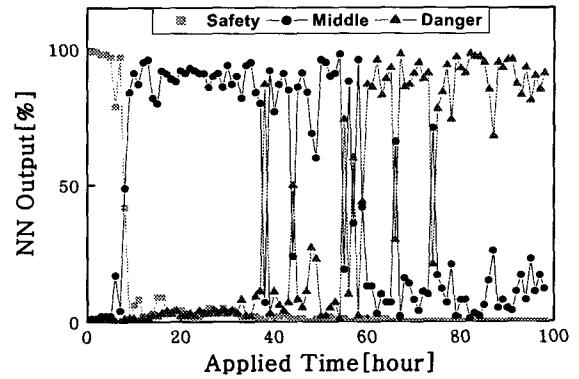


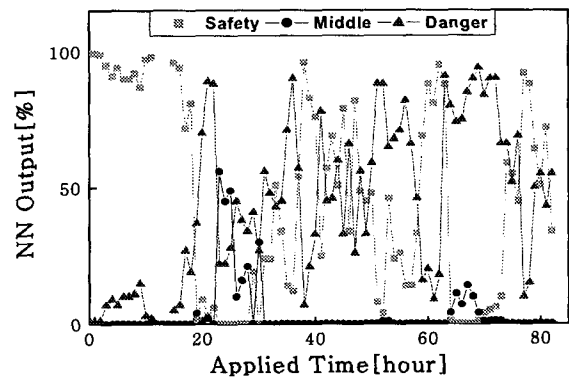
그림 9 신경회로망 파라미터 P955($\alpha:0.9$, $\beta:0.5$, $\gamma:0.5$)에서 에러값 변화

Fig. 9 Variation of output error at NN parameter P955 ($\alpha:0.9$, $\beta:0.5$, $\gamma:0.5$)

HFPD 발생 위상구간에 대한 방전량의 크기와 빈도수를 로그 정규화하여 신경회로망의 입력패턴을 Φ -Q구성은 20×6 의 120개로 구성하고, 누적된 위상분포를 0~1까지로 정규화하여 표현하였다. 은닉층과 은닉층의 뉴런수는 많을수록 일정값에 수렴하는 확률이 높아지지만 인식속도 및 학습시간이 길어지므로 최소의 복잡성을 갖으며 높은 인식결과를 얻을 수 있는 구조가 필요한데, 은닉층의 뉴런수를 1~50 사이의 값으로 변화시키면서 학습을 수행한 결과 20개의 뉴런을 갖는 BPNN(back propagation neural network)구조가 학습과 인식에서 최적의 수행결과를 보였다. 신경회로망의 출력층 뉴런은 안전, 중간, 위험의 3가지 출력을 갖으며, 입력된 HFPD 패턴과 관련된 출력결과가 90% 이상이면 인식 성공으로 고려하였다.



(a)



(b)

그림 10 13kV에서 신경회로망 결과

Fig. 10 Result of neural network output at 13kV

그림 10은 13kV의 전압을 인가했을 때 발생한 HFPD 신호를 열화진단한 결과이다. 그림 10 (a)는 HFPD 패턴의 프랙탈 차원 특성변화가 그림 7과 유사하게 나타났으며, 인가 직후부터 8시간의 구간에서는 안정영역으로 인식하고 있으며, 8시간 경과후부터 열화가 진행되고 있는 것으로 인식하고 있지만, 가끔씩 위험단계로 인식하는 경우가 발생하고 있는데 이것은 열화가 진행되는 동안에 위험 영역의 패턴에 근접한 HFPD 신호가 검출되기 때문이며 짧은 시간동안에 나타나고 있기 때문에 열화진단의 결과에 크게 영향을 미치지 못한다. 60시간이 지나면서 위험영역으로 인식하고 있는데 이때도 열화진행(중간) 영역에서와 마찬가지로 다른 영역으로 인식하는 부분이 발생하고 있다. 인가전압이 비교적 낮은 경우에는 패턴의 변화가 뚜렷하게 구분되지 않는 구간이 많이 발생하는데 이런 경우에는 인식율이 저하한다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 많은 데이터의 축적이 필요하다. 영역의 구분이 명확하지 않는 구간을 제외한 전체 영역에서 인식율은 80% 이상이 되었다. 13kV를 인가했을 때 발생하는 HFPD 신호를 통계적 분석, 프랙탈 분석 및 신경망을 이용한 열화진단을 실시한 결과 신경망을 적용한 경우 열화단계 구분이 더욱 명확히 되는 것을 확인할 수 있었다.

