

누설전류 측정을 통한 옥외절연물 오손도 측정

이부원, 김성중, 박우용, 김영달
한밭대학교

Study for Measurement of Polluted Outdoor Insulations Using Leakage Current

Bu-Won Lee, Sung-Jung Kim, Woo-Yong Park, Young-Dal Kim
HANBAT NATIONAL UNIVERSITY

Abstract -This study describes a comparison leakage current properties between a polluted insulator and insulator subjected to salt polluted condition. Exposure tests at a sea coast test and the leakage current of insulators, climate conditions, and salt deposit density were measured during the tests. Appearance of leakage current for the insulator was affected by the humidity and the salt deposition on the surface. comparison of leakage current under salt polluted conditions. salt polluted test and humidity tests were carried out in laboratory using the same insulator profiles in order to determine the leakage current patterns during critical conditions

1. 서 론

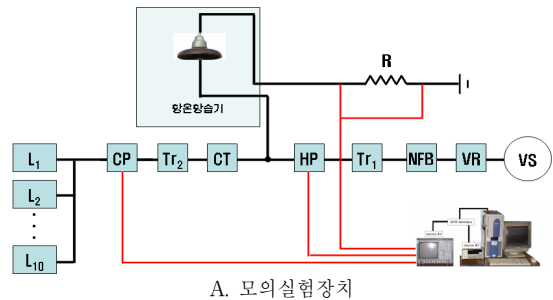
국내의 경우 과거 대부분의 연구가 한국전력공사(전력연구원)를 중심으로 이루어 졌다. 1970년대까지 국내의 오손관련 연구는 한국전력공사에서 1969~1972년에 걸쳐 9개소, 1976~1978년에 걸쳐 80개소에 대한 오손도를 측정하고 이에 대한 단순 분석결과를 제시하는 수준에 머물러 있었다. 1980년대에 들어서면서 절연 설계 분야 및 오손분야에 대한 중요성을 인식하고 한국전력공사에서 1981년부터 전국의 약 300여 개소에 대한 오손도 측정을 수행하였으며, 1988년에는 그 결과를 바탕으로 Dot형식의 오손맵을 작성하고, 일본과 유사한 해안도달거리별 오손등급을 설정하였다. 또한, 1990년에는 오손도 감시, 애자별 위험오손도 판정, 애자세정 방법 및 시기 등의 내용을 포함하는 배전선 내오손보수기준(잠정)을 제정하였다. 하지만, 국내의 경우에 있어서도 불량애자 검출기법 및 염해 오손도 정밀에 관한 연구가 전기공사협회나 한국전력공사 등의 기관을 통해서 수행되었으나 오손도 기준안에 대한 제시 및 더 나아가 실시간 오손도 측정에 관한 직접적인 연구는 전무한 실정이다. 일본의 경우, 전기협동연구회와 전기학회, 전력중앙연구소를 비롯한 학술·연구기관은 물론 전력회사 및 NGK 등을 중심으로 1950년대 이래로 옥외 절연물의 오손과 관련한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 전기협동연구회의 경우, 계절풍 및 대풍에 따른 해안도달거리별 오손등급을 설정하는 등 옥외 절연물의 오손관련 연구의 기반을 확고히 한바 있으며, 500kV 송전실증시험연구위원회, 직류송전기술검토위원회, UHV송전특별위원회, UHV교류송전실증시험위원회, 절연설계합리화전문위원회의 설립 및 운영을 통하여 초고압 송전시스템의 절연설계기법을 확립한 바 있다. 이 연구는 여러 가지 애자의 열화와 염진해로 인한 오염도와 누설전류와의 관계를 알 수 있고 불량애자 검출과 오손 감지에 대한 개념 및 계획 수립을 할 수 있다. 비합리적인 정기적 유지보수 정책을 탈피 할 수 있으며, 누설전류 측정으로 애자의 오염도에 관한 누설전류당 오염도에 관한 누설전류당 오염도에 대한 평가표를 작성할 수 있다. 일괄적 유지보수로 비효율적인 효과를 나타낸 오염애자의 유지보수를 누설전류량을 통해 오염상태를 평가가능하게 할 것이다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 실험 방법

