

외부 코로나 노이즈를 제거한 내부 부분방전 측정기법

(An internal partial discharge measurement method excepted an external corona noise)

권동진* · 진상범** · 곽희로***

(Dong-Jin Kweon · Sang-Bum Chin · Hee-Ro Kwak)

요 약

현재까지 운전중인 변압기에 전기적인 부분방전 측정기법을 적용하기 위한 가장 큰 문제점은 외부 코로나 노이즈를 제거하는 것이다. 본 논문에서는 외부 코로나 노이즈를 제거하고 변압기 내부의 결함에 의한 부분방전 신호만을 측정하는 기법에 대하여 연구하였다. 현장에서 운전중인 변압기에서의 부분방전과 코로나 노이즈의 발생 형태를 모의하기 위하여 모의 변압기 내에 침-평판 전극을 이용하여 변압기 내부 부분방전을 발생시켰으며, 동시에 변압기 외부의 공기 중에 봉-구 전극을 이용하여 외부 코로나 노이즈를 발생시켰다. 변압기 접지선에 설치한 로고우스키 코일에는 변압기의 내부 결함에 의해 발생하는 부분방전 신호와 외부 코로나 노이즈가 동시에 측정되었다. 변압기 외부에 안테나 센서를 이용하여 외부 코로나 노이즈를 별도로 측정하여, 로고우스키 코일에서 측정된 신호에서 코로나 노이즈를 제거한 결과, 변압기 내부의 부분방전에 의한 신호만을 효과적으로 검출할 수 있었다.

Abstract

The largest problem in applying the electrical partial discharge measurement method to the transformer that has been operated until now is the removal of external corona noise. In this thesis, a method was studied to measure only the partial discharge signal due to the defect in transformer except the external corona noise. To find out the types of partial discharge and corona noise within a transformer, a partial discharge was made in use of a needle-plane electrodes within a model transformer and, at the same time, an external corona noise was generated in use of a rod-sphere electrodes in the air around the transformer. Both of a partial discharge signal caused from an internal defect within a transformer and an external noise were found at the rogowski coil which was located at transformer earth wire. When the external corona noise, which was separately measured in use of an antenna sensor out of transformer, was removed from the signal measured on rogowski coil, the signal caused by partial discharge within a transformer would effectively be acquired.

Key Words : Transformer(변압기), Partial discharge(부분방전), Corona(코로나), On line monitoring(온라인 모니터링), Noise removal technique(노이즈 제거기법)

* 정회원 : 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원, 공박
** 정회원 : 숭실대학교 전기공학과 대학원, 박사과정

*** 정회원 : 숭실대학교 전기공학과 교수, 공박
접수일자 : 2000년 7월 24일

1. 서 론

변압기의 중대사고 요인인 내부절연 이상은 대부분 부분방전을 수반하므로 부분방전과 절연수명은 깊은 상관관계가 있다고 인정되어 왔다.[1-2] 특히 부분방전은 이상상태 발생시 응답이 빠른 특성을 지니고 있으므로 부분방전을 측정하면 변압기 사고를 미연에 방지하거나 감소시킬 수 있는 유효한 방식이다.[3] 변압기 내부에서 부분방전이 발생하면 접지회로에는 펄스형의 방전전류가 흐르게 되는데, 이러한 방전전류를 측정함으로써 부분방전의 크기 및 빈도를 측정할 수 있다. 부분방전이 발생할 때 동반되는 전류펄스를 운전중인 변압기에서 검출하는 방법으로는 권선 중성점에 상용주파 전류와 중첩되어서 흐르는 방전전류를 검출하는 방법과 변압기 탱크 접지선에서 검출하는 방법 및 고압 부실에서 방전전류를 검출하는 방법이 있다[4].