그림 6의 프랙탈 특성을 갖는 HFPD 패턴을 신경회로망을 이용해 열화진단 한 결과를 그림 10 (b)에 나타냈다. 20시간까지는 안정영역으로 인식하고 있지만 20시간 이후부터

는 중간 영역이 거의 나타나지 않고 안정영역과 위험영역이 혼재하고 있으며 인식률이 매우 낮은 결과를 보이고 있다.

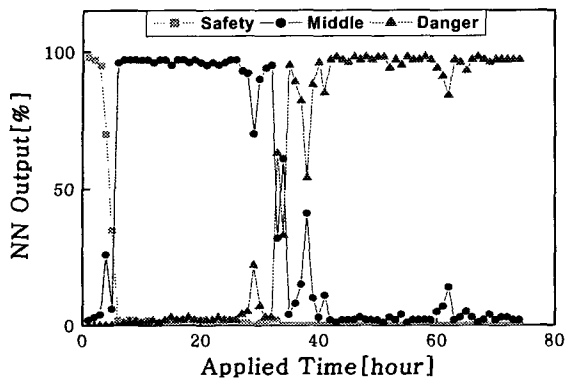


그림 11 14kV에서 신경회로망 결과
Fig. 11 Result of neural network output after at 14kV

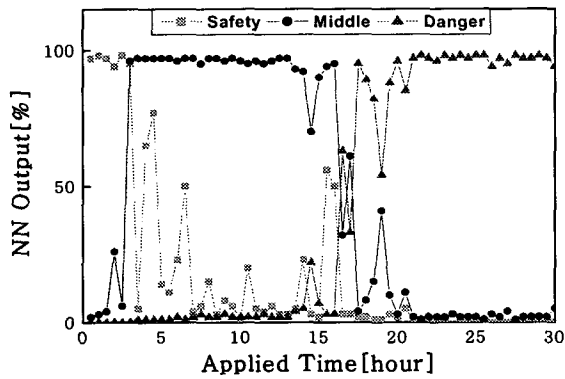


그림 12 15kV에서 신경회로망 결과
Fig. 12 Result of neural network output after at 15kV

그림 11은 인가전압이 14kV일 때 신경회로망을 이용해 열화 진단한 결과이며, 그림 12는 15kV를 인가한 경우의 열화 진단 결과이다. 13kV를 인가했을 때 보다 안정영역으로 인식하는 구간이 짧아졌으며, 열화진행 영역과 위험영역의 중간 단계가 상당히 감소되는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 인가전압이 상승하면 열화진행이 가속되며 패턴의 구분이 명확해지므로 인식률이 높아진다.

그림 11에서는 전압 인가직후부터 5시간 사이의 구간은 안정영역으로 인식하고 있으며, 5~30시간은 열화진행 영역으로 40시간 후는 위험영역으로 인식하고 있다. 패턴이 섞여 나타나는 구간은 약 10시간 정도의 구간으로서 13kV를 인가했을 때 20시간보다 월등히 작아졌음을 알 수 있다. 또한 전체 패턴에 대한 인식율도 13kV를 인가한 경우에는 80%에서 89.7%로 높게 나타나고 있다. 그림 12에서는 인가 스트레스의 상승으로 안전상태와 중간상태 패턴의 혼합영역 및 중간상태와 위험상태의 패턴 혼합영역이 각각 2.5시간, 5시간으로 짧아졌다. 이 경우에도 패턴의 인식율이 90% 이상으로 매우 우수하게 나타나고 있다. 그림 11과 12처럼 높은 인식율을 나타내는 HFPD 패턴들은 그림 7와 그림 8과 같은 프랙탈 차원변화 특성을 나타내는 경우였으며, 프랙탈 차

원값의 변화 특성을 통해 신경회로망 인식율에 대한 추정이 가능하였다.

