

22.9kV 애자에서 발생한 자외선과 초음파의 비교

송길목·방선배·김영석·정진수·김선구
전기안전연구원

Comparison with Ultra-Violet and Ultra-Sonic Generated by an Insulator at 22.9kV

Shong Kil-Mok·Bang Sun-Bae·Kim Young-Seog·Jung Jin-Soo·Kim Sun-Gu
Electrical Safety Research Institute(KESCO-ESRI)

Abstract - Recently, diverse techniques for diagnosis on power equipments of the live wire conditions are developed. These techniques are very important that find out the fault signs in power equipments. This paper is Compared with Ultra-Violet and Ultra-Sonic Generated by an Insulator at 22.9kV. The volume of UV images are increased by the square of the applied voltage. The output signals of ultrasonic are detected at about 20kV to 30kV. Hereafter, through the continuous DAQ and analysis, these techniques are the effective method for the improvement of the exciting diagnosis.

1. 서 론

최근 전력설비 진단기술이 정전작업 등 비활선 상태의 진단에서 무정전 또는 비파괴의 활선상태의 진단으로 발전하고 있다. 또한 광범위한 지역에 설치되어 있는 전기설비의 효과적 검사를 통해 시간과 비용을 최소화하고 있다. 따라서 진단기술은 고장 징후를 찾아내어 분석한 후 적절한 조치를 취하는 데 그 목적이 있다. 전력계통의 설비고장은 전기적, 기계적, 환경적 요인 등에 의해 발생하고, 절연이 열악한 위치에서부터 가장짐, 초음파, 자외선 등 확인할 수 있는 형태로 파괴되기 시작한다. 이후 항복전압이상에서 아크방전으로 진전되면서 대량의 아크가 주변 설비에 영향을 미친다. 따라서 고장을 미연에 방지하기 위한 전기설비 진단 또는 검사는 고장의 파급을 막기 위해 매우 중요한 기술 중 하나이다[1],[2].

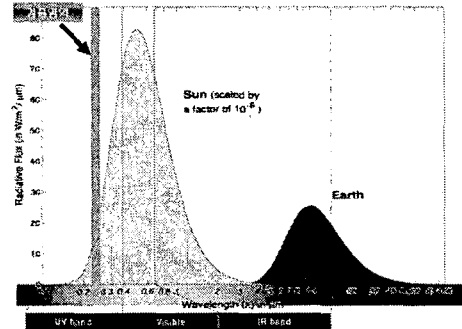
본 논문은 현장에서 이용되는 진단기법 중 초기방전이 시작되었을 때 발생하는 초음파 또는 자외선 영역을 효과적으로 검출하여 전력설비의 이상유무를 판단하기 위한 기초연구 중의 하나이다. 전기고장에 있어서 주요한 예측인자가 되는 설비의 코로나 발생을 검출하여 분석함으로써 고장을 미연에 방지할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있다. 22.9kV 현수애자에서 전압을 증가시키면서 기중 절연파괴 과정 중 발생하는 초음파 또는 자외선 카메라(DayCor II, Ofil Ltd., Israel)를 이용하여 진단이 상호보완적이고 용이하도록 하였다. 향후 전기안전을 위한 검사기법의 기준을 제시하여 전력설비의 이상유무를 판단하는 자료로서의 활용이 기대된다.