변압기 부분방전 측정기법은 변압기의 건전성을 평가할 수 있는 유효한 기법으로 인정되어 현재 공장시험에 적용되고 있고, 변압기의 제작, 납품시에는 필수 측정항목으로 되어 있다. 그러나, 이와 같이 일반적으로 알려져 있는 효과적인 측정기법이 변전소의 각종 전기적 노이즈로 인하여, 현장에서 운전되고 있는 변압기에는 전혀 적용되지 못하고 있다. 부분방전 측정법이 공장시험에만 적용되고 있는 가장 큰 이유는 공장에서는 실드 룸(shield room)을 이용하여 외부잡음을 수[pC] 이하로 저감할 수 있으나, 현장에서는 수백~수천[pC]에 달하는 외부잡음을 제거할 기법을 제시하지 못하였기 때문이다.

최근 신호측정 및 처리기술이 발달하여 기존의 많은 진단기법이 새로운 시각에서 접근되고 있다.[5-7] 본 연구에서는 변압기 열화의 정도를 직접 판단할 수 있는 부분방전에 의한 전기적 측정기법을 현장에 운전중인 변압기에도 적용하기 위하여, 변압기 외부에서 발생하는 코로나 노이즈를 제거하고 변압기 내부 부분방전에 의한 신호만을 감시하는 기법에 관하여 연구하였다.

현장에서 운전중인 변압기에서의 부분방전과 코로나 노이즈의 발생형태를 모의하기 위하여 시험용 변압기 내에 침-평판전극을 이용하여 변압기 내부 부분방전을 발생시켰으며, 동시에 변압기 외부의 공기 중에 봉-구전극을 이용하여 외부 코로나 노이즈를

발생시켰다. 변압기 접지선에 설치한 로고우스키 코일에는 변압기의 내부 결함에 의해 발생하는 부분방전 신호와 외부 코로나 노이즈가 동시에 측정된다. 따라서 본 연구에서는 변압기 외부에 안테나 센서를 이용하여 외부 코로나 노이즈를 별도로 측정하고, 로고우스키 코일에서 측정된 신호에서 코로나 노이즈를 제거하여 코로나 노이즈 제거기법의 타당성을 입증하였다.

2. 실험장치 및 측정방법

실험장치는 그림 1과 같이 크게 고전압 발생장치(Haefely, GC96AC, 400kV, 0.5A), 모의 변압기, 내부 부분방전 발생장치, 외부 코로나 발생장치 및 부분방전 측정장치(Tettex, TE-571)로 구성하였다.

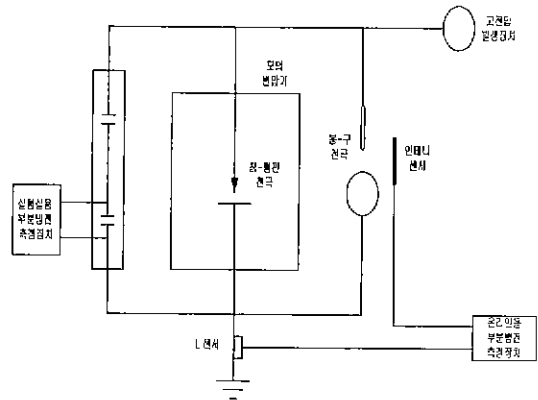


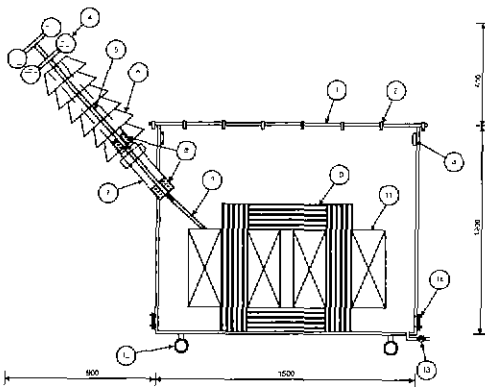
그림 1. 실험장치의 구성도
Fig. 1. Configuration of the Experimental Apparatus

그림 2는 모의 변압기의 개략도이며, 모의 변압기 내부에는 그림 3과 같이 침-평판전극이 절연유에 함침되어 변압기 내부 부분방전을 발생한다. 이 침전극에는 고전압 발생장치에서 고전압측 부싱을 통하여 고전압이 인가되고, 평판전극은 접지측 부싱을 통하여 접지되어 있다. 또한 고전압 발생장치는 외부 봉-구전극에 인가되어 변압기 외부 코로나 노이즈를 발생한다. 따라서 고전압 발생장치에서 전원을 인가하면 변압기 내부의 부분방전과 변압기 외부의 코로나 노이즈가 동시에 발생될 수 있도록 구성하였다.

