

## 직류 전계 인가에 따른 절연유의 전하 축적 및 완화 현상에 관한 연구

\*김 창 완\*, 임 현 찬 \*\*, 김 용 운\*\*\*, 신 태 현\*\*\*\*, 허 창 수\*, 이 덕 출\*  
\* 인하대 전기과, \*\*대구공전 전기과, \*\*\*영월공전 전기과, \*\*\*\*유한전문대 전기과

### A Study on charge accumulation and relaxation phenomena by D.C energization in insulating oil

\*C.W Kim\*, H.C Lim\*\*, Y.W Kim\*\*\*, T.H Shin\*\*\*\*, C.S Huh\*, D.C Lee\*  
Inha Univ.\*, Taegu Teck. College\*\*, Youngwol College\*\*\*, Yu-Han College\*\*\*\*

#### ABSTRACT

The phenomena of streaming-electrification is generated between solid and liquid boundary called electric double-layer which is generated by potential difference. A charge separation at interfaces between a moving fluid and a solid boundary can give rise to the generation of substantial electric field and at last these can give rise to insulating failure.

Therefore injection of the adverse-charge in streaming-electrified insulating oil to eliminate the accumulation charge and its related phenomena was investigated.

항공기의 자동 연료 공급 장치 등과 같은 많은 분야에서 유동 대전에 관한 연구의 필요성이 증대되고 있다. 송전 전압의 승압을 위한 전압용 변압기에 있어서 냉각 효과의 증대 및 절연물의 향상을 위하여 변압기의 대용량화와 고전압화는 필연적이지만, 절연유가 고체 재료를 유동할 때 그 계면에서 발생 한 미량의 공간 전하·표면 전하의 축적에 의하여 형성된 직류전계가 부분적으로 절연유의 절연 파괴 전계를 넘어서면 방전 현상을 나타나게 하고, 이것이 변압기의 절연 파괴로까지 이행되는 등 재해가 증가하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 절연유에 축적된 전하를 중화시키는 방법으로 전계 인가를 통하여 유종과 반대 극성의 전하를 절연유 중에 주입하여 전체적으로 중화시켜 이를 분석하였다.

#### 1. 서론

석유와 같이 절연성이 좋은 액체와 고체 재료 사이의 유동 마찰로 인해 발생하는 유동 대전 현상은 오랫동안 석유 산업 등에서 문제로 되어 연구되어 왔다.[3] 이와 같은 사고를 방지하는 한가지 방법으로써 대전 방지제를 혼합 첨가하여 발생한 전하를 신속하게 완화시키는 방법이 실용화 되고 있지만 또다른 전하 축적 등의 문제점이 발생할 수가 있으며 전하가 많이 발생하는 장소와 발생 원인을 기본적으로 조사하여 합리적인 방제 대책을 세우는 것이 중요하다.[1][2] 또한 최근에는 절연 효과를 향상시키기 위하여 절연유의 화학적 특성의 개선, 폴리머(polymer)와 셀룰로오스(cellulose)와 같은 새로운 유전체의 사용, 그리고 냉각 효과를 증대시키기 위한 유속의 증가 등으로 인하여, 석유 산업에서뿐만 아니라 전력용 대형 변압기에 있어서, 절연유의 순환 과정 및

#### 2. 실험

##### 1) 시료유 및 재료의 특성

본 실험에 사용된 시료유는 광유계의 전기절연유 KSC 2031 1종 4호이고, 특성을 표 1에 나타낸다.

실험에 사용된 재료로는 현재 변압기내에 사용되고 있는 절연지 (공칭두께: 0.13 [mm], 밀도: 0.82 [g/cm<sup>3</sup>])와 프레스보드(press board) (공칭두께: 0.50 [mm], 밀도: 1.17 [g/cm<sup>3</sup>]) 5×5 [mm<sup>2</sup>]로 잘라 20 [g]을 만든 것과 동선 (지름 2 [mm], 길이 4 [m], 무게 110.5[g]), 폴리에스테르 동선 (지름 2 [mm], 길이 4 [m], 무게 115 [g]), 알루미늄 (지름 2 [mm], 길이 4 [m], 무게 33 [g])을 사용하였다.

