XLPE의 수트리와 절연파괴 현상에 관한 연구

- A Study on Phenomena of Watertree and Dielectric Breakdown in XLPE -

이성일*
Lee Sung Ill

Abstract

In order to investigate water tree degradation behavior on XLPE cable, direct voltage of 200 to 800V has been applied to the material at 50℃~100℃, and the water tree property has been correlated with voltage and temperature. The leakage current was increase as temperature increased and the Ohm's law was generally satisfied in this experiment though some experimental errors were found. The leakage current was decreased and reached to the stable state with time. It was also shown that the time for the stabilization of leakage current was lessened as voltage increased

Key Words : Watertree, Dielectric Breakdown

1. 서 론

현대 사회에 있어서 전력 케이블에 의한 사고가 전력계통의 고전압화, 기기의 대용량화, 소형화에 의한 설계, 전계강도의 증대, 사용환경의 복잡화에 의해 큰 문제로 되고 있으며 또, 가교폴리에칠렌 전력 케이블의 열화에 의해 각종 재해의 원인이 되고 있다.[1][2]

따라서 전력수송에 있어서 전력의 안전과 동시에 안정한 공급을 행하기 위해서 과혹한 조건에서 사용할 수 있는 전력케이블의 신뢰성 향상이 필요불가결하게 되어 왔다.[3][4]

*안전과학연구소

각종 전기 사고의 원인이 수트리 열화구조에 대한 불명확한 점이 많이 있으므로 절연파괴 사고를 미연에 방지하기 위해서 수트리의 발생 상황을 비파괴 검사로 조사하며 또한 그 발생 각종 진전의 메카니즘, 유해성 평가, 검출방법 등의 검토에 대해서 매우 중요한 요소이다.[5][6]

본 연구에서는 수트리- 열화를 해명하기 위해 XLPE전력케이블에 직류전압을 인가하여 수트리-와 전압의 과의 관계를 조사 했다.

2. 실험방법

2.1 수트리-열화 시료의 제작

수트리-열화 필름을 제작하기 위해 두께 260㎛의 LDPE(저밀도 폴리에칠렌) 필름에 센드페-퍼-(# 1000)로 고압측의 표면에 철(凸)요(凹)붙이는 처리를 실시한 후 수전극을 이용하여 2KV의 교류전압을 200시간 인가했다.

2.2 실험방법

1) 수용액을 넣은 유리셀에 일치하도록 시료를 자른다.
2) 시료의 고압측 표면에 센드페-퍼-로 흠을 낸다.
3) 수용액이 새지 않도록 유리셀과 자료 사이에 그리스를 바른다.
4) 시료를 Fig3.1과 같이 설치하며, 2KV 전압을 200시간 인가했다.

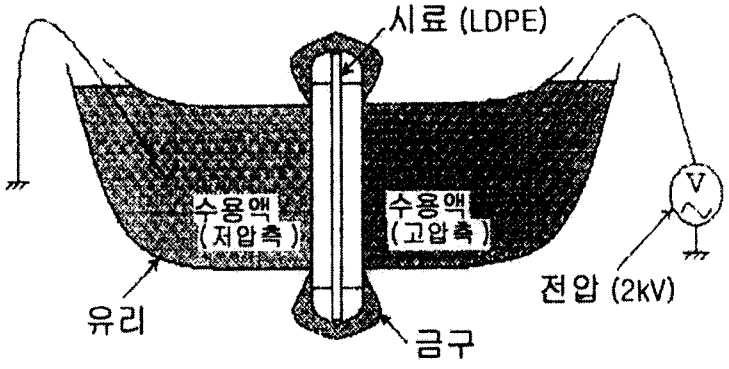

Fig. 1. 수트리- 발생을 위한 전극구성

2.3 직류시험법에 의한 전류값의 측정

진공펌프를 사용하여 시료에 금증착을 한다. 직류시험 회로를 사용한 장치에 시료를 설치하고, 이 상태에서 직류전압을 인가한다. 실험방법으로서는 온도를 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, 100℃로 설정하며, 각 온도마다 전압을 200V, 400V, 600V, 800V를 인가했다. 이 때의 사용한 시료는 미열화 시료와 200시간 열화시킨 시료이다.

