

터빈 발전기의 부분방전 신호 중 노이즈 제거 방법

A method to reject noise signals in partial discharge signals of turbine generator.

*박영훈(Y.H, Park), **박부견(P.G, Park), ***김성현(S.H, Kim)

Abstract - It is well known that the PD (Partial Discharge) signals are generated if insulators have some defects such as voids in electrical facility and various PD detection methods are developed for preventing electrical troubles. So, an interest for the PD signals is higher and higher according to the high concern for the defects detection method of the aging electrical facility. When the equipment to detect PD signals installed at site and it works, a lot of noises flow in the equipment from surrounding situation and it will be mixed with original PD waveform. So we can not get the desired PD waveform. Therefore, there are many trial to reject or suppress the noise from the PD signals from long times ago. The greater of them used the hardware such as bridge circuits and frequency filters to suppress the noise. This paper proposed a novel noise rejection method in acquired data from PD detection equipment. The noise has the irregular phase and higher signal level than real PD, and noise decision is performed after inspection of pulse distribution in Φ -q-n graph of acquired data from PD detection equipments. By experimental results on high voltage electric equipments, it is shown that proposed method has good performance. It is expected that this noise rejection technology is useful in numeric calculation and trend management of PD level.

Key Words : Generator, Stator, Partial Discharge, Noise, defect

1. 서론

1.1 연구배경

전력설비의 열화는 과전압, Surge, DC전원 등의 원인으로 발생하는 전기적요인, 이상 온도상승 및 열 신축 등에서 오는 열적인 요인, 외상 충격 및 축압력이상에서 오는 기계적 요인, 동식물에 의한 생물적요인 및 화학적 손상 및 열화에서 오는 화학적 요인으로 크게 분류될 수 있다. 이런 요인이 절연체 내에 Voids를 발생시키는 등 결함의 원인을 제공하고 고압이 인가되었을 경우 Void양단에 전압이 축, 방전 되면서 Voids사이에 충전된 전하사이에 Spark가 발생되어 PD(부분방전), 빛, 열, 소리의 형태로 방출되고 이를 검출하기 위해, 초음파 센서, 온도센서 및 PD센서 등에 의한 열화측정방법이 소개되고 적용되어 왔으나, 초음파 및 온도에 의한 방법은 부분방전 대비 검출시점이 늦다는 이유로 최근 PD검출에 의한 열화진단이 많이 도입되고 있는 추세이다. 특히 최근 PD 진

단기술이 현장에 활발히 적용되면서 일반적인 PD측정 기준이 아래와 같이 운용되고 있으나

GIS<2-5 pC, Bushing<10 pC, Cables<5 pC at 1.5Un

Transformers<300 pC at 1.3, <500 pC at 1.6Un

(Un: Nominal Voltage)

회전기에 대한 기준은 아직까지 명확히 제시되지 못하고 있다. 또한 현장에 PD측정을 위해 설치 운용중인 측정모듈은 주변 전자기파 영향으로 노이즈 문제가 무시할 수준 이상 검출되고 있어, 측정데이터에 대한 기준설정엔 선행해서 노이즈 제거를 통한 순수 PD신호를 검출할 수 있고 현장 적용이 가능한 노이즈 성분 제거방법이 필요하다.

2. 본론

2.1 부분방전 센서 구성 방법

본 연구에서는 발전기 고정자 권선의 PD측정을 위해 총 6개의 PD센서를 사용해서 실험했다. 주요 설치위치는 발전기 고정자 권선에서 인출되는 중성점 접지(NGR)선에서 1개, 발전기 고정자 권선 사이에 설치된 온도감시 센서에서 인출된 신호 케이블에서 5개를 각각 인출하고 활선 상태에서 실험이 이루어지도록 시스템을 구축하여 운용했다. 세부 설치 내용

저자 소개

- * 浦項工科大学 鐵鋼學科 碩士課程
- ** 浦項工科大学 電子電氣工學科 副教授
- *** 浦項工科大学 電子電氣工學科 博士課程

으로 그림 2.1.1은 고정자 권선에 설치된 온도감시용 센서를 통해 PD신호를 검출하는 원리를 도식화 하여 나타낸 것이고, 그림 2.1.2는 중성점 접지부에 PD센서 취부 모습을 담은 사진이다.