고전압 발생장치는 400[kV], 0.5[A]의 고전압, 저

외부 코로나 노이즈를 제거한 내부 부분방전 측정기법

전류인 시험용 변압기로, 정밀 부분방전을 측정하기 위하여 상용의 380[V] 전압에 포함된 노이즈를 제거하는 필터(25kHz~1MHz)와 고전압 발생장치에서 발생하는 노이즈를 제거하는 필터(40kHz~400kHz)가 구비되어 있다. 또한 고전압 발생장치에서 발생한 고전압을 계측기로 측정하기 위한 결합 콘덴서(400kV, 1nF)와 실험실용 부분방전 측정장치(0~999pC/nC, 40~400kHz)로 구성되어 있다.

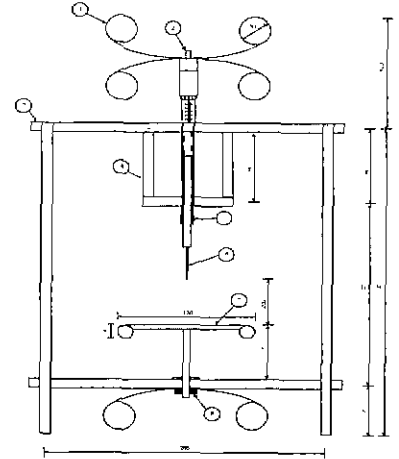


① Model transformer ② Cover ring ③ Hoist ring ④ Corona ring ⑤ Conductor ⑥ Insulator ⑦ Supporter ⑧ Insulation supporter ⑨ Inner conductor ⑩ Core ⑪ Winding ⑫ Insulation wheel ⑬ Drain valve ⑭ Earth plate
 그림 2. 모의 변압기
 Fig. 2. Model transformer

실험용 모의 변압기의 용량은 단상 50[kVA]를 기준으로 하였으며, 22.9[kV]급의 실 변압기를 내장하였을 경우에 권선과 외함 사이에서 부분방전이 발생하지 않도록 1,500(W)×1,500(D)×1,200(H)[mm]의 크기로 제작하였다. 모의 변압기 부싱의 절연내력은 75[kV]를 기준으로 oil filled epoxy molding 형태로 제작하였으며, 고전압 전원 리드는 이중 코로나 링(corona ring) 사이에 접속되도록 하여, 50[kV]까지 전원을 인가하였을 경우에도 접속부분에서 부분방전이 실험실의 노이즈 레벨인 4[pC] 이하가 되도록 하였다.

변압기 내부의 대표적인 부분방전은 그림 3과 같이 침-평판전극을 이용하여 모의하였으며, 절연파괴 사고의 진전과정인 미소한 부분방전에서부터 절연파괴까지를 임의의 크기로 발생시킬 수 있도록 제작

하였다. 특히 변압기 열화 초기형태의 부분방전을 발생시키기 위하여, 전극 이외 부분에서의 부분방전은 실험실 환경의 노이즈 레벨 이하가 되도록 제작하였다.



① Corona ring ② Micrometer ③ Insulator ④ Supporter ⑤ Holder ⑥ Needle electrode ⑦ Plane electrode ⑧ Earth terminal
 그림 3. 부분방전 발생용 침-평판전극
 Fig. 3. Needle to plane electrodes for partial discharge source

그림 3과 같이 고전압측 전극은 홀더(holder)를 이용하여 용이하게 침전극을 교체할 수 있도록 하였다. 고전압측 전극은 홀더에 삽입되는 길이로 최대 50[mm]의 전극간 거리를 조절할 수 있으며, 마이크로미터를 이용하여 최대 25[mm]의 미세거리를 조절하도록 제작하였다. 본 연구에서는 침전극과 평판전극 사이의 간격을 25[mm]로 설치하였다. 침전극에 사용된 침전극의 곡률반경은 10[μm]를 사용하였다. 평판전극은 간이 로고우스키 코일 형태로 직경 130[mm]로 제작하였으며, 미세한 돌출부를 제거하기 위하여 mirror 처리하였다.