3. 결과및 검토

3.1 결 과

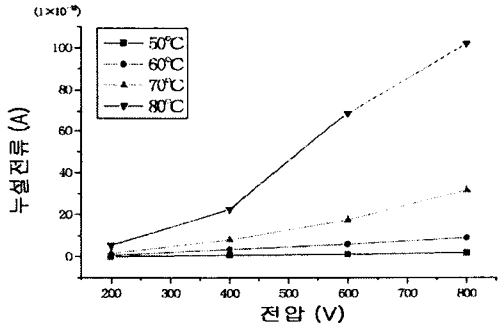

Fig. 2. 미열화 시료의 누설전류-전압특성

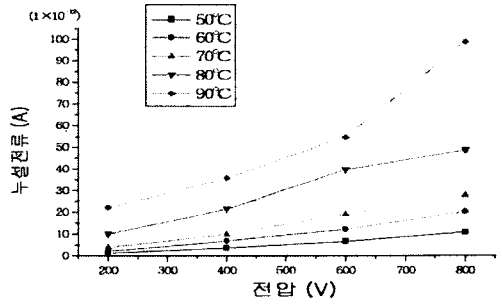

Fig. 3. 200시간 열화시료의 누설전류-전압특성

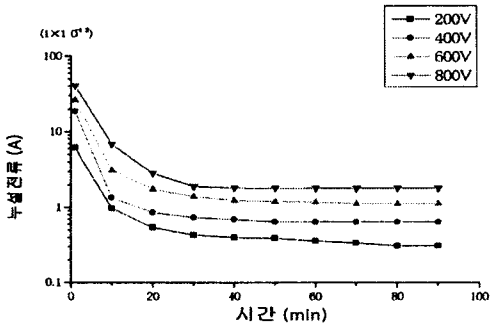

Fig. 4. 미열화 시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 50℃)

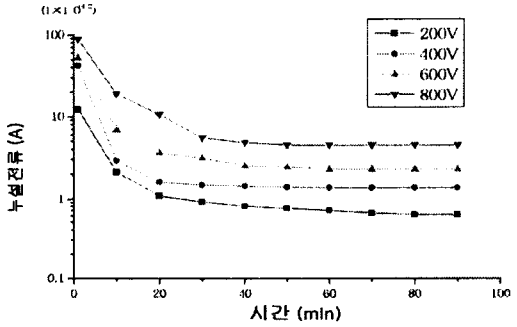

Fig. 5. 미열화 시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 60℃)

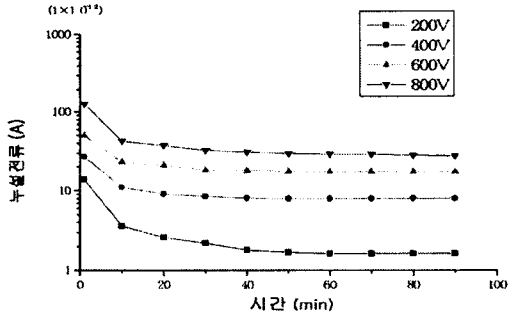

Fig. 6. 미열화 시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 70℃)

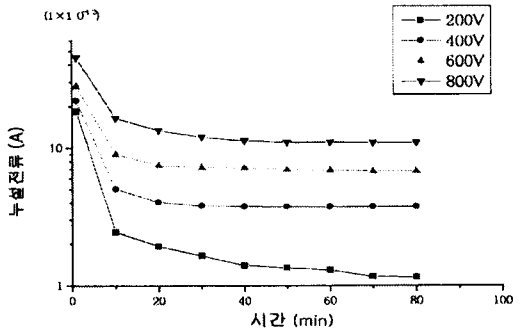

Fig. 7. 200시간 열화시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 50℃)

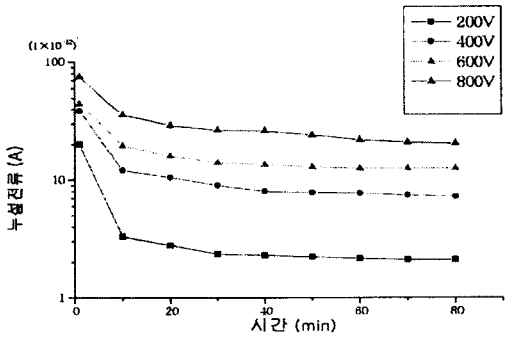

Fig. 8. 200시간 열화시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 60℃)

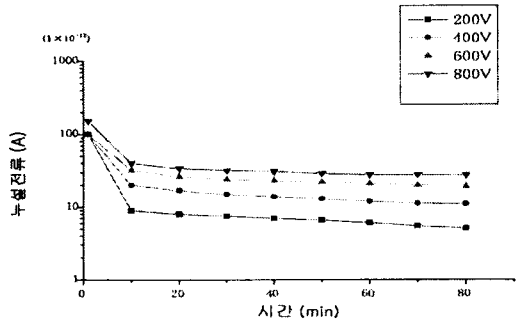

Fig. 9. 200시간 열화시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 70℃)

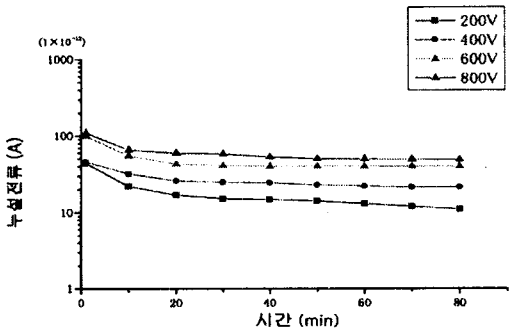

Fig. 10. 200시간 열화시료의 누설전류-시간특성
(설정온도 80℃)

이 실험에서 주의해야 할 점은 시료 표면의 상태나 습도에 의해 전류가 현저하게 변화하지 않도록 보호전극을 장치하는 것이다. 보호전극의 유무에 의해 전류의 크기는 크게 차이가 나므로 이 조건은 불가결하다. 또, 인가하는 직류전압을 변화시킬 때는 시료에 잔류전하가 발생하므로 다음의 전압을 인가하기 전에 1시간 정도 양(兩) 전극을 단락하고 잔류전하를 방전시켰다.

