

고압 회전기 부분방전 신호의 노이즈 특성 분석

(The Noise Pattern Analysis at Partial Discharge Signal of High Voltage Rotator)

신희상* · 조성민* · 강철* · 김재철* · 강동식** · 조국희**

(Hee-Sang Shin · Sung-Min Cho · Chul Kang · Jae-Chul Kim · Dong-Sik Kang · Kook-Hee Cho)

*승실대학교 · **한국 전기 연구원

Abstract

This study examines the characteristics of noise occurred at a hydroelectric power plant by using the on-line partial discharge measured by electrical detecting method under the high voltage rotating machines.

In addition, it analyzes the noise pattern into frequency and its scale component by using the FFT technique.

1. 서론

정보통신기기의 증가와 산업 플랜트 시설의 증대에 따라 안정적이고 효율적인 전원 공급과 동력발생을 위한 고압 회전기의 신뢰성이 크게 요구되고 있는 것이 현실이다. 이에 반하는 고장원인 중에 하나는 고압 회전기의 장기간 사용에 따른 고정자 권선의 절연부분에서 열화가 진전되어 예상치 못한 절연파괴 사고로 이어지는 것이다. 이러한 사고는 돌발적인 운전정지로 이어진다. 이에 따른 운전정지로 인한 과급효과는 더욱이 커지며, 복구 시간 역시 장기화되고, 권선의 교체 보수 비용이 역시 크게 소요되기 때문에 이를 방지하기 위해 예방진단이 이루어지고 있고, 이에 관한 많은 연구가 진행 되어 왔다. 절연열화 예방진단방법은 기기를 정지하고 절연상태를 측정하는 Off-line 진단법과 현장에서 운전 중인 상태에서 절연상태를 측정하는 On-line 진단 방법으로 구분 할 수 있다. On-line 부분방전 진단법은 운전 중에 연속적으로 절연상태를 감시할 수 있는 장점이 있어 초기 진단 개념으로 많은 연구가 수행되고 있다. 하지만 현장에서 시행되는 On-line 부분방전 데이터 취득 시 발생하는 노이즈에 의해 정밀한 진단 결과를 얻는 것이 어려운 상황이다. 데이터에 혼합된 노이즈로 인해 오판된 결과를 내릴 수도 있어 노이즈 제거는 필수적인 사항이라 할 수 있다. 본 논문에서는 국내 수력 발전소 중 25년 동안 가동 중인 13 [kV]급 수력발전기 고정자 권선에서 취득된 On-line 부분방전 데이터를 이용하여 실제 발전소에서 발생하는 노이즈 유형을 분석하고, 분류 하였다. 본 논문의 결과를 토대로 발전기 고정자 권선에서 발생하는 부분방전 신호의 고 정밀 측정

위한 외부잡음 제거 기법설계에 이용할 계획이다.

2. 본론

2.1. 계측 및 분석

고정자 권선용 On-line 부분방전 측정 시스템에서 취득된 46개 데이터를 대상으로 디지털 필터를 이용하여 부분방전 신호유형과 노이즈 신호유형으로 구분하였다. 분석에 이용한 계측 신호는 고압 회전기 고정자 권선에서 접촉식 Capacitive Coupler를 이용하여 취득하였고, 시간 영역에서 분석하기 위해 60[Hz] 상용 주파수를 한 주기로 하고 주기 당 3600개의 신호를 계측하였고 이러한 신호를 120주기를 연속으로 계측하였다. 주파수 영역에서의 분석을 하기 위해서는 FFT기법을 이용해 주파수 영역에서 주파수와 크기 성분으로 그래프를 나타내었다.

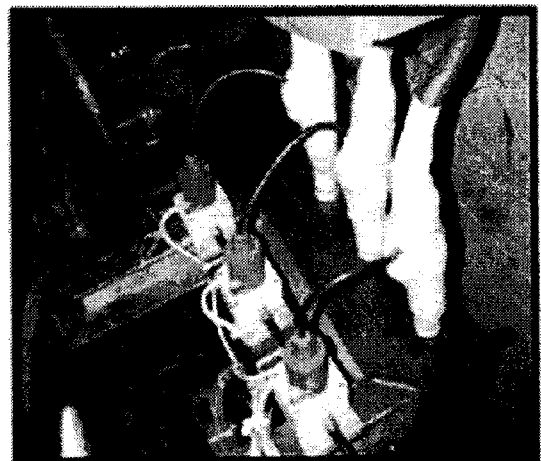


그림 1. 고정자 권선에 연결된 Capacitive coupler
Fig. 1. Capacitive coupler connected stator winding

