

열화 진단 평가를 위한 직류 누설법의 활용

APPLICATION OF DIRECT LEAKAGE CURRENT METHOD FOR AGING DIAGNOSIS EVALUATION

이 관 우, 박 대 희

(Kwan Woo Lee, Dae Hee Park)

Abstract

In this paper, aging diagnosis method of CV cable was investigated. CV cable was designed for the sake of using during 30 years. Therefore it was important to evaluate the cable's remaining life because CV cable used for power transmission line since 1970's. CV cable was mainly installed at the underground owing to the environmental condition. If the cable accident occurred, it needs the much time for the accident recovery and the much damage at the industrial activity. therefore, this paper should study the direct leakage current method, a sort of the cables'aging test method

Key Words : Direct leakage current. CV cable, Aging diagnosis evaluation

1. 서 론

최근 전력사용이 증가하면서 부하용량도 커지는 추세에 따라 전력설비의 규모는 점차 대용량화 되어지고, 기반사회는 점점 고도 정보화 사회로 발전되고 있다. 따라서 설비의 사고 및 정전 사고등은 높은 전기적 의존을 가진 고도 산업사회에 막대한 경제적 손실을 가져다준다. 한편, 도시환경의 미화 차원에서 지중 배전선로는 점차 증가하고 특히 전력 케이블은 주로 공장 또는 대도시의 도로 지하에 분포하고 있어 사고시 복구에 많은 시간이 필요하며 교통 및 산업활동에 막대한 피해를 끼치게 된다. 이러한 반면에 국내에서는 배전용 케이블로 CV케이블을 포설하기 시작한지 30년에 이르고

있다. CV케이블은 설치 환경 및 사용 조건에 따라 수명이 다르겠지만 보통 수명을 30년으로 설계하여 그 평가를 할 시점에 온 상태라고 할 수 있다. 따라서 세계 각국에서는 전력 CV케이블의 절연성능을 향상시키기 위한 연구개발과 절연파괴 사고를 미연에 방지하기 위한 절연열화진단기술에 많은 연구를 진행하고 있다.[1-4]

또한 30년 이내에 사고가 발생하는 경우를 분석하여 보면 배전 케이블의 경우 주로 포설 후 10년이 경과되면서 열화고장이 발생하는 경우도 많은데 이는 주로 수트리와 제조 결함에 의한 것으로 나타나고 있다. 이런 조기 사고가 발생하는 것을 방지하기 위하여 사고가 발생하기 전에 미리 진단하는 방법이 필요한데 이런 진단 방법으로는 정전 진단 방법과 활선 진단 방법이 있다. 정전 진단 방법으로서 직류 시험법은 절연 파괴의 개시 요인이 저항울의 저하나 수분이 존재하는 수트리

원광대학교 전자재료공학과
(익산시 신용동 344-2)
Fax : 063-657-6890
E-mail : ygu0000@gaebuyok.wonkwang.ac.kr

의 형성으로 발생하는 경우나 열적 메카니즘의 경우에는 효과적인 방법으로 예상된다. 또한 절연물 뿐만 아니라 케이블 시스템 전체의 저항을 변화를 검출할 수 있어 진단 대상 케이블 전체의 사용가능 여부를 판정하는데도 유리한 방법이다.

또한 현장에서 용이하게 실시 가능하고 측정 정도가 높아 열화 판정 및 보수에 폭넓게 사용할 수 있다. 특히 직류 전압전원을 사용하는 직류 누설전류법은 전원이 매우 작고, 측정이 비교적 간단하며, 전류치, 흡수 전류의 형상, kick 현상(부분 방전 및 펄스성 전류가 발생하는 현상), 전압 특성등 정보가 풍부하다.

본 연구는 직류 누설법을 활용하기 위하여 LAN cable을 대상 시료로 하여 각각의 특성을 평가하였다.

2. 실험

2.1 실험방법

직류 누설 시험은 피시험 케이블의 심선과 차폐 동선 테이프 사이에 인가된 직류 전압과 누설 전류의 수치를 1초마다 샘플링하여 그 데이터를 기초로 하여 각 고압 케이블의 열화 판정 및 종합 판정을 행하는 방법이다. 본 실험은 전력 케이블 대신에 LAN 케이블을 사용하여 직류 누설 전류와 잔류 전압 시험을 하였다. 직류 누설전류의 측정 항목은 3가지로서 절연 저항, 성극 지수, kick 현상이다. 진행 순서는 그림 1과 같이 행한다.