2. 본 론

2.1 초음파와 자외선 영역

일반적인 화재의 경우 눈으로 관측이 가능하다. 그러나 전기에너지에 의한 경우 줄열에 의해 전선이나 케이블, 부싱(bushing)에서 발열이 될 수 있다. 이때 관측이 가능한 장비로서 적외선 열화상 장치가 있다. 적외선 열화상 장치의 특징은 전기설비의 과부하, 절연파괴 등에 의해 발생하는 열에너지를 효과적으로 검출하여 사고를 미연에 방지하는 계통이나 전력설비 등에 많이 이용되고 있다. 그러나 줄열이 이미 발생하고 있다면 전기재료에 손상을 주어 설비의 오염이 진행된 상태로 사고의 파급을 미연에 방지할 수는 있으나 이미 재료의 소손은 진행되었을 가능성이 높다. 미소한 누설전류가 흐를 경우 기중에서는 눈에는 보이지 않으나 초음파 또는 자외선이 방출된다. 기존 코로나 검출장치는 초음파를 집중하여 확인하는 방법으로 안테나와 증폭장치 등이 있었다. 이에 대한 단점으로는 대상물의 코로나 발생위치를 정확하게 분석할 수 없으며, 검사자의 주관에 따라 타겟이 벗어난 경우 코로나 검출을 실패할 수도 있다. 최근 배전선로에서의 검사 신기술로서 유용하게 이용될 수 있는 코로나 카메라는 초기 방전현상에서 발생하는 자외선을 집중하여 영상으로 보여주는 특징을 가진다. 따라서 기존의 검출장비에 비해 비주얼하고 효과적으로 대처할 수 있으며, 정확한 방전위치를 검출하는 것이 가능하게 되었다. 가정주파수 영역인 20Hz 에서 약 20kHz까지의 범위에서 발생하는 경우에는 주변의 영향에 의한 잡음이 심해 현실적으로 어려움이 많았다. 최근 기술의 발달로 이러한 상시발생 잡음을 제거할 수 있는 기술이 개발되어 일부 현장에서 사용되고 있다. 자외선 영역을 갖는 주파수는 10¹⁶Hz에서 7.5×10¹⁴Hz의 범위를 말한다. 코로나 방전에서 발생하는 주파수 영역 중 초음파와 자외선 영역의 범위를 검출함으로써 효과적인 판단기준의 마련이 될 것으로 기대된다[3-5].

지구상에 자연발생에 의한 자외선의 경우 기존의 내용을 정리한 사항은 그림 1에 나타난다. 그림 1은 태양과 지구 표면에서 발생되고 있는 흑체방사곡선(black body emission curves)에서 알 수 있듯이 일반사항에서의 자외선 영역을 벗어나 자외선 센서에 의해 검출가능한 영역을 선택하여 설비 진단이 이루어지게 된다.

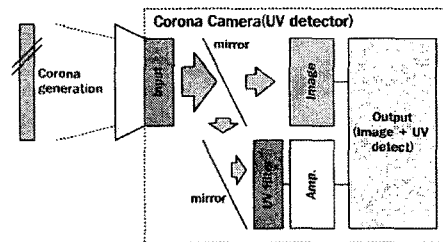


〈그림 1〉 태양 및 지구표면의 흑체방사곡선

자외선 검출센서는 220nm에서 280nm의 범위에서 검출이 가능한 것으로 잡음에 의한 영향을 최소화 할 수 있는 장점을 가진다[6].

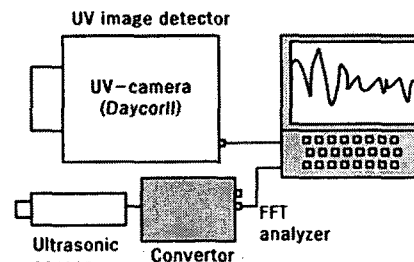
2.2 실험방법 및 구성

본 연구의 실험방법에 있어서 고전압발생장치(Hipotronics, 0~200kV, USA)를 이용하였으며, 실험실조건은 온도 20℃, 습도 60%를 유지하고 있는 차폐실에서 수행하였다. 대상 시료는 국내에서 가장 널리 이용되고 있는 25kV 자기애자로서 고전압을 발생시키며 이때 발생하는 초음파와 자외선에 대해 상관성을 입증하고자 하였다. 측정장치는 코로나를 탐지할 수 있는 센서와 자외선을 이미지로 받아 분석할 수 있는 장비(DayCor II, Ofil Ltd., Israel)를 이용하였다. 측정방법은 공급전압을 10kV, 20kV, 30kV, 40kV, 50kV, 60kV, 70kV로 단계별로 증가시키면서 초음파탐지기에서의 이득을 1과 6으로 설정하여 신호전압출력을 기록하고, 각 인가전압 구간별로 주파수변환(FFT) 분석을 수행하였다[7].



〈그림 2〉 자외선 검출장치 개략도

전력설비에서 발생하는 코로나 방전에서 자외선 및 초음파를 검출할 수 있는 센서를 효과적으로 설치하여 전력설비에서 절연파괴되면서 방전될 때의 특성을 비교분석하기 위하여 그림 3에서와 같이 실험을 구성하였다. 측정거리는 5m로서 일정하게 유지하였으며, 자외선 이미지의 이득을 120에 위치한 상태에서 촬영하였다. 초음파 센서의 이득은 1에서부터 6까지로서 1과 6에서 각각 측정하여 그 특성을 비교하였다.



