

코로나 카메라를 이용한 불량애자 검출사례 분석

김호수¹, 김필환², 유영각³, 구경완⁴, 김효진⁵, 김대식⁶
충남대학교¹, 충청대학², 영동대학교³, 한국전기공사협회^{4~6}

Analysis on the Degradation of Insulators using Corona Camera

H.S. Kim¹, P.H. Kim², Y.K. You³, K.W. Koo⁴, H.J. Kim⁵, D.S. Kim⁶
Chungnam Nat'l Univ.¹, Chungcheong College², Youngdong Univ.³, KECA^{4~6}

Abstract - Insulator that is used in electric power equipment superannuation and being damaged disorder can. Such as defected insulator has repair or change must because defective influence in electrical equipment. There are many method developed for detecting the defected insulators, analyzed various test of devide voltage, electric field, ultrasonic and discharge pulse. But methods of detecting ultrasonic of discharge, electric field or leakage current could not application in the field. In this paper, we compare the advantage and the limitation of the method to detect defected insulator, and wish proposed using corona camera.

1. 서 론

전력용 절연물로 사용되는 애자는 기계적 강도와 전기적 내구성의 2가지 기능을 가지도록 설계되지만, 사용환경상 열화가 불가피 하다. 사용기간 동안 항상 전기적, 기계적, 열적 스트레스의 영향을 받으며, 사용 환경에 따라서는 오염물질에 크게 노출되어 있는 경우 열화는 더욱 가속되게 된다.

자기 애자의 경우 표면장력이 크기 때문에 침수 특성을 가지고 있으므로 염분이나 기타 다른 물질에 의해 오염되어 습윤되면 누설전류가 증가하고 부분방전이 발생하게 된다. 누설전류와 부분방전으로 열의 발생이 반복되어 축적되면 소재간의 열팽창계수 차이로 인하여 계면 탈락 현상이 일어나거나 크랙이 발생하게 되고 그 부위에 전계가 집중되어 최종적인 절연파괴에 이르게 된다. 또한, 고분자 애자는 표면이 오염되면 누설전류가 증가하고 부분방전이 발생하는 현상은 자기애자와 비교하여 정도의 차이가 있을 뿐 유사하며, 이때 발생되는 열로 인하여 표면이 화학적으로 분해됨으로써, 표면에 탄화도전로가 형성되는 트래킹 현상이 발생하게 된다. 이때 형성된 탄화 도전로는 계속적으로 누설전류를 증가시키면서 확대되어 최종적인 절연파괴에 이르게 된다.

이처럼, 애자가 열화되어 절연파괴에 이르기 까지 발생되는 인자를 이용하여 네온램프식 불량애자 검출장치, 초음파 및 전자파 검출식 불량애자 검출장치, 전계측정식 불량애자 검출장치, 열화상식 불량애자 검출장치 등 다양한 방법이 애자의 열화진단에 적용되고 있으나, 신뢰성 및 활선 검출작업시의 안전성 등과 관련하여 많은 문제점이 제기되고 있어, 전력설비의 유지 및 보수의 효율성에 크게 저하되고 있는 실정이다.

이에, 본 연구에서는 옥외 절연물의 열화기구를 분석하고, 최근 구미, 북미 등의 지역에서 널리 활용되고 있는 코로나 카메라를 이용한 애자 열화진단의 가능성을 정량적으로 분석하여 제시하고자 한다.

2. 열화기구 및 검출방법

2.1 애자의 열화기구

전력용 절연물은 고전압이 인가되어 있는 도체를 허용

된 공간에 유지시키기 위한 구조물로서 절연물을 통한 전기에너지 손실이 최소가 되도록 전기적인 면에 있어서 절연체이어야 하며, 송배전용 절연물의 경우 항상 전압이 가져져 있고 요구 수명이 수십년 정도이므로 기계적 강도 및 전기적 내구성의 기능을 가지도록 설계된다. 그러나, 제조공정 중에서의 미세한 결함, 각종 사용환경에 따른 카본 및 금속 산화물, 염분 등과 같은 전도성 물질에 의한 오손, 낙뢰와 같은 이상전압, 플래시오버, 온도변화 등과 같은 기계적, 전기적, 환경적, 열적 요인으로 인하여 열화가 불가피 하다. 이렇듯 복합적인 원인으로 인해 열화된 애자의 경우 절연저항저하, 전류, 분담전압, 전자계 등의 변화 및 부분방전으로 인한 열, 음, 전파 등이 발생하는 특성을 보인다. 그림1은 애자의 열화 요인에 따른 열화 진행과정 및 열화에 의해 발생되는 물리적 특성을 나타내고 있다.

