

**몰드 변압기에 사용된 절연물의 연면손상 특성에 관한 연구**

김남석, 방영근, 송우창, 이경호, 박하용  
 강원대학교 삼척캠퍼스 전기공학과

**A study on the Surface Characteristics of Dielectric for Mold Transformer**

N S KIM, Y K BANG, W C SONG, K H LEE, H Y PARK  
 Electrical Engineering, kangwon National Univ

**Abstract** - 환경오염 등으로 최근 자주 발생하는 국지성 집중호우로 인해 건물 중에서 지하 변전실은 가장 먼저 침수가 발생하게 된다. 따라서 본 논문은 지하에 시설된 전기 설비 중 몰드 변압기의 표면이 수분과 같은 불순물에 의해 오염될 경우 절연물에 미치는 영향과 위험성을 알아보기 위한 것으로 건조 시와 수용액 분무 후에 대한 연면손상에 대해 연구하였다.

실험 장치는 고전압 발생장치, 전극, 촬영장치 등으로 구성되었으며, 실험 결과 불꽃의 형상은 건조 시에는 가늘고 강한 빛으로 거의 직선적이고, 수용액 분무 후에는 산발적으로 광범위하게 나타난다. 방전에 의한 연면손상 특성을 보면 건조 시와 수용액 분무 후 모두 전극 간격이 증가할수록 탄화의 흔적이나 손상의 정도가 감소함을 알 수 있었으며 전반적으로 수용액 분무 후에는 건조 시 보다 탄화 및 손상의 정도가 낮은 반면 그 부위는 광범위한 것으로 나타났다.

**1. 서 론**

우리나라는 국토면적에 비해 인구밀도가 높고 또한 평지가 적으므로 생활 공간 활용의 극대화를 위해 도심지 건축물들은 대지의 이용 효율을 높이고 자 지상과 지하 공간을 적극 활용하고 있는 실정이다. 이에 반해, 건물에서의 필수 시설인 전기설비는 일반인의 혐오감 때문에 건축 시 안전적인 전원공급보다는 미관을 중요시 하게 되는 경향으로 인해 주로 지하에 설치되어 관리되고 있는 실정이다.

그러나 최근 자주 발생하는 국지성 집중호우로 인하여 침수 피해가 늘어나고 있으며, 이 경우 지하 변전실은 건물 중에서 가장 먼저 침수 사고가 발생하게 된다.

지하구내에 시설된 전기 설비 중 변압기가 침수 되었을 경우 발생할 수 있는 재해는 매우 위험하며 복구 시에 신속히 전력을 안전하게 공급하기 위해서는 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

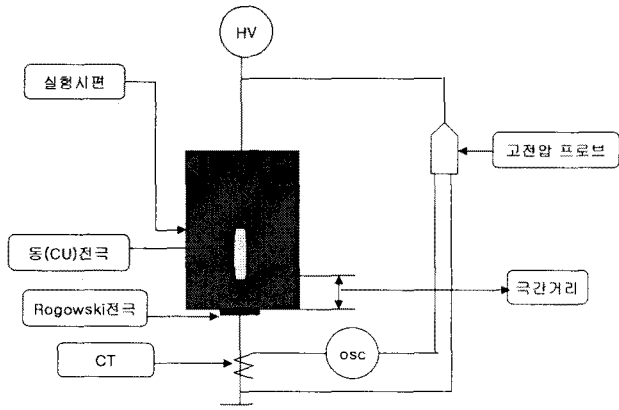
변압기의 수명은 운전 중의 온도, 습도 및 산소의 존재 등에 의하여 결정되며, 이것이 진행되면 이상전압이나 전기적 또는 기계적 스트레스를 받을 경우에 파괴될 위험성이 증가하게 된다.

변압기의 절연물의 주요 열화 원인으로서는 열에 의한 열화, 흡수에 의한 열화, 부분방전에 의한 열화 등이 있으며, 이러한 열화의 진행으로 인해 사고에 이르게 된다. 특히, 부분적인 방전에 의하여 표면 손상이 발생하였을 경우 전면적인 사고로 발전 할 수 있다.

**2. 본 론**

**2.1 실험 장치**

몰드 변압기의 절연물에 연면방전이 발생할 때를 가정하여 불꽃의 형상이나 표면의 손상 정도를 실험하기 위하여 그림 1과 같은 장치를 구성하였다.



**<그림 1> 실험 장치**

인가전압의 발생은 고전압 발생장치(Pulse Electronic Engineering Model : ADG-300K3, 인가전압 100[kVac])를 사용하여 50 [kVac]범위에서 전압을 인가하였으며, 시편 하부에 로고스키 전극을 사용하였고 상부전극으로는 동(Cu) 테이프를 사용하였다. 또한 측정을 위하여 고전압 프르브와 CT (PEARSON ELECTRONICS, INC.) MODEL 411)을 디지털 오실로스코프 (LeCroy LT 342, 500 [MHz], 500 [Ms/s] DOS)에 연결하여 장치를 구성하였다.

