

GITr(Gas Insulated Transformer) 내부에 발생하는 PD 신호의 패턴분석을 위한 PRPD와 CAPD 적용 결과 비교

*정승용, **임윤석, *구자운, *장용무, ***강창원, ***이영상
*한양대, **전력연구원, ***PSDTech

A comparative study of the PD pattern analysis based on PRPD and CAPD for the diagnosis of Gas Insulated Transformer

*seungyong Jung, **yunsok Lim, *jayoun koo, *yongmoo chang, ***changwon Kang, ***yungsang Lee
*Hanyang Univ. **KEPRI *** PSDTech

Abstract - Partial Discharge (PD) phenomena occurred by different nature of insulating defects has been regarded as a random process by which Phase Resolved Partial Discharge Analysis (PRPDA) has been proposed and then commercially accepted for the diagnosis of the power apparatus since more than three decades. Moreover, for the same purpose, a novel approach based on the Chaotic Analysis(CAPD) has been proposed since 2000, in which PD phenomena is suggested to be considered as a deterministic dynamical process.

In this work, for the diagnosis of GITr, four different types of specimen were fabricated as a model of the possible defects that might possibly cause its sudden failures such as turn to turn insulation, inter coil insulation, free moving particle and protrusion. For this purpose, these defects are introduced into the GITr mock-up and experimental investigations have been carried out in order to analyze the related PD patterns by means of both PRPDA and CAPD respectively and then their comparisons are made systematically.

1. 서 론

도시지역을 중심으로 지속적으로 증가하는 전력수요를 공급하기 위하여 배전 손실을 줄이고 공급신뢰성을 향상시키기 위하여 도심에 옥내 지중변전소를 건설이 증가되고 있다. 또한 오일 변압기 사고 발생에 의한 환경 피해를 축소하고자 가스절연 변압기(GITr)로 기존의 설비를 대체하는 기술적 변화를 맞이하고 있다. 이러한 시장의 변화에 부응하기 위하여 GITr의 내부 결함에 의한 사고를 예방하기 위하여 형성 가능한 결함들의 판별이 요구되고 있으나 절연 진단 분석 결과가 보고 된 바는 아직 없다. 따라서, 그 방안의 하나로써 대 전력 기기들의 절연열화 진단에 주로 적용되는 부분방전을 검출하여 분석하는 기법을 GITr에 적용하는 것을 논문에서 제안하고자 한다.

부분방전 패턴 분석을 위하여, 통계적 데이터 처리에 기초를 둔 규격화된 알고리즘을 이용한 위상분해 PD분석법(PRPD)이 기존에 널리 적용되고 있다. 이 방법은, PD펄스가 발생되면 인가전압의 위상구간을 일정한 수로 나누어 각 구간에서 발생된 PD를 모두 중첩시켜서 방전의 크기, 위상, 그리고 펄스 수들이 주요한 측정 파라미터로 고려되고 있으며 이러한 파라미터들의 값을 구하기 위한 알고리즘이 다양하게 개발되고 있다[1-3]. 그러나 전력기기 내부에서 발생하는 PD의 발생원인을 명확히 구별하기에는 미흡한 점이 지적되고 있다[4]. 따라서, 본 연구를 통하여 연구팀이 최초로 제안한 카오스분석(CAPD)에 기초를 둔 새로운 방법을 GITr의 주요

결함분석에 적용하여 그 결과를 기존방법으로 얻어진 결과들과 상호 비교하여 제안된 기법들의 적합성 여부를 판단하고자 한다[5-6]. 기초 실험에 의한 결과에 의하면, 분석방법에 따라 패턴을 분석이 가능한 결함과 불가능한 결함들을 분류 할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 PD 신호의 검출

PD 신호를 검출하기 위한 실험 작업에서, 감시창에는 그림 1처럼 UHF coupler를 tank에 설치를 하였다. UHF coupler는 3개를 설치하였으며, 각 UHF Coupler 위치는 GITr mock-up에 보이고 있다. 결함으로는 4가지의 인위적인 결함을 사용하였으며, 각 결함은 절연물로 5kgf/cm²의 SF6 Gas를 Test cell에 적용하였다.