〈그림 3〉 실험장치 구성 개략도

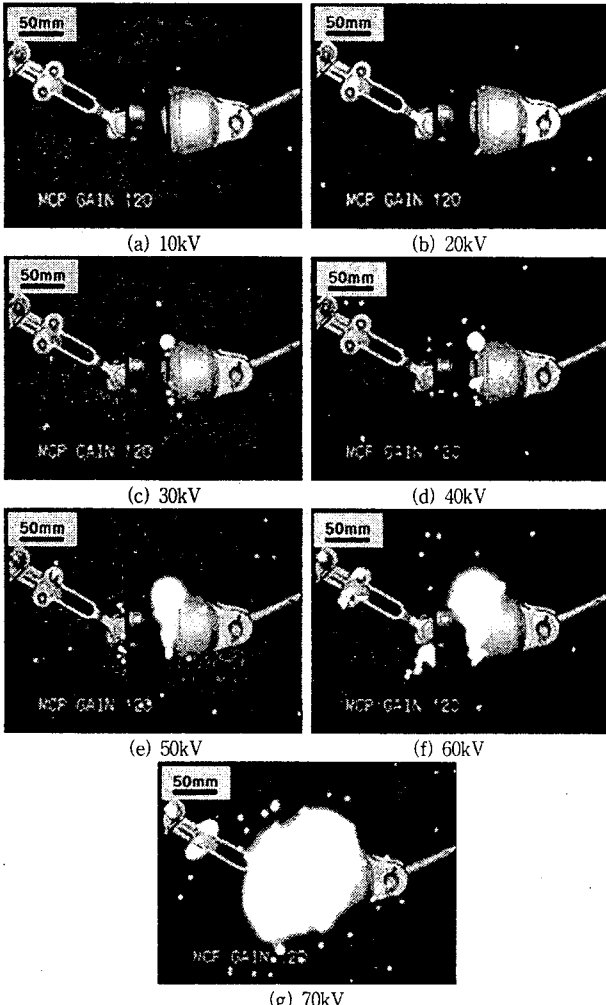
코로나에 의해 발생하는 자외선을 이미지화 하여 검출하였으며, 초음파의

경우 센서를 통해 검출된 부분을 주파수 변환하여 분석하였다[10]. 확산측정기술의 정확성을 위해 반복된 실험결과를 분석하여 그 결과를 정리하였다.

2.3 실험결과 및 토론

2.3.1 탄화도전로 형성과정 촬영

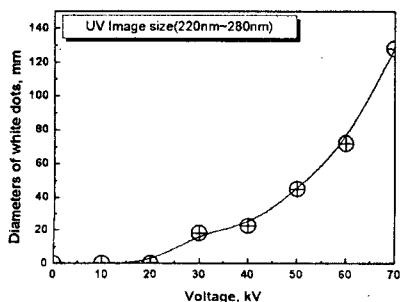
그림 4는 공급전압 단계별 절연파괴될 때까지의 코로나 방전에 의한 자외선 이미지 검출 이미지를 나타낸 것이다. 그림 4(a)는 10kV일 때이며, 10kV씩 총 70kV까지 증가시켰다.



〈그림 4〉 코로나 방전에 의해 발생하는 자외선 이미지

그림 4(c)에서 알 수 있듯이 자기애자와 주석으로 주물된 집속부위에서 코로나에 의한 자외선이 발생하는 것을 찾을 수 있다. 발생위치가 명확하며, 발견된 지점으로부터 전압이 증가할수록 자외선 이미지의 반경이 증가하는 것을 발견하였다. 자기애자의 정격전압이 25kV이므로 이보다 높은 전압에서 기중 방전이 진행되는 것을 확인할 수 있다. 그림 4(f)에서는 자기애자의 좌측면에서 자외선이 검출되었다. 검출지점이 자기애자를 중심으로 좌측과 우측에 나타났으며, 기중 절연파괴가 임박한 경우에는 그림 4(g)와 같이 자외선 이미지가 겹쳐져 더 큰 반경의 이미지가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 그림 4에서 나타난 자외선 이미지의 직경을 공급전압별로 하여 곡선으로 나타낸 것으로 그 평균값을 보여준다.