표 1 절연유의 특성

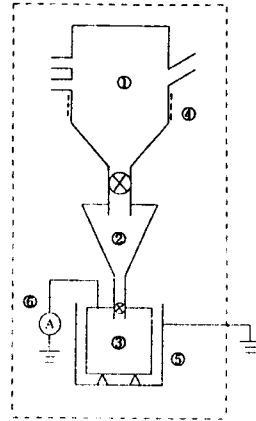
Table 1 Properties of insulating oil

특 성		규 격
주 성 분		광 유
비 중 (15/4℃)		0.91 이하
동 점 도 cSt (mm <sup>2</sup> /sec)	40 ℃	13 이하
	75 ℃	6 이하
	100 ℃	-----
유 동 점		-27.5 이하
인 화 점 (℃)	개 방 식	
	밀 폐 식	140 이상
증 발 량 (%)	98 ℃ 5시간	0.4 이하
	150 ℃ 24시간	-----
반 용		중 성
절 연 파 괴 전 압 KV (2.5mm)		40 이상
유 전 경 접 % (60Hz, 80℃)		0.1 이하
비 유 전 율 (60Hz, 80℃)		-----
부 피 저항 율 Ω · cm (80℃)		5×10 <sup>13</sup> 이상

2) 실험장치

본 실험장치는 크게 3단구조로 자체 설계 제작한 것으로 실험 장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 상단 부분은 절연유를 다양한 분위기로 조성하기 위한 장치로서, 원통형 스테인레스 (용량: 5 [l], 직경: 16.5 [cm], 길이: 45 [cm])로 제작하고 옆면에 유온을 조절하기 위하여 판 히터 (용량: 2 [KW])를 설치하고 controller에 접속시켰다. 중간 부분은 테프론으로 전극 지지대 (8cm×8cm)를 만들어서 D.C 전계를 인가하였고 다양한 분위기로 만들어진 절연유가 절연지와 프레스보드(press board)을 통과할 수 있도록 유리 플라스크 (용량: 3 [l])의 윗 부분을 가공하였다. 유리 플라스크의 꼭지는 테프론으로 하여 유량을 조절하였다. 위의 두부분을 통과한 절연유가 최종적으로 저장되어, 유동 대전된 전하량을 측정할 수 있도록 파라데이케이지 (지름: 17 [cm], 높이: 30 [cm])를 스테인레스로 제작하고, 그 외부에 외부 노이즈 차폐용 (지름: 27 [cm], 높이: 38.5 [cm])원통형 실드 챔버를 부착후 테프론으로 저장 탱크와 절연하였다.

누설 전류 측정 장치로는 10<sup>-12</sup> [A]까지 측정 가능한 미소 전류계(Electropicoam-meter: TAKEDA 8401)를 사용하였다. 외부에 대한 노이즈를 최소화하기 위하여 실험 장치 전체를 구리판으로 차폐시키고, 앞면은 구리 망으로 차폐후 접지 시켰다. 또한 모든 전선은 차폐 선을 사용하여 접속하였다.



① 챔버 ② 유리플라스크 ③ 파라데이케이지  
④ 히터 ⑤ 외부 노이즈 차폐용 챔버 ⑥ 미소전류계

그림 1. 실험장치 개략도  
Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 결과 및 고찰

그림 2는 절연유에 D.C전계를 인가하여 전계의 세기와 대전 전류량 및 극성 효과를 측정한 그래프로 실험 결과와 같이 -1 kV/mm 및 +0.5 kV/mm에서 대전된 전류의 양이 낮은 값을 나타냈다.