3.2 검 토

본 연구에서는 수트리-열화에 의한 절연파괴 상태를 직류시험법을 사용하였으며, 각 온도에 있어서의 인가전압에 대한 누설전류의 변화, 시간의 경과에 대한 누설전류의 변화를 미열화 시료를 사용하여 조사했다.

① 누설전류 -전압특성

Fig2, Fig3의 각 온도에 대한 전류-시간 특성을 보면 어느 것도 전압이 증가함에 따라 누설전류는 증가하고 있다. 또, 설정온도가 높은 쪽이 누설전류가 많이 흐르고 있다. Fig.2의 미열화 시료를 보면 설정온도가 낮은 때는 옴의 법칙에 따른 직선으로 되어 있다.

그러나, 설정온도가 높아짐에 따라 옴의 법칙으로부터 벗어나 높은 누설전류가 흐르고 있다. 또한 200시간 열화된 시료는 미열화 시료에 비해 전체적으로 누설전류가 흐르기 쉽게 되어 있다. 결국 열화함에 따라 절연 성능이 저하하여 누설전류가 흐르기 쉽게 되는 것을 알 수 있다.

그러나 Fig2, Fig3 으로부터 알 수 있는 것과 같이 설정온도가 80℃ 부근이 된상태에서 시료(가교폴리에칠렌)을 오랜시간 방치하면 열에 의해 녹기 시작하여 정상적인 값을 측정할 수 없음을 알았다.

② 전류-시간특성

Fig4~Fig10의 전압을 파라메터로 한 전류와 시간의 관계를 보면 시간의 경과와 더불어 전류는 감소해 가는 것을 알 수 있다. 충전전류 Ic(t)는 다음 식과 같다.

$$Ic(t) = Id(t) + Ia(t) + I$$

이 때 Id(t)는 변위전류, Ia(t)는 흡수전류, I는 누설전류이지만 Id(t)는 한순간에 감쇠하는 전류이므로 무시할 수 있다. 따라서 다음 식으로 된다.

$$Ic(t) = Ia(t) + I$$

Fig4~Fig6은 미열화 시료를 사용하고 있으며, 시간의 경과와 더불어 흡수전류 Ia가 감소한 결과 충전전류 Ic는 횡축과 평행으로 되며, 누설전류 I만큼이 남았다. 또 Fig 7~Fig10의 200시간 열화 시료에 있어서도 같은 것을 말할 수 있지만 수트리-열화하고 있기 때문에 누설전류는 미열화 시료에 비해 많이 남아 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 미열화 시료와 200시간 전압을 인가한 시료(수트리-열화시료)를 사용하여 직류 시험법에 의해 전기전도 특성의 측정을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 누설전류 - 전압 특성에서는 미열화 시료, 열화 시료온도가 상승함에 따라 누설전류가 증가했으며, 미열화 시료, 열화 시료 모두 다소의 오차는 있지만 옴의 법칙을 만족했다. 또한 온도가 높아질수록 전압에 대한 누설전류의 증가량의 비율이 커져 있음을 확인했다.

② 누설전류 - 시간 특성에서는 전체적으로 인가전압이 클수록 단시간에 전류의 값은 일정하게 되었으며, 온도가 높을수록 단시간에 일정하게 되었다.

③ 50~90℃, 200~800V 의 범위에서 200시간 동안 열화시킨 시료 보다 미열화 시료 쪽이 누설전류가 높아졌음을 확인했다.

5. 참고문헌

[1] E. J. McMahon, IEEE Trans. ELec. Insul. 3,-10(1968)

[2] E. J. McMahon J. R Perkin, Trans. Am. Inst. Eng. 82, 1128-1135(1963)

[3] M. Morita, M. hanai, H. shimanuki, Nat. Res. Council, 1972, Annu. Rep. Conf. Elec. Insul. Dielec. Phenomena 299-306

[4] B. T. Mackenzie, M. Prober, R. C. Lever, Nat. Acad. SCi-Nat. Res. Council, 1972, Annu. Rep., Conf. Elec. Insul. Dielec. Phenomena 232-238

[5] Z. Lwata, T. Fukua, K. KiKuchi, Nat. Acad. Sci-Nat. Ress. Ciuncil 1972, Annu. Rep. Conf. Elec. Insul. Dielec. Phenomena 201-210

[6] T. Hayami, Y.Yamada, Nat. Acad. Sci-Nat. Res. Council(1972), Annu.Rep. Conf. Elec. Insul. Dielec. Phenomena 368-375

저 자 소 개

이 성 일 :

- 광운대학교 전기공학과 졸
  동대학원 석사, 박사
  일본 메이조대학 객원연구원
  현 충주대학교 부교수
  관심분야 절연열화진단 , 태양자동차 정전기 및 소방설비