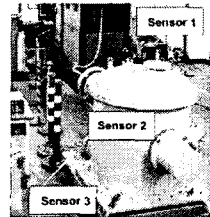
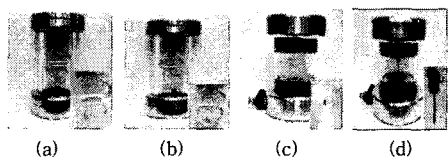


그림 1 170kV GITr Mock-up
Fig. 1 170kV GITr Mock-up

그림 2은 Inter-coil insulation, Turn to turn insulation, Free moving particle, Protrusion 결함들을 보이고 있다. 권선 결함은 절연지로 Nomex aramid 지를 사용하였고, 권선의 폭은 10.3mm이고 두께는 1.2mm를 사용하였다. Free moving particle은 ball을 사용하였으며 직경은 1mm를 사용하였고 Protrusion은 OKURA needle(r=100μ)을 사용하였다. 각 결함의 인가 전압은 inter-coil insulation : 21kV, turn to turn insulation : 17.5kV, free moving particle와 protrusion : 8kV를 인가하였다.



(a)Inter-coil insulation (b)Turn to turn insulation
(c)Free moving particle (d) Protrusion
그림 2 GITr 내부 결함

Fig. 2 Defects of inside GITr

2.2 결함들의 PD pattern

PD 신호를 검출하기 위한 주파수 범위는 0.3GHz-3GHz를 사용하였다. 계측장비로는 그림 3에 보이는 것처럼 오실로 스코프(LC574AL, bandwidth 1GHz, 2Gs/sec)를 사용하였다. PRPD pattern은 PD의 intensity와 statistical indicators인 Q_{max} , Q_{sum} , Q_{avr} , #pulse count를 사용하여 표시하였다. CAPD pattern은 세 개의 파라미터를 정규화(normalize)한 NDQs (Normalize - Differenced Quantities)를 사용하였다. 세 개의 NDQs는 정규화한 연속적인 PD펄스 크기의 차이(P_i), 서로 다른 두 개의 PD가 발생했을 때의 인가 전압 차이의 정규화량(V_i) 그리고 정규화된 두 펄스 사이의 발생시간 차이(T_i)이다. P_i , V_i 및 T_i 는 카오스분석에 기초적인 파라미터로 사용되며, 발생하는 PD펄스 사이의 상관관계는 이를 바탕으로 규명될 수 있다.

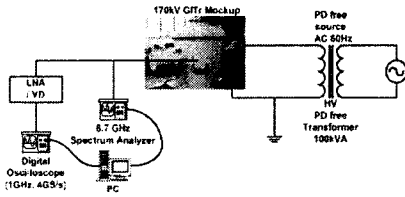


그림 3 실험 장치 구성도

Fig. 3 Block diagram of experimental set up

2.2.1 PRPDA Results

(i) Inter-coil insulation

그림 4에 의하면, PD intensity 그래프와 Statistical indicator는 1/4주기와 3/4주기에서 발생하였으며 비슷한 PD 발생량을 보였다.

(ii) Turn to turn insulation

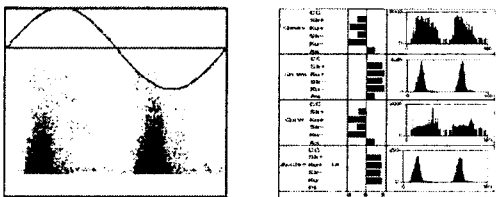
그림 5에서 PD intensity 그래프와 Statistical indicator는 1/4주기와 3/4주기에서 발생하였다. Statistical indicator에서 Q_{max} 와 Q_{avr} 는 비슷한 값을 보였으며 Q_{sum} 과 #pulse count는 인가전압의 정극성 부분에서 큰 값을 보였다.

(iii) Free moving particle

그림 6에서 PD 펄스는 등근 형태의 모양이 전 위상에서 보이고 있으며 Statistical indicator는 정극성과 부극성에서 비슷한 양을 보이고 있다.

(iv) Protrusion

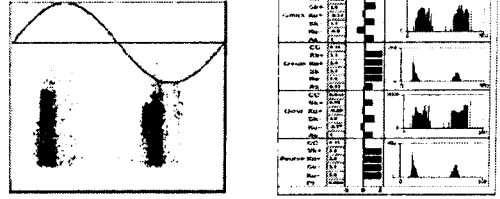
그림 7에서 PD 펄스들은 부극성에서 정극성보다 큰 intensity를 보였으며 Statistical indicator는 정극성과 부극성에서 비슷한 값을 보였다.



