

절연유의 유동대전특성에 미치는 직류전계의 영향에 관한 연구

정광현*, 김용운**, 김두석*, 황락훈**, 임현찬*, 박재윤**, 김종택*, 이덕출*
 *인하대학교, **영월공전, *전북산업대, **세명대학교, *대구공전, **경남대학교

DC Field Effect on Streaming Electrification in Insulating Oil

K.H. Chung*, Y.W. Kim**, D.S. Kim*, L.H. Hwang**, H.C. Lim*,
 J.Y. Park**, J.T. Kim*, D.C. Lee*

Abstract - In this paper, the result of experimental investigation into the streaming electrification phenomena of insulating oil under an external dc field effect is described. Energization by positive dc voltage enhanced the streaming electrification, but when the applied voltage was negative, the polarity of streaming current was field strength dependent.

1. 서 론

절연성 액체가 유동하는 경우 고체와의 계면에서 발생하는 정전기대전현상, 즉 유동대전현상은 절연성 액체가 파이프내를 흐를 때 두 계면사이에서 전기, 화학적 포텐셜의 차이에 의해 발생된 전기이중층의 형성으로 기인하며 오랫동안 석유산업 등에서 문제로 되어 연구되어 왔다. 최근에는 냉각과 절연효과를 향상시키기 위한 절연유의 화학적 특성의 개선, 폴리머와 셀룰로오스와 같은 새로운 유전체의 사용 그리고 냉각효과를 높이기 위한 유속의 증가등으로 인하여 석유산업에서 뿐만아니라 전력용 대형변압기에 있어서 유동대전에 관한 연구의 필요성이 증대되고 있다. 변압기에 있어서 유동대전현상은 전력용 변압기의 대용량화, 고전압화를 위하여 냉각효과 증대 및 절연물의 절연성능 향상으로 인하여 대전전하량이 증가하고 이에 따라 사고의 위험성은 크게 부각되고 있다. 절연유의 유동대전특성에 있어서 교류, 직류전계의 영향에 관한 연구는 최근 많은 연구가 보고되고 있다. 그 이유는 변압기내의 권선에 의한 전계가 발생된 전하에 어떠한 영향을 주는가, 그리고 전계에 의해 계면 전기이중층에 어떠한 변화가 일어나는가 하는 것이다. 그러나 이전에 발표된 연구논문들은 그 결과가 상당히 다르고 해석에 있어서 차이점을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 전계의 영향에 관한 명확한 해석을 위해 보다 근접된 방법으로 대전전극을 제작하고 제작된 전극을 사용하여 전계에 의한 절연유의 유동대전특성의 변화를 연구한다.

2. 실험

본 실험에 사용한 절연유는 광유계의 전기 절연유 KSC 2031 1종 4호이며 표 1에 나타낸다. 순환펌프는 IWAKI(주) MD-100K- 5M형 절연펌프이며 절연유를 중성으로 하기 위하여 스테인레스로 제작한 완화탱크

를 설치하였고, 유온의 조절을 위하여 완화탱크에 판히터(2[kW])를 설치하였다. 유량계는 3~30[l/min] 범위의 눈금형 유량계를 계통내에 설치하고 필터를 직렬로 연결하였다. 그리고 잔류전하량을 측정하기 위하여 스테인레스로 제작한 Faraday Cage(내부: 직경 410[mm], 길이 450[mm] 외부: 직경 510[mm], 길이 600[mm]) 를 계통끝에 설치하였다. 금속필터는 길이 190[mm], 내경 40[mm], 외경 50[mm]인 테프론판 내면에 내경 30[mm], 외경 40[mm], 두께 5[mm]인 아크릴 고리 사이에 망목 40(선경 0.23[mm], 공간 0.56[mm])인 망을 부착해서 금속필터로서 제작하였다. 전압인가 장치로는 동축 원통형 전극을 사용하였으며 전극간격은 3[mm]로 계통내에 장치하였다. 그림 1은 실험장치의 개략도를 나타낸다.