운전중인 변압기에서 가공 송전선로나 금구류에서 발생하는 외부 코로나는 봉-구전극으로 모의하였다. 봉-구전극은 침-평판전극과 형태는 같으나, 절연유 내에 함침되는 침-평판전극과 같은 전압에서 외부 코로나를 발생시킬 수 있도록 봉의 직경을 10[mm], 구전극의 직경을 35[mm]로 제작하였으며, 봉전극과 구전극의 간격을 40[mm]로 설치하였다.

변압기에서 발생하는 부분방전을 측정하기 위하여 로고우스키 코일(clamp-on CT)을 모의 변압기 접지

전에 설치하였다 이 로고우스키 코일에는 변압기 내부의 부분방전과 변압기 외부의 코로나 노이즈가 동시에 측정된다. 변압기 외부의 코로나 노이즈는 안테나 센서를 봉-구전극에서 2[m] 거리에 설치하여 코로나에 의한 전자파 신호를 측정하도록 하였다.

부분방전 측정장치는 크게 고전압 발생장치에 부착된 실험실용 부분방전 측정장치와 온라인용 부분방전 측정장치로 구성되어 있다. 실험실용 부분방전 측정장치는 온라인용 부분방전 측정장치의 실험결과를 확인하기 위하여 사용된 것으로, IEC 270 standard에 의하여 부분방전을 측정하기 위한 시스템이다. 부분방전은 결보기 방전전하량(pC, nC)의 순시값과 시험전압의 순시값이 측정되며, 측정된 부분방전 펄스 수가 타원 또는 선 축에 연속적으로 나타난다. 또한 부분방전의 연속적인 진전을 컴퓨터에 기록하여 측정 후에 데이터를 분석할 수 있다.

온라인용 부분방전 측정장치는 현장에서 운전중인 변압기에서 자동적으로 부분방전의 지속적인 증가경향을 상시 감시하기 위한 것으로, 로고우스키 코일에서 측정된 부분방전 신호와 노이즈 측정센서에서 측정된 노이즈 신호를 비교하여, 변압기 내부 권선에서 발생한 부분방전 신호만을 측정한다. 또한 부분방전과 노이즈의 혼합신호, 노이즈 신호 및 부분방전 신호를 각각 확인할 수 있다.

온라인용 부분방전 측정장치의 최소 측정 부분방전 전하량은 0.1[pC], 최대 5[nC]이며, 주파수 대역은 40~800[kHz] 범위이다. 또한 오프라인 분석 및 실험실의 정밀 부분방전 측정을 위하여 약 200[ms]의 누적된 데이터로 부분방전의 전하량, 인가전압의 위상 및 펄스 수(3차원 Φ - Q - n 분포곡선) 등의 방전분포를 확인할 수 있으며, 부분방전 전하량은 최대 전하량뿐만 아니라, 단위시간당의 전하량과 부분방전의 수에 의해 평균 방전전류로 환산된다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 변압기 외부 코로나에 의한 펄스신호

그림 4는 변압기 외부의 봉-구전극에서 발생하는 코로나 노이즈를 안테나 센서를 이용하여 측정된 신호로, 현장용 부분방전 측정장치를 이용하여 60[sec] 동안에 발생한 부분방전 펄스를 점(point) 형태로 누적시켜 나타낸 것이다. 따라서 그림에서 점의 밀도는

부분방전의 발생빈도를 나타낸다. 봉-구전극간의 거리 40[mm]에서 외부 코로나는 인가전압 약 17[kV]부터 발생하기 시작하였다. 외부 코로나에 의한 부분방전 신호의 패턴은 공기중에서 고전압측 전극이 불평등 전계인 경우에 발생하는 전형적인 부분방전 패턴을 나타내었으며, 부분방전 개시전압 부근에서는 인가전압 주파수의 음의 반주기 최대치에서 작은 부분방전이 발생하기 시작하였다.