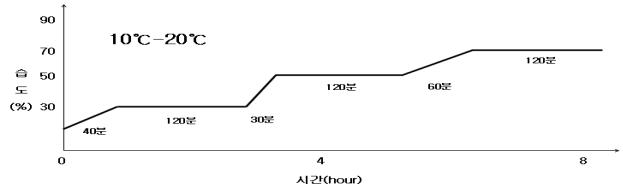
220[V] 전원(VS)을 투입해 승압용 주상변압기(TR₁)를 이용하여 10[kV]의 고압으로 승압해 고압선로를 모의하였으며, 이를 다시 강압용 주상변압기(TR₂)를 이용하여 200[V]로 실제 수용가에서 사용하는 전압으로 강압하였다. 강압된 전압단에 부하(L)를 설치하여 수용가에서의 사용을 모의하였다. 또한, 송전선로에서의 절연물을 모의하기 위하여 10[kV]로 승압에서 한 선을 분기하여 현수애자에 연결하였다. 현수애자는 항온

항습기안에 설치하였으며 이 항온항습기를 이용하여 옥외 절연 물에 영향을 미치는 기후 중 중요한 인자로 알려져 있는 온습도 제어가 가능하도록 하였다. 전원측에서 일정한 전압을 공급하기 위해 전압조정기(VR)를 사용하였고, 전원측 보호를 위하여 배전 용 차단기(NFB)를 설치하였다. 고압선로의 저압측정을 위해 고압 probe(HP)를 이용하였는데, 이는 부하측 전류나 누설전류의 측정을 함에 있어서 순간적으로 발생하는 이상전압을 측정하여 이에 의한 부정확한 결과치를 사전에 방지하기 위한 측정이다. 주상변압기 사이 고압선로에는 22.9kV CNCV 60SQ 전력케이블을 사용하였다. 또한, 고압선로의 전류측정을 위해 전류측정 클램프(CT)를 설치하였으나 안전성 및 보다 정밀한 측정을 위해 저압측에 전류 probe(CP)를 설치하여 실시간으로 전류값과 전류에 포함된 고조파성분을 측정하였다. 절연용 애자에 흐르는 누설 전류 측정을 위해서 애자의 접지측에 전압측정용 저항(R)을 이용하였다. 고압, 전류 및 누설전류 데이터는 4ch 오실로스코프를 통하여 취득되어 PC에 저장될 수 있도록 하였으며, 추가적으로 항온항습기의 온도 및 습도 데이터 역시 실시간으로 PC에 저장될 수 있도록 시스템을 구축하였다. 아래 그림은 본 연구에서 국내 실험실에 구축한 실험 장치를 보여주고 있다.



2.1.1 실험조건

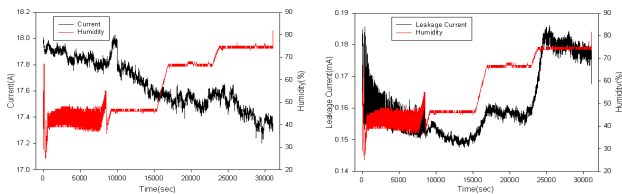
본 연구에서는 앞에서 언급한 바와 절연물의 오손에 영향을 미치는 기후인자 중 온도와 습도의 제어를 통하여 절연물의 절연 성능에 따른 전류 및 누설전류에 대한 특성을 측정하였다. 온도는 10, 20, 25, 30, 35[°C]로 하였으며, 습도는 30~90[%]까지 변화를 주었다. 온도와 습도는 항온항습기의 프로그램 제어를 이용하여 제어하였으며, 측정시간은 8~10시간정도로 하였다.



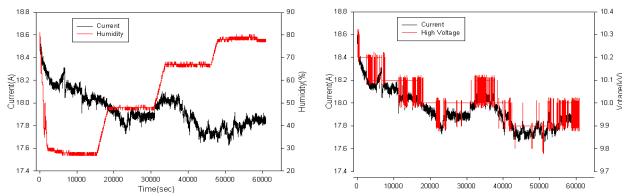
B. 온도에 따른 시험조건

2.2.1 실험 결과 및 고찰

각 조건에서 습도를 높이기 위해 상승시간이 약 30분~1시간 정도 소요되며 설정된 온도와 습도값에 도달한 경우 2시간 동안 그 상태를 유지하여 애자의 절연성능에 영향을 주게 된다. 온도와 습도에 대한 데이터 역시 실시간으로 오실로스코프를 이용하여 취득하였다. 그림은 각각 온도 및 습도의 변화에 따른 전류값과 고조파성분에 대한 값을 보여주고 있다.