(a) Intensity of PD (b) Statistical indicators

그림 4 Inter-coil insulation

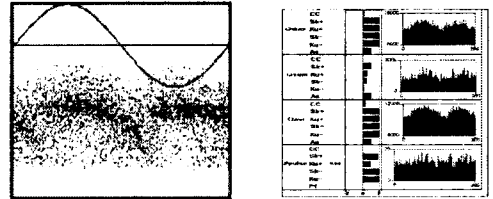
Fig. 4 Inter-coil insulation



(a) Intensity of PD (b) Statistical indicators

그림 5 Turn to turn insulation

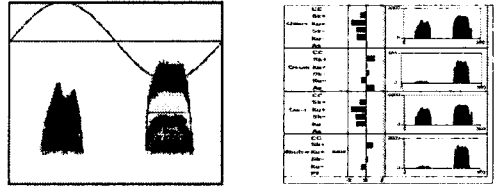
Fig. 5 Turn to turn insulation



(a) Intensity of PD (b) Statistical indicators

그림 6 Free moving particle

Fig. 6 Free moving particle



(a) Intensity of PD (b) Statistical indicators

그림 7 Protrusion

Fig. 7 Protrusion

2.2.2 CAPD Results

(i) Inter-coil insulation

그림 8에 의하면, 다른 결함들과 T_i 의 형태가 확연히 다른 것을 보여주고 있으며, 다른 NDQs 파라미터는 비슷한 형태를 보여주고 있다.

(ii) Turn to turn insulation

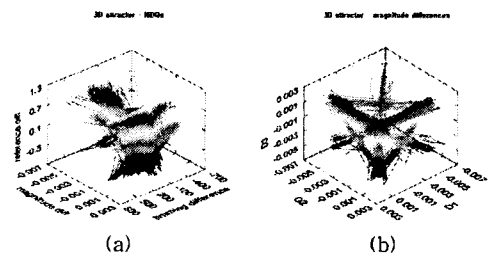
그림 9에서 T_i 의 형태가 다른 결함들과 다른 형태를 보이고 있다. Inter-coil insulation 결함의 경우 T_i 는 복잡한 형태를 보이는 것에 비해 단순한 형태를 보여 주고 있다.

(iii) Free moving particle

그림 10에서는 다른 결함들과 비교하여 T_i 와 V_i 가 확연한 차이를 보였다. T_i 는 가운데 집중적인 형태를 보이고 있으며, V_i 는 퍼져나가는 형태를 보이고 있다.

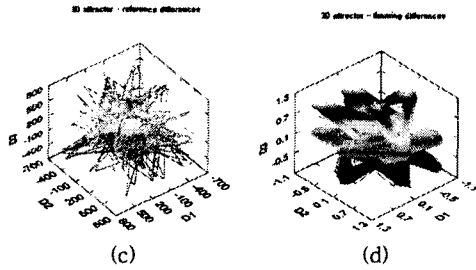
(iv) Protrusion

그림 11에서 T_i 는 Free moving particle 결함과 비슷한 형태를 보였으며, T_i , P_i , V_i , P_i , V_i 는 다른 결함들과 비슷한 형태를 보였다.

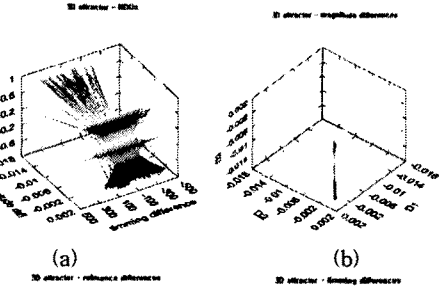
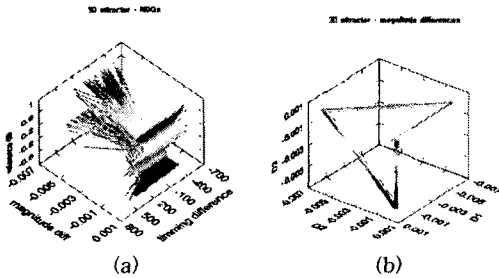


(a)