**2.2 실험 시편**

본 연구에 사용된 시편은 지하구내의 변전실에서 일반적으로 주로 사용되는 몰드 변압기의 원심 코어 부분을 가로 635 [mm] 세로 635[mm]로 절단하여 실험 하였다.

**2.3 실험 방법**

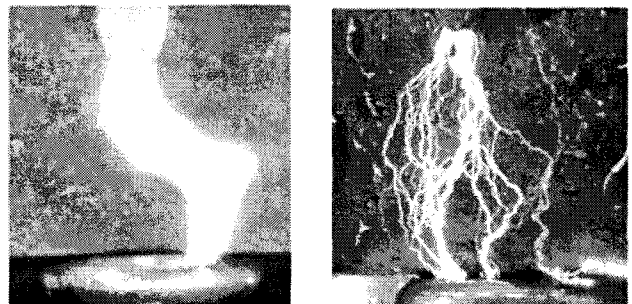
연면 건조 시에 절연체의 손상특성을 관찰하기 위하여 전극간의 간격을 1[cm]에서 5[cm]까지 2[cm]씩 이동시키면서 고전압을 인가하였으며, 연면 방전 발생 시 불꽃의 형상과 연면손상의 정도를 나타내기 위하여 디지털 카메라로 촬영하였다.

지하 침수 사고 시 배수가 이루어진 후의 상태를 모의하기 위하여 시료의 연면에 NaCl 5[%] 수용액을 5회 분무한 후 연면 건조 시와 같은 방법으로 실험하였다. 또한 수용액 분무 후 경과 시간에 따른 방전 지속 시간을 관찰하였다.

**3. 결과 및 고찰**

그림 2는 건조 시에 전압을 인가하여 방전 불꽃을 관찰한 것으로, 그림에서 보는 것처럼 불꽃의 형상이 가늘고 강한 빛으로 거의 직선적으로 나타남을 알 수 있다. 이는 주변의 불순물에 대한 영향이 작아 누설경로가 최단거리로 이루어져 있기 때문으로 생각된다.

그림 3은 수용액 분무 후 불꽃 방전으로서 방전 시 불꽃의 형상이 산발적으로 광범위하게 나타남을 알 수 있다. 이는 수분 등의 불순물로 인하여 누설경로가 여러 갈래로 형성되기 때문인 것으로 생각된다.

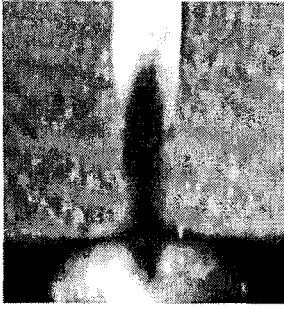


**<그림 2> 건조 시 불꽃방전 형상 <그림 3> 수용액 분무 후 불꽃방전 형상**

그림 4와 그림 5는 전극간의 거리가 1[cm], 3[cm], 5[cm]일 경우의 연면 방전 후 표면 손상 정도를 보여 준다.

그림 4에서 보면 전극 간격이 증가할 수록 탄화의 흔적이나 손상의 정도가 감소하는 경향을 알 수 있다. 이는 전극 거리가 증가할 수록 방전 메카니즘이 연면 플래시오버에서 트래킹에 의한 방전으로 변화되어가는 것으로 생각된다.

수용액 분무 후의 전극간의 거리에 따른 연면 손상 정도를 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 알 수 있듯이 전극간의 거리가 증가될 수록 탄화의 흔적이나 손상의 정도가 감소하였다. 건조 시의 경우와 동일한 간격에 대해서 비교하면, 수용액 분무 후에는 건조 시보다 탄화 및 손상의 정도가 낮은 반면 그 부위는 광범위한 것으로 나타났다. 이는 수용액 분무 후에는 건조 시 보다 누설 경로가 폭 넓게 형성된 원인으로 생각된다.