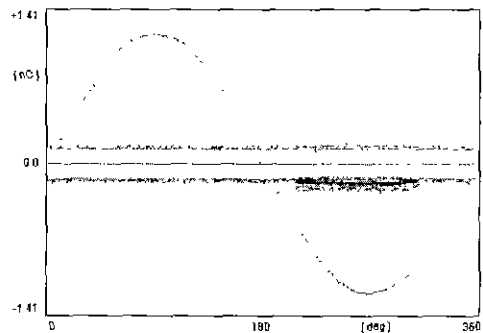


그림 4. 부분방전 개시전압 부근에서의 외부 코로나 신호

Fig. 4. External corona signal around partial discharge inception voltage (17kV)

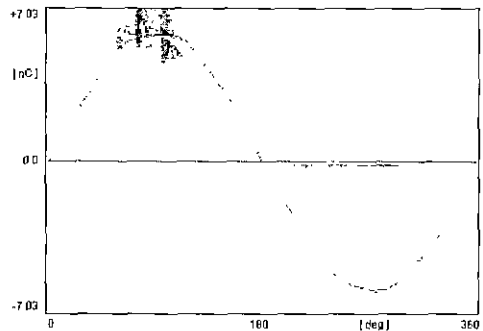


그림 5. 절연파괴 전압 부근에서의 외부 코로나 신호

Fig. 5. External corona signal around breakdown voltage (20kV)

그림 5와 같이 인가전압이 증가함에 따라 음의 반주기에서의 부분방전은 방전전하량이 크게 발생되었으며, 부분방전이 발생하는 위상각도 음의 반주기 최대치에서 인가전압의 위상각 0° 부근으로 확대되었다. 또한 인가전압이 증가함에 따라 양의 반주기에서도 부분방전이 발생하기 시작하였다. 인가전압의 양의 반주기에서 발생하는 부분방전은 음의 반주기에

외부 코로나 노이즈를 제거한 내부 부분방전 측정기법

서 발생하는 부분방전에 비해 상당히 큰 방전전하량을 나타내었으며, 부분방전이 발생하는 위상각은 전원 주파수의 90° 를 전후하여 좁게 나타났다.

그림 5와 같이 인가전압 20[kV]에서의 부분방전량은 최대 7[nC] 이상으로 거의 절연과피에 근접한 상태를 나타내고 있다. 또한 그림 5에서 음의 반주기에서의 부분방전은 거의 위상각 180° 및 360° 인 인가전압의 0 부근까지 확대되었음을 나타내고 있다.

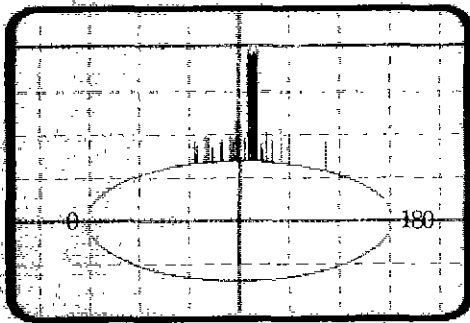


그림 6. 외부 코로나에 의한 PD 펄스
Fig. 6. PD pulses of the external corona signal (18kV, 1,000pC/div)

그림 6은 그림 5의 실험결과를 확인하기 위하여 고전압 발생장치에 부착된 실험실용 부분방전 측정장치로 측정된 것으로, 약 200[ms] 동안에 발생한 부분방전 펄스를 막대모형으로 누적시켜 나타낸 것이다. 그림 4와 같이 위상각 $70^\circ \sim 110^\circ$ 부근에서 부분방전이 발생하고 있으며, 위상각 100° 부근에서 약 2.5[nC]의 큰 방전전하량이 발생하고 있다. 또한 그림 6에서는 화면의 표시단위가 1,000[pC/div]으로 음의 반주기에서 발생하는 작은 부분방전은 거의 표시되지 않고 있다.