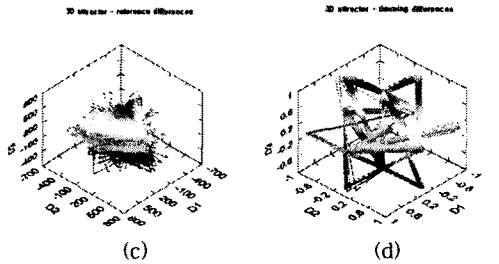
(b)



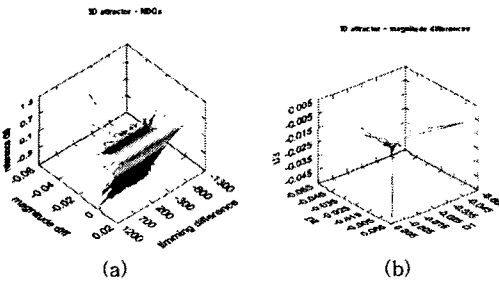
(a) $P_i - V_i - T_i$ (b) T_i (c) P_i (d) V_i
 그림 8 Inter-coil insulation NDQs
 Fig. 8 NDQs of Inter-coil insulation



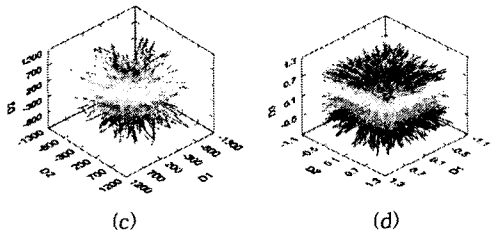
(a) $P_i - V_i - T_i$ (b) T_i (c) P_i (d) V_i
 그림 11 Protusion NDQs
 Fig. 11 NDQs of Protusion



(a) $P_i - V_i - T_i$ (b) T_i (c) P_i (d) V_i
 그림 9 Turn to turn insulation NDQs
 Fig. 9 NDQs of Turn to turn insulation



(a) $P_i - V_i - T_i$ (b) T_i (c) P_i (d) V_i
 그림 10 Free moving particle NDQs
 Fig. 10 NDQs of Free moving particle



(a) $P_i - V_i - T_i$ (b) T_i (c) P_i (d) V_i
 그림 10 Free moving particle NDQs
 Fig. 10 NDQs of Free moving particle

3. 결 론

본 연구를 통하여 GITr 내부에서 발생 가능한 주요한 결함들의 부분방전 패턴분석에 PRPDA와 CAPD 분석 방법들을 적용하여 얻어진 결과는 다음과 같이 요약 될 수 있다.

- PRPDA 분석법은 4개의 결함 중 Inter-coil insulation 결함과 Turn to turn insulation 결함을 구별 할 수 있는 패턴이 얻어지지 못하였다
- CAPD 분석법은 4개의 결함패턴이 가능하여 RPDA 분석방법이 을 보완할 수 있는 방법으로 제안 될 수 있다. 또한 NDQs 중에 T_i 는 각 결함을 분류할 수 있는 유용한 파라미터로 고려 될 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구 개발사업 (No. R-2 002-0-307, No. R-2003-0-022)와 퓨전전기기술 응용연구센터에 의해 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사합니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Edward Gluski, Computer-Aided Recognition of Partial Discharges Using Statistical Tools, Delft University Press, Delft, Netherlands, 1991.
- [2] Okamoto, T., Tanaka T., "Novel Partial Discharge Measurement Computer-aided Measurement Systems", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. 21, pp. 1015-1019, 1986
- [3] Andrej KRIVDA, Recognition of Discharges - Discrimination and Classification, Delft University Press, Delft, Netherlands, 1995.
- [4] M. Hoof and R. Patsch, "Pulse Sequence Analysis : A New Method for Investigating the Physics of PD-induced Ageing", IEE Proc-Sci. Meas. Technol., Vol. 142, No. 1, pp. 95-101, 1995
- [5] J. Y. Koo, Y. S. Lim, W. J. Kang, and Y. M. Chang, "A Possible Application of the PD Detection Technique using electro-optic Pockels Cell with nonlinear characteristic analysis on the PD signals", IEEE-CEIDP 2000, pp.531-534, 2000.
- [6] Y.S.Lim, J.Y.Koo, "Comparative Analysis of Partial Discharge Pattern from Different Artificial Defects by Means of Conventional Phase-Resolved Partial Discharge Analysis and a Novel Chaotic Analysis of Partial Discharge", Journal of the Korean Physical Society, Vol.42, No6, pp 755-764 June 2003