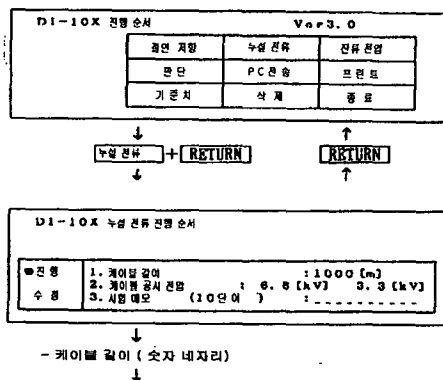


그림 1. 직류 누설전류 시험전 화면
Fig.1. Picture before direct leakage current test

이때 직류누설전류를 리턴하고 케이블 조장 및

측정 케이블 전압을 입력하여야 한다. 이후 결선을 확인한 후 시험 모드를 on으로 하면 시험이 시작된다. 그림 2는 시험중의 화면이다. 시험소요 시간은 10분이 소요된다. 10분이 경과되면 시험이 완료되는데 이때 절연저항, kick 현상, 성극 지수가 프린트 된다.

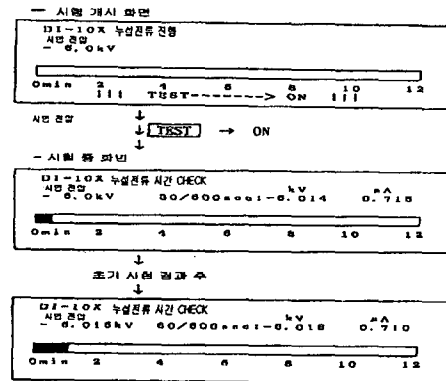


그림 2. 직류누설전류 시험중 화면
Fig. 2 Picture during insulation resistance test

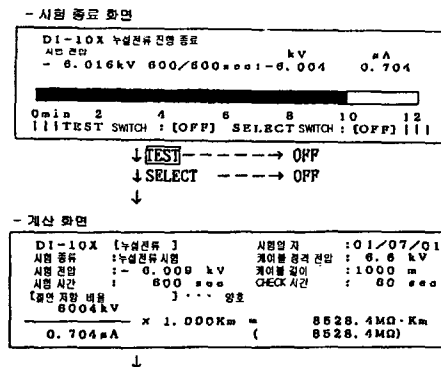


그림 3. 직류누설전류 최종 화면
Fig 3. Last picture of direct leakage current

다음은 잔류전압 시험방법이다. 잔류 전압은 다음과 같이 측정된다. 피시험 케이블의 심선과 차폐 동테이프 사이에 직류 전압을 인가시 전압 인가를 정지하여 전압을 매1초마다 샘플링하여 그 데이터를 기초로 고압 케이블의 열화 판정하는 방법으로 처음 화면은 그림 1과 같다. 여기서 잔류를 리

턴하고 이후 잔류 전압과 동일한 방법으로 케이블 조장 및 전압 수준을 결정하고 측정 기기를 잔류 전압으로 setting하면 그림 4처럼 측정이 시작되는데 약 10분 정도 소요된다, 이후 시간이 경과되면 그림 5와 같이 잔류 전압이 측정된다. 잔류 전압은 60초 단위로 측정되는데 이후 10분이 경과되면 시험은 종료된다.

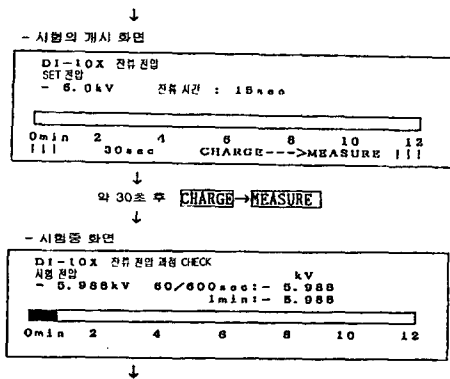


그림 4. 잔류전압 측정화면
Fig. 4. Picture of residual voltage test

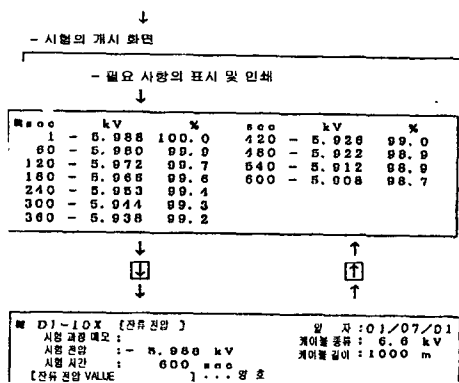


그림 5. 잔류 전압 최종 프린트 화면
Fig. 5. Result of residual Voltage test

이 실험은 먼저 샘플 슈트로서 하였으나 샘플 슈트는 정전 용량이 작은 관계로 측정 할 수 없었다. 기기를 사용하려면 케이블 길이가 일정 이상이 되어야 함으로 측정을 위하여 선길이는 50m로 하였으며 누설 전류 및 잔류 전압을 위한 전압은 6kV로 하여 데이터를 얻을 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

실 케이블의 시험 방법은 그림 6과 같이 하여 시험하였다. 기기 사용을 목적으로 하였기 때문에 랜선의 한부분을 접지시키고 다른 한 부분은 고압으로 하는 간략한 방법을 취하였다.