3.2 변압기 내부 부분방전에 의한 신호

그림 7은 인가전압 20[kV]에서 변압기 내부의 침-평판전극에서 부분방전이 발생할 경우에 접지선에 연결한 로고우스키 코일로 측정된 신호로, 절연유에 함침된 침-평판전극에서 발생하는 부분방전은 변압기 외부 코로나에 의한 부분방전의 진전과정과는 상당히 다른 패턴을 나타내고 있다.

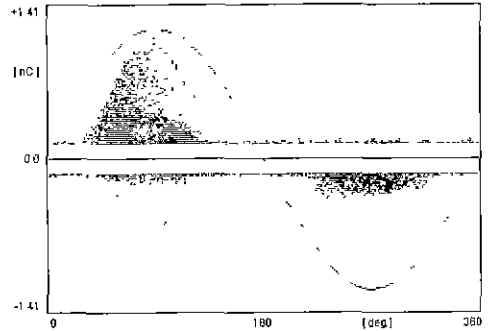


그림 7. 내부 부분방전에 의한 신호
Fig. 7. Internal partial discharge signal

그림 7에서 변압기 내부 침-평판전극에서의 부분방전은 인가전압의 양과 음의 모든 반주기에서 발생되고 있으며, 부분방전량은 양의 반주기가 음의 반주기보다 크게 나타났으나, 변압기 외부의 봉-구전극에 비해서는 그 차이가 크게 나타나지 않았다. 또한 부분방전이 발생하는 위상각은 양과 음의 반주기 최대치를 중심으로 넓게 분포되어 발생하여, 변압기 외부의 봉-구전극에서와 같이 90° 를 전후해 발생하는 큰 부분방전 형태는 발생되지 않았다.

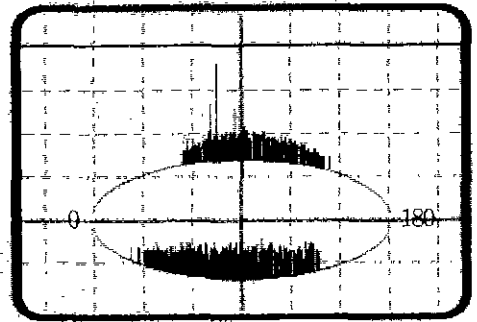


그림 8. 내부 부분방전에 의한 PD 펄스
Fig. 8. PD pulses of the internal partial discharge signal (18kV, 200pC/div)

절연유에 함침된 침-평판전극에서 인가전압의 증가에 따른 부분방전의 발생형태는 변압기 외부의 봉-구전극에서와 같이 방전전하량이 급격히 증가하지 않았으며, 봉-구전극에서는 거의 절연과피에 근접한 전압인 20[kV]를 인가한 경우에도 절연유에 함침된 침-평판전극에서의 부분방전 전하량은 변압기 외부

의 코로나에 비해 상당히 낮은 최대 약 1[nC]의 방전전하량 범위를 나타내었다.

그림 8은 그림 7의 실험결과를 확인하기 위하여 실험실용 부분방전 측정장치로 측정한 것으로, 그림 7과 같이 위상각 60~130°, 230~320° 부근에서 약 200[pC]의 전하량을 가진 부분방전이 집중하여 발생하고 있음을 볼 수 있다.

3.3 변압기 내부 부분방전과 외부 코로나에 의한 신호

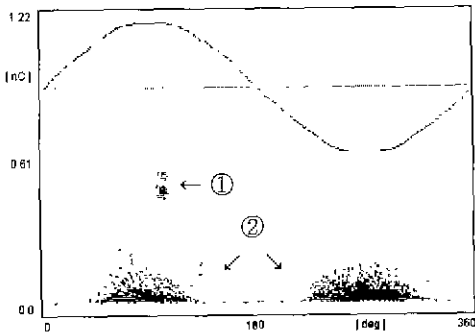


그림 9. 인가전압 19kV에서 내부 부분방전과 외부 코로나가 중첩된 신호

Fig. 9. Superimposed signal of internal partial discharge and external corona at 19kV applied.