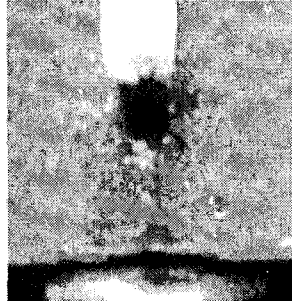
4-a. 간극 1cm



5-a. 간극 1cm



4-b. 간극 3cm



5-b. 간극 3cm



4-c. 간극 5cm

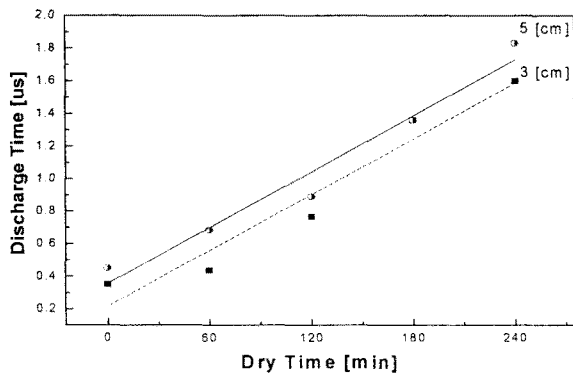


5-c. 간극 5cm

〈그림 4〉 건조 시 방전 후 손상 〈그림 5〉 수용액 분무 시 방전 후 손상

NaCl 5 [%] 수용액을 5회 살포 후 건조 시간에 따른 방전시간을 나타내면 그림 6과 같다. 그림에서 보면 건조 시간의 증가에 따라서 방전 시간이 불규칙하게 증가함을 알 수 있고 전극 간격이 커질 수록 증가 폭이 약간 커진 것으로 나타났다.

이는 건조 시간의 증가에 따라서 방전 용량이 증가 하였으며 방전 시간의 증가와 함께 시료의 연면 손상이 커짐을 알 수 있다.



〈그림 6〉 수용액 분무 후 건조 시간에 따른 방전시간

#### 4. 결 론

볼트 변압기의 절연물을 시편으로 하여 건조 시와 수용액 분무 후의 전극간격에 따른 연면손상 특성을 연구 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방전 시 불꽃의 형상을 관찰하면 건조 시는 가늘고 강한 빛으로 거의 직선적이고, 수용액 분무 후는 산발적으로 광범위하게 나타났다. 이는 건조 시에는 주변의 불순물에 대한 영향이 작아 누설경로가 최단거리로 이루어 졌으며, 수용액 분무 후에는 수분 등의 불순물로 인하여 누설경로가 여러 갈래로 형성되기 때문으로 생각된다.
2. 방전에 의한 연면손상 특성을 보면 건조 시와 수용액 분무 후 모두 전극 간격이 증가 할수록 탄화의 흔적이나 손상의 정도가 감소하였으며, 이는 전극간의 거리가 커질 수록 방전 메커니즘이 연면 플래시 오버에서 드래킹으로 변화되어가는 것으로 생각된다.  
또한, 전반적으로 수용액 분무 후는 건조 시 보다 탄화 및 손상의 정도가 낮은 반면 그 부위는 광범위한 것으로 나타났으며, 이는 수분 등의 불순물로 인해 수용액 분무 후의 누설경로가 건조 시 보다 폭넓게 형성된 원인으로 생각된다.
3. 수용액 분무 후 건조 시간의 증가에 따라서 방전 시간이 증가함을 알 수 있고 전극 간격이 커질 수록 증가 폭이 약간 커진 것으로 나타났다. 이는 건조 시간의 증가에 따라서 방전 용량이 증가 하였으며 방전 시간의 증가와 함께 시료의 연면 손상이 커짐을 알 수 있다.

#### 〔참 고 문 헌〕

- [1] 정진수 외3명, "모드 변압기 침수 조건에 따른 절연재의 연면방전 특성" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2112. 2005. 7.
- [2] 허창수, "육의용 고분자 절연재의 응용과 평가" 인하대학교 출판부, pp.15-179, 2004. 2.
- [3] 松井昭夫, "변압기 활용 기술" 성안당, pp.74-152. 1998. 4
- [4] 조성기, "고분자 첨가제" 내하출판사, pp.9-10, pp.14-22. 2001. 12.
- [5] 박하용, "금속중착 폴리프로필렌필름의 셀프힐링 특성 연구" 숭실대학교 대학원 박사학위 논문 . pp.8-10, pp.24-29. 2000. 12
- [6] 이진우 외1명, "대전력 기기의 열화 진단을 위한 부분방전" 조명설비학회지. 17권. 2003. 6.
- [7] 이복희역, "高電壓 大電流", 청문각, pp.101-105, 2004
- [8] 김창호, "NEW 방전가공 -방전가공 기술 및 Know-how", 기전연구사, pp.103-126. 2005. 1.
- [9] 田春生, "妨電·高電壓工學" 동명사, pp.313-358, 1989.
- [10] 윤호규, 김환건, "고분자 전자재료" 문운당, 2003. 3. pp.1-3.
- [11] 柳濟九, "妨電加工" 大光書林, pp.11-14, 2001. 9.
- [12] 이덕출, 황명환 "고전압 플라즈마 공학" 동일출판사, pp.79-84. 1997. 9.
- [13] 김정태, "고전압 이론과 응용" 교우사, pp.68-69, pp.130-153. 2002. 9.
- [14] 大木正路, "高電壓 工學", 槇書店, 1989