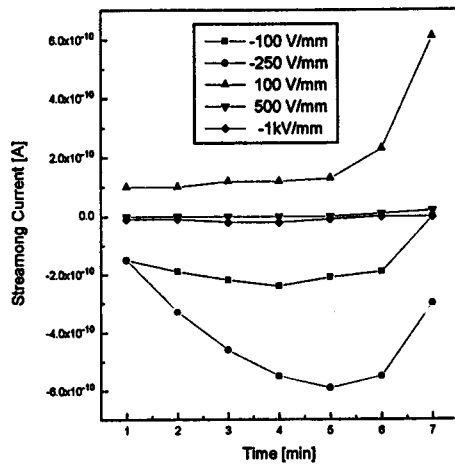


그림 2. 전계 인가와 유동 전류 특성

그림 3은 전계를 인가하지 않고 온도 변화에 따른 유동 대전 전류 특성과 +4 kV/mm를 인가한 후 측정된 전류의 값을 나타낸 것이다. 결과에서와 같이 유온이 높을수록 전류의 값은 증가 하였다. 또한 전계 인가에 따른 대전 양과 비교하였다.

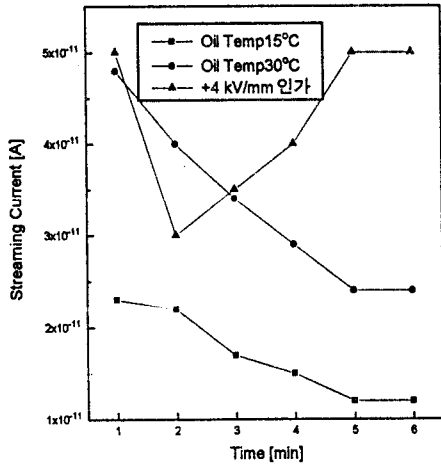


그림 3. 절연지를 통과한 유동 전류 특성

그림 4는 전계의 세기에 따라 대전된 전류의 값과 절연유를 폴리에스테르 동선에 통과 시켰을 때 측정된 전류의 값을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 폴리에스테르 동선을 통과한 절연유는 음극성유이며 전계의 세기가 증가할 수록 대전된 전류는 낮아짐을 알 수 있다.

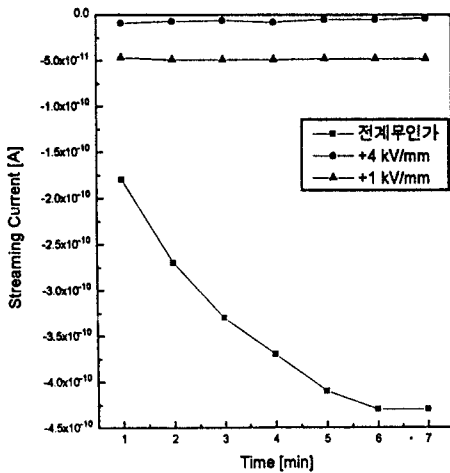


그림 4. 폴리에스테르 동선을 통과한 유동 전류 특성

#### 4. 결론

본 연구에서는 절연유가 유동대전 현상에 의해 유동할 때 발생된 전하를 측정 하였고, 유중 전하의 중화를 위하여 D.C 전계를 인가하고 대전 전류를 측정하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 유동 전류의 극성은 계면이 갖는 특성에 따라 극성이 결정된다.
- 2) 유동 전류는 유온이 증가함에 따라 증가하고 전계의 세기가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다.

본 연구는 1995년도 기초전력공동연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] 北原文雄, 渡邊昌: 界面電氣現象, 共立出版, 昭和 53 年
- [2] M. Ieda, K. Goto, H. Okugo, T. Miyamoto, H. Tsukioka, Y. Kohno: "Suppression of static electrification of Insulating oil for large power transformers", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 23, NO. 1
- [3] A. Klinkenbelg, L.L. Van Der Mine: "Electrostatics In The Petroleum Industry", 1958
- [4] 靜電氣學會誌: 靜電氣ハンドブック オム 社, 昭和 56年
- [5] 田村,外2: 靜電氣學會, 99. 10. 913. 1979