2.2 부분방전 신호의 위상 주기 크기 분석

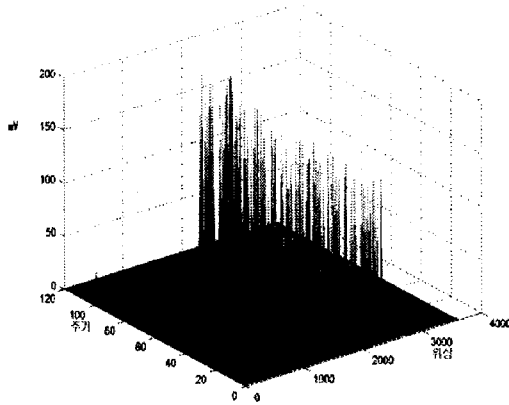


그림 2. 부분방전 신호의 위상 주기 크기 표현
Fig. 2. Phase Cycle Magnitude expression of partial discharge signal

<그림2>은 differential 방식을 적용하여 계측된 신호로서 10~15도 사이에서 최대크기 15 mv의 크기와 208~220도 사이에서 152 mv가 120 주기에 걸쳐 발생하는 신호이다. 일정위상에서 집중적으로 발생하는 신호이므로 부분방전 신호로 분류 할 수 있다.

2.3 노이즈 유형의 위상 주기 크기 분석

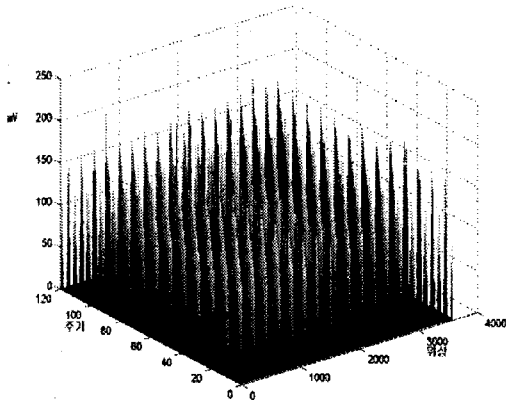


그림 3. 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 1
Fig. 3. Phase Cycle Magnitude expression of noise signal 1

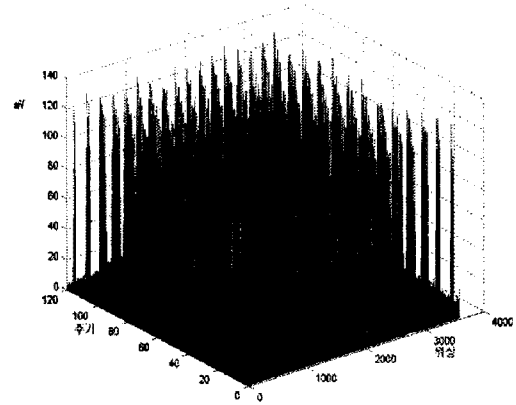


그림 4. 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 2
Fig. 4. Phase Cycle Magnitude expression of noise signal 2

<그림 3>와 <그림 4>은 13 [kV]급 수력발전기 고정자 권선에서 취득된 On-line 진단 장치로 계측된 데이터로서 분석 하였을 경우 전위상과 전주기에 신호원이 존재하며 크기역시 대략 40~190[mV]와 15~131[mV] 크기가 분포 것으로 판단된다. 이는 신호를 계측하였을 때 특정한 형태의 위상, 주기, 크기를 나타내고 있지 않고 연속적으로 계측되는 외부잡음 즉, 백색 잡음의 형태를 띠고 있다. 부분방전신호와 잡음신호가 혼재되어 있는 신호라면 백색잡음의 특징을 추출하여 제거해야 되는데 신호를 시간영역 안에서 분석하게 되면 특징을 추출하기가 쉽지 않다. 위 와 같은 특징을 갖는 신호원을 순수 노이즈 신호로 분류 할 수 있다.

2.4 부분방전과 노이즈가 혼재된 신호의 위상 주기 크기 분석

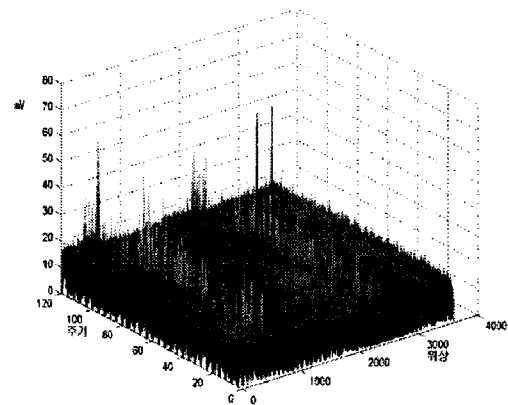


그림 5. 부분방전과 혼재된 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 1
Fig. 5. Phase Cycle Magnitude expression of signal mixed partial discharge and noise 1