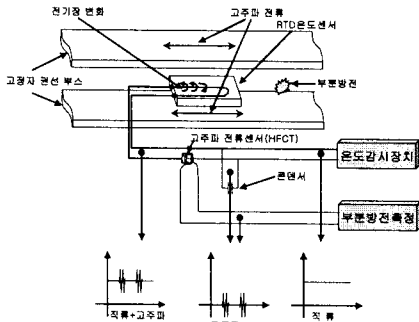


그림 2.1.1 고정자 권선에서의 PD검출 원리

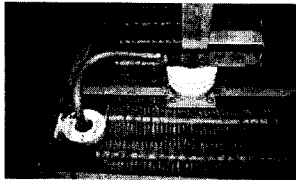


그림 2.1.2 중성점 저항 접지 라인의 RFCT장착 모습

2.2 PD 발생 원리

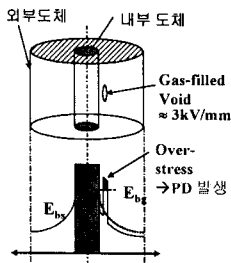


그림 2.2.1 고압케이블에서의 부분방전 발생원리

위 그림은 고압 케이블에서의 부분방전 원리를 설명하기 위해 도식화한 것으로, 절연체 내에 제조불량, 시공불량 및 경년열화에 의해 절연체 내부에 Void가 형성되었을 경우 도체에 흐르는 전압에 의해 절연체 내부의 Void 양측에 전하가 축적된다. 교류 전류가 인가되는 경우 흐르는 전류의 방향이 바뀌는 시점에 Void양측에 대전되는 전위도 바뀌게 되고, 이 때 일정 전압(E_{bg}) 이상이 되면 Spark가 발생되면서 그 에너지는 부분방전의 형태로 방출되게 된다. 그림 2.2.2에 나타난 것과 같이 Void에서 도체 측에 +로 대전되고 외측이 -로 대전되었다가 극성이 바뀌는 순간, 순간적으로 Spark가

일어나면서, 대전되었던 전하들은 부분방전의 형태로 방출되고, 다시 반대 방향으로 대전되는 절차를 반복하게 된다.

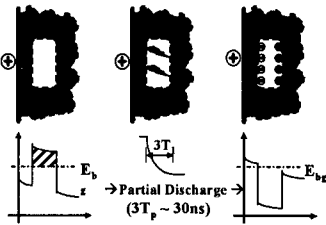


그림 2.2.2 유전체 장벽에서 부분방전 발생 원리

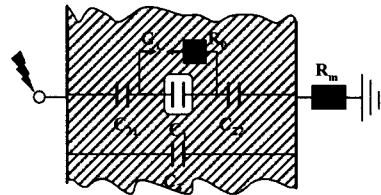


그림 2.2.3 부분방전 현상의 등가 회로(가)

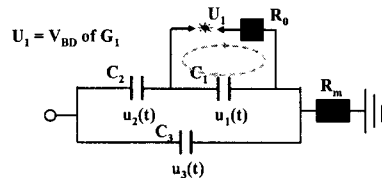


그림 2.2.3 부분방전 현상의 등가 회로(나)

위 그림은 부분방전 현상을 등가화한 것으로 일반적으로 아래의 관계가 성립한다.

$$\begin{aligned} C_1 &\gg C_2 \\ C_1 &\ll C_3 \\ C_2 &\ll C_3 \end{aligned} \quad C_2 = \frac{C_{21}C_{22}}{C_{21} + C_{22}}$$

이 때 펄스 감쇄 시정수(Pulse decay-time-constant)는 아래와 같이 알려져 있다.

$$\Rightarrow T_1 = R_0 C_1 \approx 10 - 30ns$$

2.3 본 논문에서의 노이즈 제거 방법

센서를 통해 계측되어 분석용 컴퓨터에 저장된 부분방전 데이터들 중 노이즈 신호가 갖는 특징은 위상과 관계없이 강도가 센 PD신호가 간헐적으로 전 위상에 고르게 분포된다. 이를 제거하기 위해 $\Phi-q-n$ (Φ :위상, q :강도, n :발생횟수) 도메인에 측정된 PD 신호들을 표시하고, 발생횟수 n 이 적은 데이터들을 제거하면 과거 여러 논문에 개제되어 있던 PD 거동과 같은 그래프를 얻을 수 있어, 실험을 통해 확인할 수 있었다.

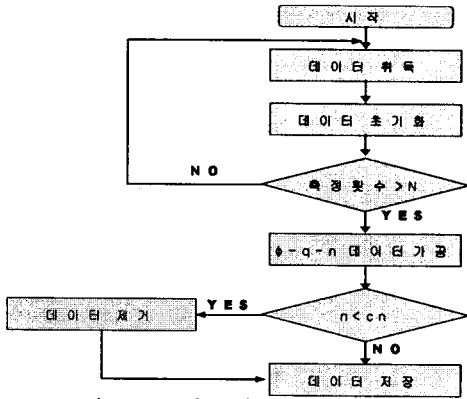


그림 2.3.1 노이즈 제거 흐름도

2.4 실험 결과

먼저 그림 2.4.1에서 기존 연구 결과로 발표된 발전기 고정자 권선에서 발생하는 순수 PD패턴을 ϕ -q-n 그래프로 확인할 수 있다. 그리고 노이즈 신호가 포함된 그림 2.4.2에서는 PD 반복횟수 n이 작은 PD가 전체 범위에 걸쳐 분포되어 있는 것을 알 수 있고, 노이즈가 제거된 그림 2.4.3에서는 그림 2.4.2에서 보이는 노이즈 성분들이 제거되었음을 알 수 있다. 또한 노이즈가 제거되더라도 그래프 형태는 크게 변하지 않고 원하는 패턴을 얻을 수 있었다.