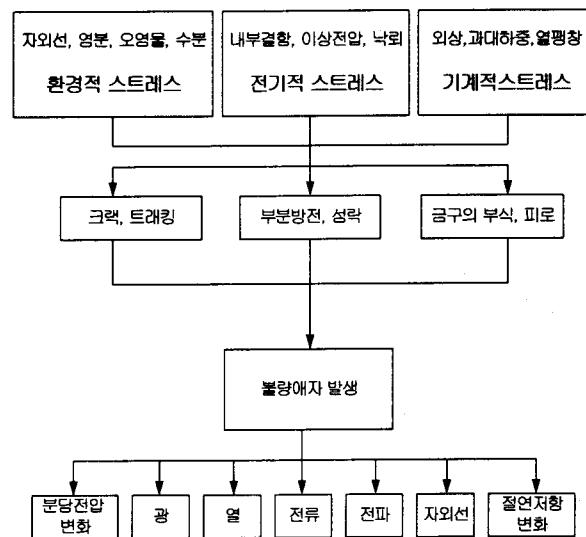


그림 1 애자의 열화 메커니즘

Fig. 1 Degradation mechanism of Insulator

그림1에서처럼 복합적인 원인으로 인하여 열화된 애자에서는 다양한 특성을 나타내며, 이를 이용한 여러 진단방법이 개발되어 사용되고 있으나, 외부 요인에 의하여 현장 적용에 많은 어려움을 가지고 있다.

직접측정방법인 전압, 전류, 절연저항 측정 및 전계식 측정의 경우 절연물 측정은 대체적으로 정확하게 측정될 수 있으나, 그밖에 전력설비 및 작업의 효율성이 용이하지 않다. 또한, 초음파 및 열화상 카메라를 사용하는 경우 대체적으로 애자의 열화 정도를 측정함에 있어 직접 측정방법에 근사한 정확성을 가지고 있으며, 장주상태 및 통전상태 등의 측정에 있어서도 용이 하지만, 초음파 방식의 경우 전전애자와 불량애자의 구분이 어렵고, 열

화상 카메라를 이용한 경우 측정위치 따른 애자의 열화 정도가 다르게 나타날 수 있으므로 측정에 어려운 점이 많다.

3. 코로나 카메라를 이용한 열화진단

3.1 카메라 원리

100~300 nm의 범위를 갖는 자외선은 대기권의 온존층에 의해 지구에 도달하지 못하고 차단된다. 따라서, 불량애자에서 발생되는 240~280 nm의 자외선 영역을 측정하는 코로나 카메라는 태양으로부터 방사되는 자외선의 영향을 받지 않는다. 그림 3은 공기중의 코로나 방전 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림3에서 보듯이 코로나는 매우 약한 방사로 검출하기 어렵다. 그럼에도 이 영역에서 각각의 광자들은 영상 CCD 카메라 감지를 나타내기에는 충분하다. 그래서 몇 퍼코-클통보다 낮은 코로나 방전은 10 m의 거리에서도 보여질 수 있다. 이러한 기법을 실현시키기 위해 240~280 nm의 파장은 잘 투과하고 태양 빛이나 그 밖의 다른 파장은 필터에 의해서 차단시킬 수 있는 화학적 필터의 기술 개발로 광전 효과들을 막을 수 있다. 이러한 필터와 CCD카메라의 조화로 눈으로 볼 수 있는 낫 뿐만 아니라 어둠속에서도 약한 코로나 근원의 영상을 보여주는 것이 가능하다. 자외선 광자들이 감지될 때 화면상에 플래시 같은 작고 많은 점들로 구성되어 묘사된다. 그럼 3은 코로나 카메라의 이미지를 더욱 잘 묘사될 수 있도록 해주는 CCD의 구조도 있다.