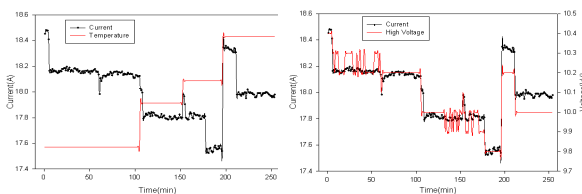


(c) 25°C에서 습도에 따른 전류 (d) 25°C에서 인가전압에 따른 누설전류

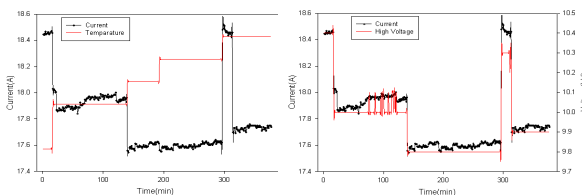


(e) 35°C에서 습도에 따른 전류 (f) 35°C에서 인가전압에 따른 전류

C. 습도에 따른 저압측 전류 측정결과



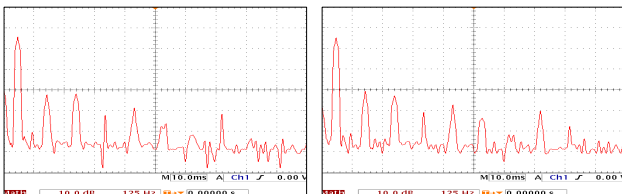
(a) 습도 50%에서 온도에 따른 전류 (b) 습도 50%에서 인가전압에 따른 전류



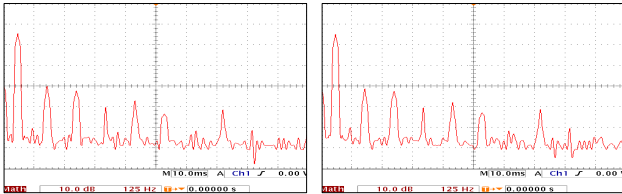
(c) 습도 70%에서 온도에 따른 전류 (d) 습도 70%에서 인가전압에 따른 전류

D. 온도에 따른 저압측 전류 측정결과

그림에서처럼 선로에 흐르는 전류는 온도나 습도와 관계없이, 절연물의 절연성능과 무관함을 알 수 있다. 전류값은 오직 선로에 인가된 전압에 비례하고 있다. 전류값을 측정하는 것으로는 온도 측정방법에 적용할 수 없음을 알 수 있었다. 이에, 본 연구에서는 선로에 흐르는 전류의 고조파성분에 대해 측정하였다. 그 결과를 그림 E에서 보여주고 있다. 50[%] 이상의 높은 상대 습도에서 온도의 변화에 따라 전류의 고조파성분이 다소 증감하고 있기는 하지만 특별한 이벤트가 존재하지 않음을 알 수 있다. 그러므로 현재의 측정방법과 결과에 의존해서는 불량에자 검출 및 애자의 오손측정을 위한 지표로 적용이 어렵기 때문에 좀더 정밀도가 높은 시험방법에 도출되어야 할 것이다.