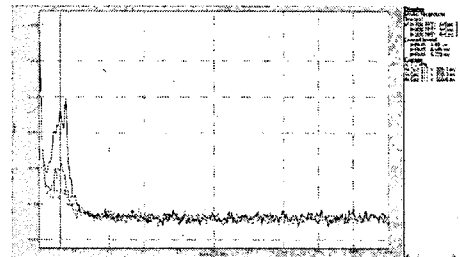


〈그림 5〉 공급전압별 자외선이미지의 크기 비교곡선

2.3.2 주파수 응답특성

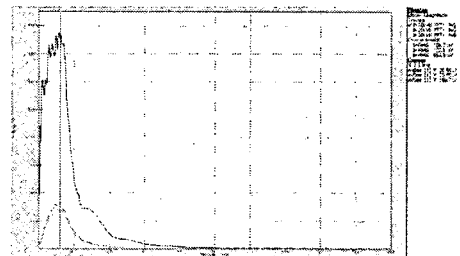
초음파 센서에 의해 측정된 자료를 이용하여 시간신호를 검토하여 보면, 각각 그림 6과 그림 7에서 나타나는 바와 같다. 공급전압이 증가함에 따라 신호출력이 증가하는 특성을 보이며, 코로나 방전이 시작되는 초기부분인 약 20kV와 30kV에서 출력이 미세한 것으로 나타났다.

주파수분석결과를 검토하여 보면, 대체적으로 코로나가 발생하기 시작하는 부분에서 약 1.2kHz 대역의 성분이 증가함을 알 수 있다. 이득 1과 6의 경우를 비교하여 보면, 이득 1의 경우 인가전압의 증가에 따라 신호출력도 증가하나, 이득 6의 경우 50kV 이상에서는 거의 변화가 없는 것으로 조사되었다. 이는 이득 6으로 신호를 증폭하였을 경우 50kV인가시 신호출력부터 거의 최대가 되어 버리는 것으로 판단된다. 또한 이득 1일 경우 10kV에서 1.2kHz 성분이 미미하나, 이득 6일 경우 10kV에서 1.2kHz 성분이 확연하게 나타나는 특성을 보였다. 이득 1인 경우 40kV에서부터 신호출력이 급증하였으나, 이득 6일 경우 30kV에서부터 신호출력이 급증하였다. 따라서 이러한 현상을 검출하여 분석하였을 경우 애자의 파손 여부를 확인하기 위한 정밀진단이 요구되는 사항이다.



〈그림 6〉 이득 1 설정시 전압(10kV~30kV)에 따른 주파수 응답 특성

그림 7에서 나타난 전압별 주파수 응답특성은 그림 6에서 이득 1일 때의 주파수 응답특성에 비교하여 좀더 구분이 뚜렷하였다. 그러나 공급전압에 있어서 이상 징후가 우려될 경우 이상유무를 구분하고 판별하기 위한 구분은 그림 6에서 분석이 가능한 것으로 판단된다.



〈그림 7〉 이득 6 설정시 전압(10kV~30kV)에 따른 주파수 응답 특성

3. 결 론

전력설비의 진단은 그 종류와 특성에 따라 다양한 기법으로 운용되고 있는 것이 현실이다. 그러나 정확한 분석과 진단기술을 통해 전력설비의 안전 여부를 판단하는 데는 한계가 있다. 본 연구에 있어서도 기존에 사용되는 측정 및 분석기기를 다양한 조건에서 수행하여 그 판정기준을 만드는 데 있다. 향후 지속적인 데이터 수집과 분석이 이루어진다면 기존의 안전진단 방법을 개선하는데 매우 효과적인 것으로 판단된다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Substations", 2002
- [2] Stanley Siu et al., "Utility of CHARM-2 in Diagnosing Sources of Plasma Charging Damage in High Density Etchers and in Assisting Hardware Development", 2002th IS on P&PID, pp.80~83, 2002
- [3] Kohji Hohkawa, "Study on Photo-induced Acoustic Charge Transport Effect in GaN Film", IEEE 0-7803-8846-1/05, pp.421~424, 2005
- [4] Victor J. Norris, et al., "Performance Comparison of Visual, Infrared, and Ultraviolet Sensors for Landing Aircraft in Fog", IEEE 0-7803-5749-3/99, pp.5.D.2-1~5.D.2-19, 1999
- [5] Vahe NERGUIZIAN, et al., "Intelligent Sensors for Ultra Violet Detection", 2004 IEEE ICIT, pp.991~995, 2004
- [6] Jong-Kuk Yoon, et al., "Controllable On-Line UV Sensor Using a Side-Polished Fiber Coupler with Photofunctional Polymer", IEEE PT letters, VOL. 15, NO. 6, pp.837~839, JUNE 2003
- [7] Robert P. Lucht, "Absorption based UV-Sensors for Combustion Processes", SIcon '01, pp.300~302, NOV. 2001