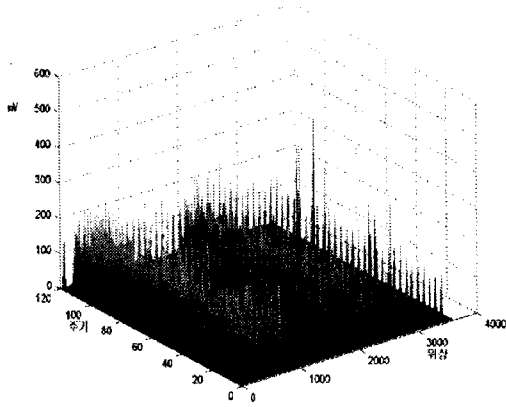


그림 6. 부분방전과 혼재된 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 2
 Fig. 6. Phase Cycle Magnitude expression of signal mixed partial discharge and noise 2

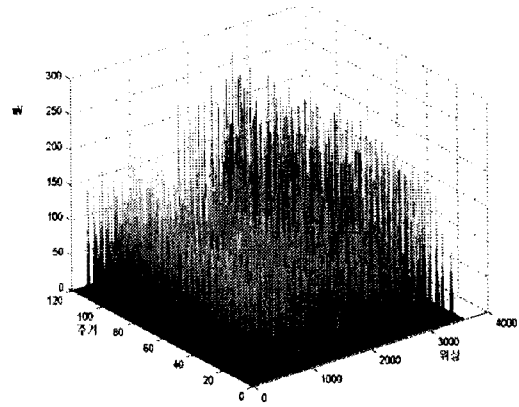


그림 9. 부분방전과 혼재된 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 5
 Fig. 9. Phase Cycle Magnitude expression of signal mixed partial discharge and noise 5

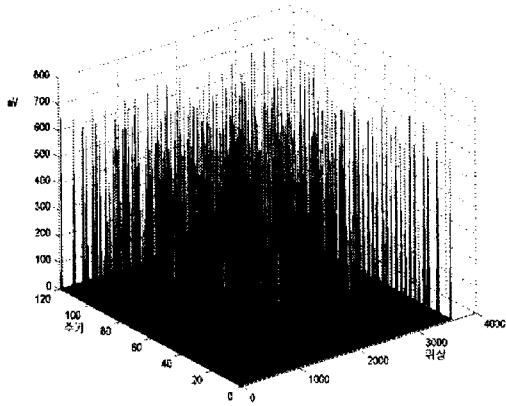


그림 7. 부분방전과 혼재된 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 3
 Fig. 7. Phase Cycle Magnitude expression of signal mixed partial discharge and noise 3

〈그림 5〉에서 〈그림 8〉까지는 부분방전과 혼재된 노이즈 유형을 나타내었다. 〈그림 5〉는 일정 위상 구간에서 발생한 부분방전보다 전 위상에 걸친 백색잡음의 크기가 작게 나타나고 있는 형태이다. 〈그림 6〉은 부분방전 신호와 백색잡음원의 크기가 비슷한 형태를 나타내고 있다. 〈그림 7〉은 부분방전보다 크기가 큰 노이즈가 전 위상에 나타나고 있다. 〈그림 8〉은 부분방전보다 크기가 큰 일정한 크기의 노이즈가 주기성을 띄고 나타나고 있으며, 〈그림 9〉는 전 위상에 걸쳐 나타나고 있지만 부분방전과 혼재되어 있는 노이즈를 특정 지을 수 없는 형태이다.

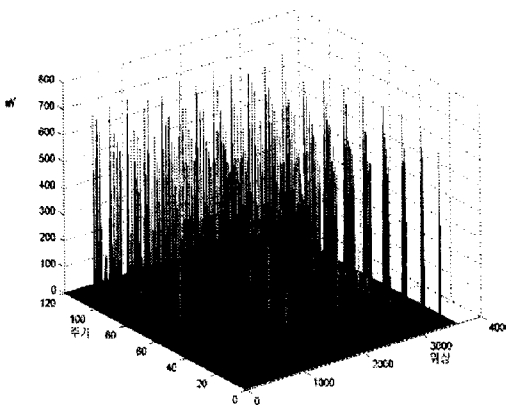


그림 8. 부분방전과 혼재된 노이즈 신호의 위상 주기 크기 표현 4
 Fig. 8. Phase Cycle Magnitude expression of signal mixed partial discharge and noise 4

표 1. 부분방전과 노이즈가 혼재된 신호의 분류
 Table 1. Classification of signal mixed partial discharge and noise

부분방전 신호와 백색 잡음 신호 복합형				
W NOISE < PD	W NOISE = PD	W NOISE > PD	PD+NOISE (일정한 크기)	PD+NOISE (불규칙 크기)

2.5 부분방전 신호와 노이즈 신호의 주파수 영역 분석

계측된 신호를 FFT기법을 이용하여 주파수 영역에서 나타내었다. 주파수 분석에 대상이 된 신호는 앞서 분류한 순수 부분방전 신호와 노이즈 성분만이 존재하는 신호를 선정 하였다. 이를 분석하여 특정 주파수 대역에서 노이즈 성분은 작고 부분방전 성분이 큰 대역을 선정 하였다. 선정된 대역에서 신호를 계측한다면 노이즈에 비해 부분방전 크기가 크기 때문에 노이즈가 혼재되어 있더라도 부분방전 발생을 검출하기가 가장 용이 할 것이다.