(a) 50%, 10°C에서 전류 고조파 (d) 70%, 10°C에서 전류 고조파

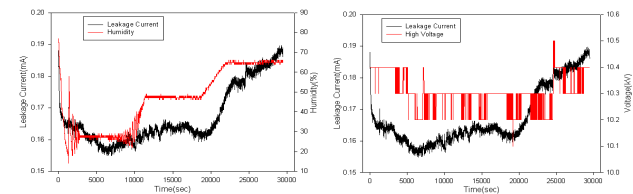


(c) 50%, 35°C에서 전류 고조파 (f) 70%, 35°C에서 전류 고조파

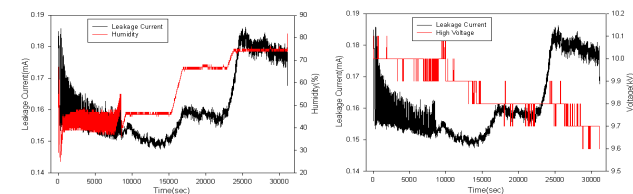
E. 저압측 전류의 고조파 성분 측정결과

3. 결 론

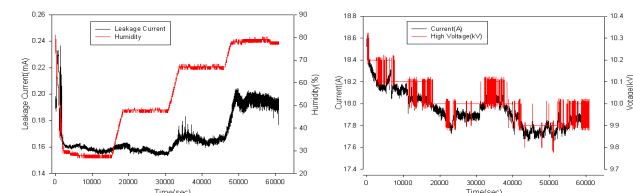
누설전류측정결과로 불량에자 및 온도 측정 기술을 평가하기 위해 절연물인 애자에 흐르는 누설전류에 대한 분석을 수행하였다. 건전상태의 절연물에 흐르는 누설전류값이 불량에자 혹은 온도된 애자인 경우 즉, 절연성능이 저하된 경우에는 어떤 값을 갖게 되는지를 분석한 결과를 F그림 에서 보여주고 있다. 그림을 보면 누설전류는 습도와 비례관계가 있음을 알 수 있다. 낮은 습도에서는 누설전류값이 거의 변화하지 않다가 상대습도가 50[%] 이상일 때, 누설전류값도 급격히 증가함을 알 수 있다. 이는 절연물의 오손에 습도가 큰 영향을 미치고 있다는 것을 나타내고 있다. 누설전류와 인가전압과의 관계를 나타낸 그림을 보면, 누설전류의 크기 역시 인가전압에 어느 정도는 영향을 받고 있지만, 25[°C]의 경우에서 볼 수 있듯이 인가전압은 누설전류에 절대적인 영향을 주지 못함을 알 수 있다. 이것은 누설전류의 크기가 인가전압이 클수록 커질 수는 있으나, 습도 등의 기후인자와 온도상태에 따른 절연성능에 더 상관관계가 있다는 것을 의미한다. 또한, 전류에서와 마찬가지로 온도에 따른 누설전류의 값에 대한 분석도 수행하였으나 온도는 누설전류에 간접적인 영향을 줄 수는 있지만 습도에서와 같은 상관관계를 보여주지 못하였다. 이러한 원인은 온도의 증가에 따른 습도의 증가에 대한 결과만을 반영하였기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 차후에 수행될 온도관련 시험에 있어서 온도물질 뿐만 아니라 온도의 증가에 따른 습도의 증가에 대한 추가시험이 수행되어야 한다.



(a) 10°C에서 습도에 따른 누설전류 (b) 10°C에서 고압에 따른 누설전류



(c) 25°C에서 습도에 따른 누설전류 (d) 25°C에서 고압에 따른 누설전류



(e) 35°C에서 습도에 따른 누설전류 (f) 35°C에서 고압에 따른 누설전류

F. 습도 및 고압에 따른 누설전류

본 연구는 애자 온도 측정 및 누설전류와의 관계를 연구를 통해 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

- 국내의 선형기술을 조사·분석하여 온도 측정방법 및 측정 기술을 제시하였다.
- 측정기술을 비교, 검토하였으며 이를 검증하기 위한 모의시험을 수행하였다.
- 모의시험결과 선로에 흐르는 전류를 적용하는 것은 현재의 측정방법으로는 불가능함을 확인하였다.
- 누설전류검출에 대한 시험결과, 누설전류는 기후적 요인, 특히, 습도에 큰 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 이공계 연구장학생 지원 사업에 수행되었습니다

[참고문헌]

[1] hiroya homma, "Comparison of Leakage Current Properties between Polymer Insulators and Prcelain Insulators under Salt Polluted Condition", 2005 international symposium, jun 5-9, P1-14, 2005
 [2] "염진해 온도정도 및 기준정립에 관한 연구", 한국전력공사, Technical Report, 2002