그림 9는 인가전압 19[kV]에서 변압기 내부의 부분방전과 외부의 코로나 노이즈가 동시에 발생할 경우에 변압기 접지선의 로고우스키 코일에서 측정된 부분방전 신호를 단일 극성 패턴으로 나타낸 것으로, 그림 4의 외부 코로나 신호와 그림 7의 내부 부분방전 신호가 중첩되어 나타났음을 알 수 있다.

그림 9에서 인가전압 양의 반주기에서 발생하는 큰 방전전하량의 신호 ①은 그림 5에서와 같은 외부 코로나에 의한 노이즈 신호이며, 양의 반주기와 음의 반주기에서 발생하는 작은 방전전하량의 신호 ②는 그림 7에서와 같은 변압기 내부 부분방전에 의한 신호이다.

이러한 신호 패턴은 현장에서 운전중인 변압기에서 내부의 부분방전과 가공선로에서의 코로나가 동시에 측정되는 것과 같은 상황으로, 이와 같이 두 신호가 중첩되어 나타난다면 기존의 부분방전 측정기법으로는 변압기 내부에서의 부분방전 신호와 변압기 외

부에서의 코로나 신호를 구별하기 곤란할 것이다.

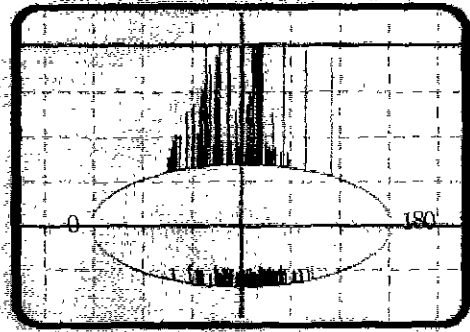


그림 10. 내부 부분방전과 외부 코로나에 의한 PD 펄스

Fig. 10. PD pulses of internal partial discharge and external corona (18kV, 200pC/div)

그림 10은 그림 9의 실험결과를 확인하기 위하여 실험실용 부분방전 측정장치로 측정한 것으로, 위상각 60~120°, 230~300°에서 발생한 약 200[pC]의 전하량을 갖는 신호는 변압기 내부의 부분방전에 의한 신호이며, 70~110° 부근의 600[pC] 정도의 전하량을 갖는 신호는 변압기 외부의 코로나에 의한 신호임을 확인할 수 있다. 물론 그림 5에서와 같이 외부 코로나에 의한 신호는 70~110° 부근에서 전하량 약 100[pC]의 신호도 포함되어 있는 것으로 판단된다.

3.4 변압기 외부 코로나 노이즈를 제거한 신호

그림 11은 그림 9의 상태에서 안테나 센서에서 측정된 외부 코로나 노이즈 신호를 그림 9의 로고우스키

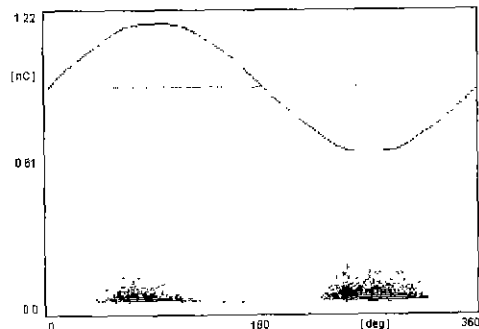


그림 11. 코로나 노이즈 제거한 부분방전 신호
Fig. 11. Partial discharge signal removed corona noise

외부 코로나 노이즈를 제거한 내부 부분방전 측정기법

키 코일에서 측정된 신호에서 제거하고 변압기 내부 부분방전 신호만을 측정하는 것이다.