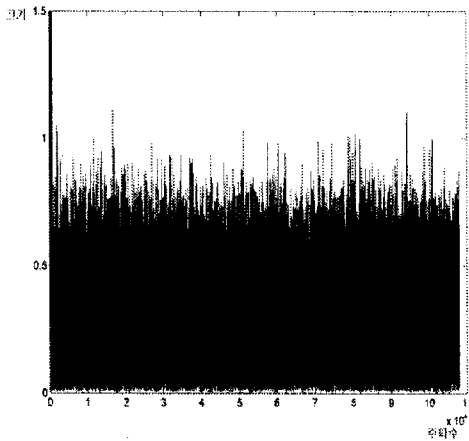


그림 10. 부분방전 신호의 주파수 영역 표현
Fig. 10. Frequency domain expression of partial discharge signal

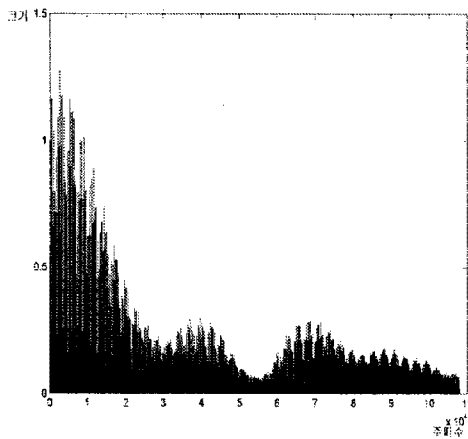


그림 11. 노이즈 신호의 주파수 영역 표현
Fig. 11. Frequency domain expression of noise signal

<그림 10>과 <그림 11>의 신호는 1/60주기에 3600개의 신호를 계측하므로 4.629×10^{-6} 의 샘플링주기를 갖고 216[kHz]의 샘플링 주파수를 갖게 된다. <그림11> 특정 대역인 50~60[kHz]사이에서 노이즈신호의 크기가 작게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이에 반해 <그림 10>에서는 전반 적으로 같은 크기의 값들이 주파수 대역에 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 비슷한 신호특성을 갖는 9개의 신호를 분석한 결과 주파수대역이 비슷한 곳에서 부분방전과 노이즈의 크기차이가 많이 나는 것을 확일 할 수 있었다. 신호를 계측하는 환경이 달라지면 크기차이가 많이 나는 주파수대역이 달라지겠지만 부분방전과 노이즈의 비가 큰 영역에서 계측할 경우 부분방전발생을 검출하기가 용이 할 것으로 생각 된다.

3. 결론

본 논문에 분석된 신호는 국내 수력발전소의 발전기에 고정자 권선용 On-line 부분방전 측정 시스템을 적용하여 계측하였다. 계측환경에서 발생하는 일반적인 노이즈의 형태는 <표 1>과 같이 분류 할 수 있다. 또한 계측 신호의 주파수분석을 통하여 부분방전 크기 크고 노이즈의 크기가 작은 주파수 대역을 선정하였다. 선정된 대역은 현장에서 부분방전 계측시 부분방전 신호를 검출하는 것이 용이 할 것으로 판단된다. 앞서 분류한 노이즈 특성을 고려한다면 외부 잡음을 패턴화 하여 부분방전측정 알고리즘에 적용한다면 노이즈 성분이 제거된 명확한 부분방전 신호를 검출 할 수 있을 것이라 생각 된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여
한국 전기 연구원 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- [1] 강동식, 윤대회 외 4명, "고압 회전기 On-line 부분방전 측정용 Ceramic Coupler 특성", 대한전기학회논문지, 제51권5호, pp204~212, 2002
- [2] 황돈하, 강동식 외 3명, "고압 전동기 고정자 권선의 절연 진단을 위한 운전 중 부분방전 측정 시스템 개발", 한국조명전기설비학회 06 춘계학술대회논문집, pp481~486, 2006
- [3] Yuki Tereo, Shico Wade, "Time-Frequency Analysis of Driving Sound and Application to Electric Machinery Diagnosis", ICSP04 Proceedings, pp.203-206, 2004
- [4] G.C. Stone, H.G. Sedding, M]. Costello, "Application Of Partial Discharge Testing To Motor And Generator Stator Winding Maintenance", IEEE Transactions pp.459, March 1996.