5. 결 론

모델코일에서 발생하는 HFPD 신호를 CT형 센서를 이용해 전원 입력부에서 측정하고, 측정된 신호를 0~360°의 위상구간에 누적하여 프랙탈 분석을 하고, HFPD 신호의 방전량과 빈도수를 각 위상에 대해 로그 정규화하여 신경회로망의 입력셀로 선정하여 HFPD 신호를 열화 진단한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인가전압에 따라 프랙탈 차원값 변화특성이 나타나며, 절연체 내부방전, 표면방전 등의 방전특성에 따라 방전패턴의 정·부 반주기 프랙탈 차원값의 차이가 발생한다.
2. HFPD 패턴은 13kV 이하의 전압이 인가되면 1.25~1.45사이의 프랙탈 차원을 나타냈으며, 14kV 이상에서는 1.35~1.6정도의 프랙탈 차원을 나타냈다. 가속실험의 경우 프랙탈 차원이 1.25 이상인 경우 3개월 이내에 가속 절연과괴를 기대할 수 있었으며, 스트레스와 프랙탈 차원은 선형적인 관계를 고찰할 수 있었지만, 프랙탈 차원값과 수명과의 상관관계에서는 비선형적인 영역이 존재한다.
3. 신경회로망을 이용해 진동기 코일에서 발생하는 HFPD 신호의 패턴인식 및 열화진단을 실시한 결과, 인가전압이 13kV보다 낮은 경우에는 절연과괴가 발생할 때까지 방전패턴의 변화가 뚜렷하지 않고 프랙탈 차원 특성 변화가 복잡한 패턴을 나타내는 경우가 많았으며 신경회로망 인식률이 50% 미만으로 낮았다. 그러나 인가 전압이 높아지면 일정시간 후 프랙탈 차원이 포화되는 특성을 나타내며, 인가전압에 비례해 프랙탈 차원값의 포화까지 걸리는 시간이 짧아지는 특성 나타냈으며, 이런 경우에는 인식률이 90% 이상으로 매우 높게 나타났다.

이상의 결과에서 낮은 스트레스에서의 인식결과는 가속실험의 결과와 상이한 열화진행 패턴을 확인하였다. 또한, 추후에는 보다 장시간의 샘플링 시간과 측정기술이 요구되며, 이에 대한 장기적인 실험과 현장운용 실험이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관(01-지역-01)으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] ANSI C50.32-1976, IEEE Std 117-1974, "IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound AC Electric Machinery", pp. 7~24.
[2] J. P. Zondervan, E. Gulski, J. J. Smit, "Fundamental Aspects of PD Patterns of On-line Measurements on Turbogenerators", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7 No. 1, pp. 59~70,

2000

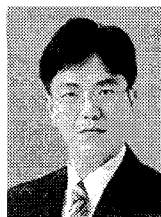
- [3] P. E. Gabe Paoletti, Alex Golubev, "Partial Discharge Theory and Applications to Electrical Systems", 1999 TAPPI Conference, pp. 124~138, 1999
- [4] H. G. Kranz, "Fundamentals in Computer Aided PD Processing, PD Pattern Recognition and Automated Diagnosis in GIS", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7 No. 1, pp. 12~20, 2000
- [5] E. Gulski, "Digital Analysis of Partial Discharges", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2 No. 5, pp. 822~837, 1995
- [6] 구자윤, "전력기기 부분방전 검출 및 진단기법", 전력설비 진단기술 워크샵 2002, pp. 163~213, 2002
- [7] 한국전력공사 전력연구원 최종보고서, 송전케이블의 절연열화 진단기법의 정립 및 수명예측에 관한 연구, '99 전력연-단762, pp. 115~163, 1999
- [8] Bernhard Fruth and Detlev Gross, "Partial Discharge Testing of Rotating Machine Insulation", Presentation for the '97 Volta Colloquium, 1997

저 자 소 개



김 덕 근 (金 德 根)

1970년 7월 27일생. 2002년 현재 전남대학교 대학원 전기공학과 박사과정
 2000년 3월~현재 전기안전시험연구원 연구원
 Tel : 031)580-3056
 Fax : 031)580-3111
 E-mail : mailcode@lycos.co.kr



임 장 섭 (林 障 燮)

1967년 1월 19일생. 1996년 2월 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학)
 1996년 8월~현재 목포해양대학교 전자통신공학부 부교수
 Tel : 061)240-7122
 Fax : 061)240-7283
 E-mail : janylim@mmu.ac.kr



여 인 선 (呂 寅 善)

1957년 6월 11일생. 1989년 8월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학)
 1987년~현재 전남대 공대 전기공학과 및 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터(RRC) 교수, 당학회 평의원 및 전기물성·응용부문회 편집이사
 Tel : 062)530-0714
 Fax : 062)530-1749
 E-mail : isyeo@chonnam.chonnam.ac.kr