그림 11과 같이 외부 코로나 노이즈를 제거한 신호는 그림 9에서의 ①과 같이 위상각 $70\sim 110^\circ$ 부근의 코로나 노이즈가 제거되고, 위상각 $60\sim 120^\circ$, $230\sim 300^\circ$ 에서 발생한 변압기 내부의 부분방전에 의한 ②의 신호만이 측정되었다. 이는 그림 7의 내부 부분방전만에 의한 부분방전 신호 패턴과 상당히 유사함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 현장에서 운전중인 변압기에 전기적인 부분방전 측정기법을 적용하기 위하여, 현재까지 가장 큰 문제점으로 지적되어 온 외부 코로나 노이즈를 제거하고, 변압기 내부의 결함에 의한 부분방전 신호만을 측정하는 기법에 대하여 연구하였다.

현장에서 운전중인 변압기에서의 부분방전과 코로나 노이즈의 발생형태를 모의하기 위하여 시험용 변압기 내에 침-평판전극을 이용하여 변압기 내부 부분방전을 발생시켰으며, 동시에 변압기 외부의 공기 중에 봉-구전극을 이용하여 외부 코로나 노이즈를 발생시켰다.

변압기 접지선에 설치한 로고우스키 코일에는 변압기의 내부 결함에 의해 발생하는 부분방전 신호와 외부 코로나 노이즈가 동시에 측정되었으며, 변압기 외부에 안테나 센서를 이용하여 외부 코로나 노이즈를 별도로 측정하여, 로고우스키 코일에서 측정된 신호에서 코로나 노이즈를 제거한 결과, 변압기 내부의 부분방전에 의한 신호만을 효과적으로 검출할 수 있었다.

따라서, 변압기의 진단기법 중에 가장 신뢰성이 높은 부분방전 측정기법을 노이즈 처리기법을 적용하여 현장에서 운전중인 변압기에 적용하면, 현재 유중 가스분석기법에만 의존해 있는 변압기 진단기술을 한 단계 향상시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- (1) D. A. Nattrass, "History of Partial Discharge Research", IEEE Trans. E, Magazine, Vol. 9, No. 4, pp.27~31, 1993.
- (2) H. Kaward et. al., "Partial Discharge Automatic Monitor for Oil-Filled Power Transformer", IEEE Trans. PAS, Vol. 103, No. 2, pp.422~428, 1984.
- (3) W.J. Carter, "Practical Aspects of Apparent Charge Partial Discharge Measurements", IEEE Trans. PAS, Vol. 101, No. 7, pp.1985~1989, 1982.
- (4) 久保義昭 外, "變壓器部分放電自動監視裝置の開発とフィールド試験", 電氣學會, Vol. 26, No. 3, pp.10~18, 1982.
- (5) 권동진 외, "765kV 변전기기 예방진단시스템 개발", 한전 전력연구원 보고서, pp.1~123, 1999.
- (6) 권동진 외, "전력용 변압기 예방진단시스템 센서 적용 기법", 한전 전력연구원 보고서, pp.1~29, 1998.
- (7) 권동진 외, "변전설비 진단기술 개발 연구", 한전 전력연구원 보고서, pp.1~159, 1998.

◇ 저자소개 ◇

권 동 진 (權東震)

1963년 1월 20일생. 1986년 2월 서울 산업대학교 전기공학과 졸업. 1992년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업(석사). 1995년 8월 숭실대학교 전기공학과 졸업(박사). 1995년 6월~현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.

진 상 범 (陳相範)

1970년 11월 11일생. 1995년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1997년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 숭실대학교 전기공학과 박사과정.

곽 희 로 (郭熙魯)

1942년 3월 1일생. 1967년 서울공대 전기공학과 졸. 1978년 호주 New South Wales 대학원 전기공학과 졸(석사). 1986년 중앙대 대학원 전기공학과 졸(박사). 1986년 M.I.T. Visiting Scientist. 현재 숭실대 공대 전기공학과 교수. 당 학회 부회장.