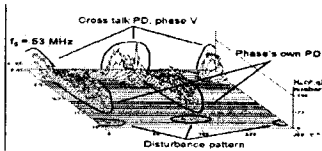


그림 2.4.1 선행 연구결과 순수 발전기 PD 패턴

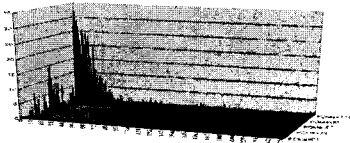


그림 2.4.2 노이즈 제거 전 PD신호의 ϕ -q-n 그래프

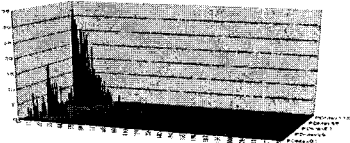


그림 2.4.3 노이즈 제거 후 PD신호의 ϕ -q-n 그래프

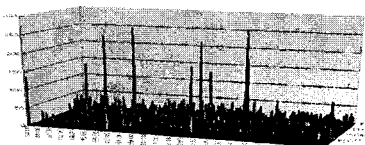


그림 2.4.4 노이즈 제거 전 Time도메인의 PD데이터

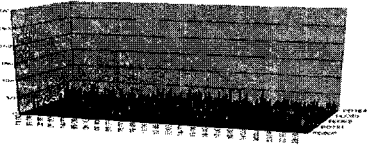


그림 2.4.5 노이즈 제거 후 Time도메인의 PD데이터

위 ϕ -q-n 그래프에서 N은 측정횟수로 충분히 커야한다. n은 ϕ -q-n 그래프에서 관측된 PD의 발생 횟수이다. 최종 저장되는 데이터 Q는 단일 PD량으로 아래의 식으로 계산된다.

$$Q_{PD} = C \cdot \frac{\sum_{\phi=1}^M \sum_{p=1}^K (Val_{(p,\phi)} \cdot p)}{N}$$

즉 Q는 정상화된 PD값으로 표현될 수 있다. 본 실험에 적용된 측정횟수 N은 288회였고, 노이즈 제거를 위해 도입된 PD 발생 횟수 n은 2를 사용했다. 실험결과는 만족할 만한 성과를 나타냈다.

그림 2.4.4는 노이즈 제거 전 Time도메인에서의 PD데이터를 도식화 한 것으로 간헐적으로 높게 나타나는 Noise를 확인할 수 있다. 그러나 노이즈 제거 후 그래프 그림 2.4.5에서는 노이즈 요소가 제거되었음을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 연구 결과에서 발전기에서 발생하는 PD신호는 위상에 따라 일정한 패턴을 가지고 분포된다는 것을 알 수 있었고, Noise는 위상에 관계없이 모든 주파수 영역에 걸쳐 분포하며 PD강도는 크나 발생빈도가 많지 않은 특성을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다. 또 본 노이즈 제거 방법을 현장에 적용한 결과 확실한 노이즈 제거 효과를 얻을 수 있었고 발전기 고정자 권선에서 발생하는 순수 PD성분 분석을 통한 고정자 권선 지지용 Wedge가 느슨해져서 발생된 부분방전 검출을 통한 발전설비의 예방정비가 가능했다.

참고 문헌

- [1] K.Itoh, Y.Kaneda, S.Kitamura, K.Kimura "New Noise Rejection Techniques on Pulse-by-Pulse Basis for On-line Partial Discharge Measurement of Turbine Generator", *Trans. of IEEE*, vol.11, No.3, pp.586-594, 1996.
- [2] S. Lee, J. Lee and W. Lee, "Diagnosis of cable joint by PD detection", *Proceedings of the KIEE Summer Annual Conference*, pp.554-556, 2002
- [3] J. Kim, N. Kim and J Lee, J. Koo, "Partial discharge detection for the power cables using AC and oscillating wave voltage", *Trans. of KIEE*, vol.48C, no.5, pp.247-252, 1999.
- [4] Dirk Russwurm, "On-site partial discharge monitoring using the differential Lemke Prove LDP-5 and its accessories", *Proceeding of HV testing, monitoring and Diagnostics workshop*, pp.8-1'8-11, 2000.
- [5] E. Lemke, T. Strehl, and W. Mosch, "Advanced partial discharge diagnostic of MV power cable system using oscillating wave test system," *IEEE Trans. on Electrical Insulation*, vol.26, no.3, pp.453-457, 1991.
- [6] E. Gulski, F. Wester, J. Smit, P. Seitz and M Turner, "PD Detection in Power Cables Using Oscillating Wave Test System," *IEEE international Symposium on Electrical Insulation*, pp.444-447, 2000