그림 6. 시험 장면
Fig. 6. Picture On test

그림 7은 직류 누설 전류에 의하여 계산된 절연 저항 측정의 결과이다.

절연저항은 시간이 지나면서 증가되는 것을 확인할 수 있었다 이는 충전 전류에 의한 영향으로 데이터가 시간이 경과할수록 직류를 가하면 잔류 전압이 남아있음으로 인하여 데이터는 절연 저항이 점점 크게 되는 것처럼 나타나게 된다. 초기 절연 저항은 2600MΩ부터 시작하여 시간이 3시간 이상 경과하면 6000MΩ으로 일정하게 되었다. 이는 랜선이 충전됨으로 인하여 더 이상 충전 전류가 흐르지 않기 때문으로 예상된다.

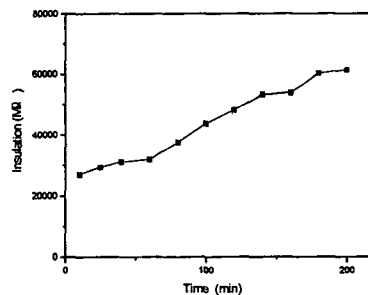


그림 7 측정 시간과 절연 저항과의 비교
Fig. 7. Relation between measuring time and insulation resistance

LAN 케이블의 절연 저항은 케이블 길이로 환산하면 3000M Ω 으로 계산되었다.

케이블의 경우 절연 저항은 3000M Ω 이상이면 양품, 1000-3000M Ω 이면 요주의, 1000M Ω 이면 불량으로 판정한다. kick현상은 케이블의 두께가 적음으로 약 70개 정도 발생되었다. 이는 .kick 현상은 직류 전압이 방전되는 것으로 예상되기 때문에 랜선의 경우는 kick 현상이 여러번 발생된 것으로 예상된다. 성극 지수는 아래 식과 같이 표현되는데

$$\text{성극지수} = \frac{\text{직류인가 1분후의 전류치}}{\text{직류인가최종시간의 전류치}}$$

케이블이 열화가 되면 시간과 함께 전류가 증가하는 경우가 발생하는 데 이 경우는 이상이다. 본 실험 결과 성극 지수는 모두 1 이상이 발생하였다.

다음은 잔류 전압의 결과이다. 그림은 잔류 전압의 결과를 보여준다.

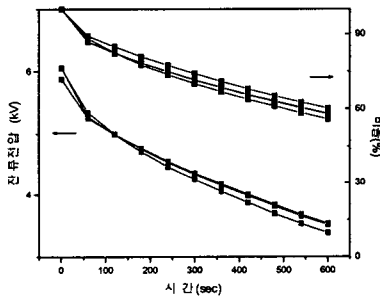


그림 8. 잔류 전압 시험 결과

Fig. 8. Results of residual voltage test

잔류 전압은 전압 인가 후 30초 이후에 실시하였다. 그림 8은 잔류 전압 실시 후의 실험 결과이다. 시험 결과는 평균 58로 표준 편차는 1.5의 범위로 얻을 수 있었다.

이는 잔류 전압은 기준 시간이 경과 되면 포화 상태에 이르기 때문이다. 그 후는 일정한 값을 갖게 되는 것으로 예상된다.

실 케이블의 경우 잔류 전압 비율이 60%이상이면 양호, 20%이하이면 불량, 20-60%이면 요주의로 판정된다.

4. 결론

직류 누설전류 시험으로서 다음과 같은 결과를 얻었다. 절연 저항은 초기에 측정하여야 데이터가 정확할 것으로 판정된다.

1. 여러번 측정 할 경우 충전 전압이 남게되어 절연 저항의 값은 수치가 높아지게 된다. 그러나 충전 전압이 남게되면 이는 케이블 수명에는 좋지 않은 영향을 주게된다.

2. 충전 용량이 적으면 측정이 불가능하다. 케이블 쉬트의 경우 및 케이블 길이가 짧을 경우는 잔류 전압 및 누설 전류의 측정을 할 수 없었다.

3. kick 현상은 랜선의 절연 두께가 작음으로 인하여 charging에 의한 영향이 매우 크므로 다수 발생함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 중기지원과제 98-중-05의 지원에 의해서 수행되었음

참고 문헌

- [1] M. Beigert et, al. "Predictive maintenance and proof tests on laid MV-cables", sebadynatronic
- [2] S. Hvidsten, F. Faremo, J. Benjaminsen and E. Ildstads, "Condition Assessment of Water Treated Service Aged XLPE Cables by Dielectric Response Measurements", 21-201, Session 2000, CIGRE.
- [3] J. H. Lawson and W.Vahlstrom,"Investigation of Insulation Deterioration in 15 kV and 22 kV Polyethylene Cables Removed from Service", IEEE Trans, PAS, Vol. 92, pp. 824- 831, 1973
- [4] "Evaluation of sensitive diagnostic techniques for cable characterization" EPRI EL-7076 Vol. 1. December 1990