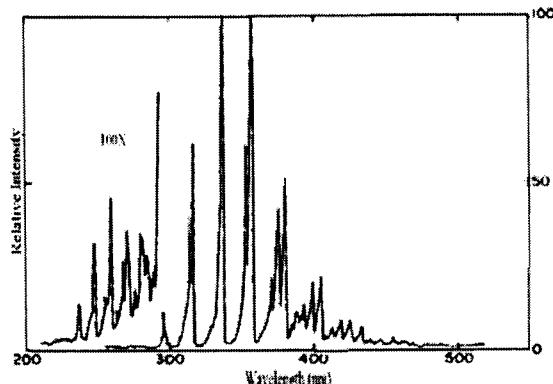


그림 2 공기중의 코로나 방전 스펙트럼
Fig. 2 Typical corona discharge spectrum in air

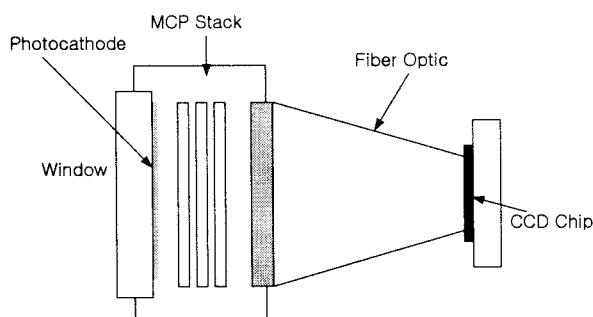


그림 3 CCD의 구조
Fig. 3 Image Intensified CCD Construction

3.2 영상구현의 원리

그림4는 코로나 카메라의 구조도이다. 그림에서 보듯

이 자외선 이미지는 직접 솔라 블라인드 필터에 향하고 그리는 동안 가시광선은 두 거울을 통해 반사되어 카메라 렌즈에 들어간다. 솔라 블라인드 필터에서는 파장의 범위에 따라 광 방사로부터 몇몇의 광자들이 통과하고 그 나머지는 반사시킨다. 통과된 파장은 자외선 센서에 의해서 6 m의 거리에서 30 pC, 50m의 거리에서 100 pC 방전량 까지 측정할 수 있으며, 이러한 센서에 의해 측정된 파장은 전기적 신호로 변화되고 증폭되어 일반영상과 2중으로 포개져 나타난다. 부분방전을 갖는 애자나 열화된 애자는 자외선 센서에 의한 감지로 결합 부분을 하얀서들로 부여주고, 전전상태의 애자는 일반영상을 나타내며 정확히 분간할 수 있도록 한다. 이러한 코로나 카메라의 가장 큰 특징은 150 m의 거리에서도 측정이 가능할 뿐만 아니라 비행체의 플랫폼에서 송전라인의 구역을 검사할 수 있다.

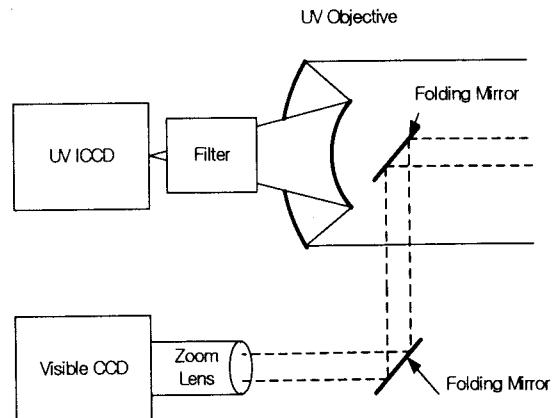


그림 4 코로나 카메라의 블록 다이아그램
Fig. 4 Block diagram of corona camera

3.3 코로나 카메라의 적용사례

그림5와 그림6은 송전선로에서 관측된 불량애자의 코로나 활동의 예를 보여준다. 이 불량애자의 원인으로 Sheath안의 큰 크래를 가진 것으로 발견되었다. 비록 코로나 활동이 한 불량한 구성요소를 지시할 지라도 어찌면 양호한 것일지도 모른다. 예로써 도체 위에 새들의 배설물이나 죽은 벌레의 결과로 나타나기도 한다. 그러므로 관측자들은 불량으로 지시된 것과 양호한 코로나 지시 근원 사이의 특징들을 구별할 수 있는 능력을 가져야 한다.

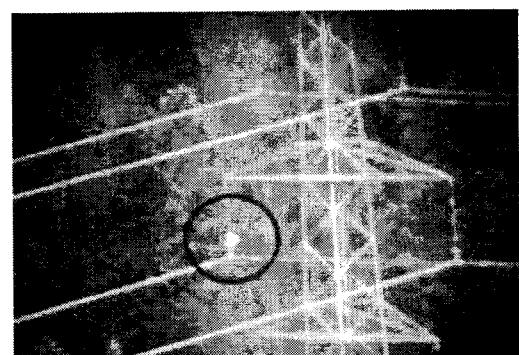


그림 5 헬리콥터로부터 송전라인의 불량애자 검출
Fig. 5 The image of corona discharge on the power transmission line from the helicopter

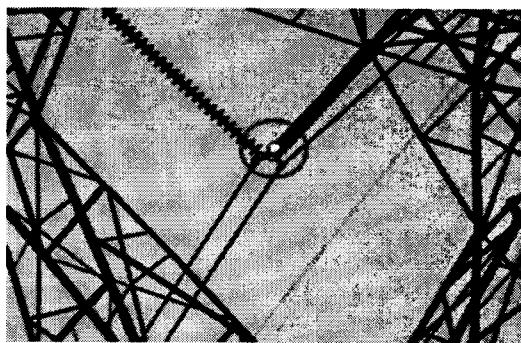


그림 6. 500kV 불량한 자기애자련으로 관측된 코로나 활동

Fig. 6 Defective 500kV porcelain insulator string

그림 7은 변전소에 설치된 포스트애자에서 발생되는 코로나 현상을 측정한 것이다. 최근들어 변전소 안에서 코로나 카메라를 이용한 검사 기술이 적용되고 있으며, 현장검사가 실행되어 설비 구성원들은 평가를 받고 현장에서 교체되고 있다. 검사 받거나 평가받는 부분으로는 lighting arrestors, support posts, 애자, 부싱 그리고 오염된 절연체 등이다.



그림 7. 69kV 포스트로 부터의 방전활동

Fig. 7 Arcing from a 69kV post

비록 코로나 활동이 배전 시스템에서는 일반적으로 행해지지는 않지만 종종 그림8과 같이 측정된다. 따라서, 코로나 카메라는 배전 시스템의 검사를 위한 유용한 장비로 사용될 수 있다.

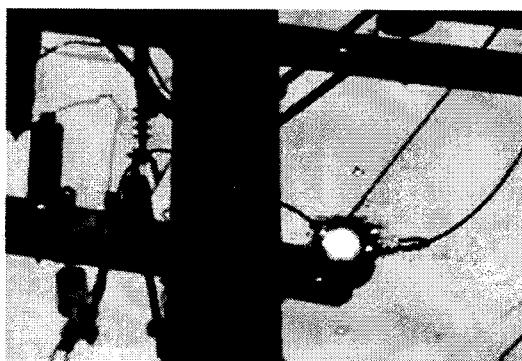


그림 8. 배전라인에서 크랙된 자기애자의 Arcing

Fig. 8 Arcing from a cracked 23.4kV porcelain insulator

4. 결 론

전력설비의 효율적인 유지 및 보수를 통한 전력에너지의 안정화 및 고품질화를 위해 향후 국내의 전력계통 및 기술현황을 고려한 절연물 열화진단 방법을 제시하기 위한 일환으로 코로나 카메라를 이용한 불량애자 검출방법을 국외에서 수행된 사례를 토대로 정량적으로 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

송·배전 및 변전시설 등 다양한 전력설비에서 열화된 절연물을 검출할 수 있었으며, 또한 검출결과의 신뢰성 및 활선 검출작업시의 안전성이 우수함으로 현장에서 코로나 카메라를 이용한 전력설비의 절연물 건전성 평가가 가능할 것으로 판단되며, 추후 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국전기공사협회(KECA-2002-04)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] R.C. Dugan, M.F. McGranaghan, H.W. Beaty, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, 1996.
- [2] "송전선용 불량애자검출기", NGK review, 제 44권, 1983.4
- [3] Ravi S.Gorur, Edward A.Cherney, Jeffrey T.Buruham , "Outdoor Insulators", pp. 112-144
- [4] "초고압 송전선로의 불량현수애자 검출기 개발", 전력연구원, 1996.11
- [5] "배전선로 불량애자 검출장치 개발연구", 한국전력공사, 1994.12
- [6] M. Lindner, S. Elstein, P. Lindner,J.M.Topaz,"Daylight Corona Discharge Imager",IEEE Conf. Publ. No.467,pp. 349-352,1999
- [7] 강창원, 송일근, 김주용, 이병성, 강대수, "배전용 불량애자에서의 전자파 부분방전 검출장치 개발", 대한전기학회 학계학술대회 논문집, 2001. pp1667-1669
- [8] Hayes, J.P., "Pseudo-Boolean Logic Circuits", IEEE Trans. Computers, vol. C-35, no. 7, pp. 602-612, July 1988.
- [9] Ravi S.Gorur, Edward A.Cherney, Jeffrey T.Buruham , "Outdoor Insulators", pp. 112-144
- [10] Hayes, J.P., "Pseudo-Boolean Logic Circuits", IEEE Trans. Computers, vol. C-35, no. 7, pp. 602-612, July 1988.
- [11] M. Lindner, S. Elstein, P. Lindner,J.M.Topaz,"Daylight Corona Discharge Imager",IEEE Conf. Publ. No.467, pp. 349-352,1999
- [12] "절연설계의 합리화", 電氣協同研究, 제 44권 3호, 1988.12
- [13] "송전용 애자장치", 電氣協同研究, 제 34권 2호, 1979.9
- [14] Snell. J, Renowden J, "Improving result of thermo graphic inspections of electrical transmission and distribution lines", IEEE ESMO-2000 9th Conf, pp. 134-144, 2000