표 1. 절연유의 특성

특 성		규 격
주 성 분		광 유
비 중		0.91 이하
동점도 cSt(mm ² /sec)	40℃	13 이하
	75℃	6 이하
	100℃	
유동점		-27.5 이하
인화점(℃)	개방식	
	밀폐식	140 이하
증발량(%)	98℃ 5시간	0.4 이하
	150℃ 24시간	
반 용		중 성
절연파괴전압 (kV/2.5mm)		40 이상
유전정점 %(60Hz, 80℃)		0.1 이하
비유전율 (60Hz, 80℃)		
부피저항률 Ωcm(80℃)		5×10 ¹³ 이상

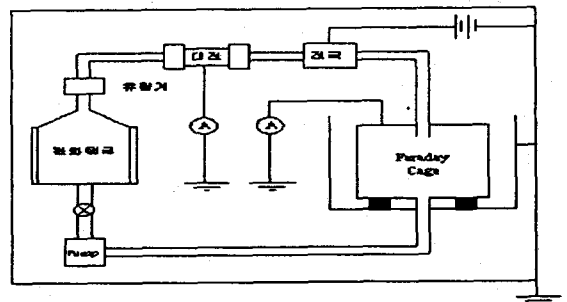


그림 1 실험장치의 개략도

3. 결과 및 고찰

3-1 유동대전 특성

그림 2는 절연유의 온도를 25°C로 일정하게 유지하고 망수를 5장, 10장, 15장으로 변화를 주면서 유량을 5~15[l/min]으로 변화시킬때, 구리필터에서 발생된 유동전류특성이며 유량의 증가에 따라 대전량이 거의 비례적으로 증가하고 있다. 이것은 유속을 v [m/s]라 할때 계면에서 분리되는 전하량은 v 에 비례하므로 단위시간, 단위면적당 통과하는 유량의 증가와 함께 분리되는 전하량이 증가하는 것으로 유동전류의 증가 경향을 이해할 수 있다. 또한 금속필터의 망수의 증가에 따라 대전량도 증가한다. 이 현상은 필터에 대한 절연유의 접촉면적이 증가하는 것으로 생각된다.

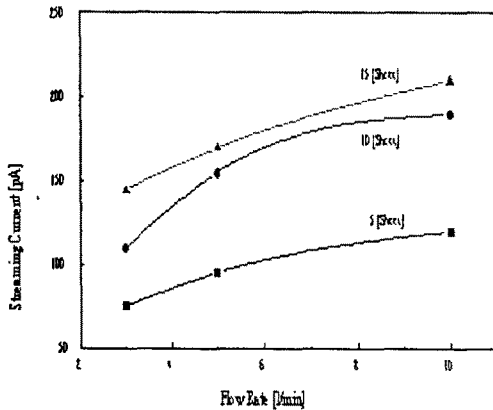


그림 2. 구리필터에 의한 유동전류 특성

3-2 직류전계에 의한 유동전류의 변화

그림 3은 구리망 10을 삽입한 대전판에 동축원통형 구리전극을 연결하고 정적 직류전압 인가시 유동대전특성의 변화를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 유동전류는 전압의 증가와 함께 증가하는 경향을 나타낸다. 그리고 유량에 의한 변화는 나타나지 않고 있다. 이러한 특성은 절연유가 구리파이프로 형성된 동축원통 전극을 통과할 때 전극에 의한 대전현상이 전압의 상승과 함께 증가하는 것으로 사료된다. 또한 유량에 의한 특성은 일반적인 유동대전특성과 일치하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 부의 직류전압을 인가할 때 나타나는 유동전류의 특성을 보인다. 전압인가시 3[kV]까지는 유동전류가 상승하며 더욱 높은 전압을 인가함에 따라 유동전류는 서서히 감소하여 결국 극성반전을 나타냈다. 이 현상은 낮은 전계에서는 동축원통전극에 의한 절연유의 대전현상에 의해 유동전류가 증가하는 것으로 생각되며 1[kV/mm] 이상의 높은 전계에서는 전극에서 절연유층으로의 전하주입이 발생하여 극성반전을 일으키는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 위와 같은 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

그림 3. Positive dc전압인가시 유동전류의 변화

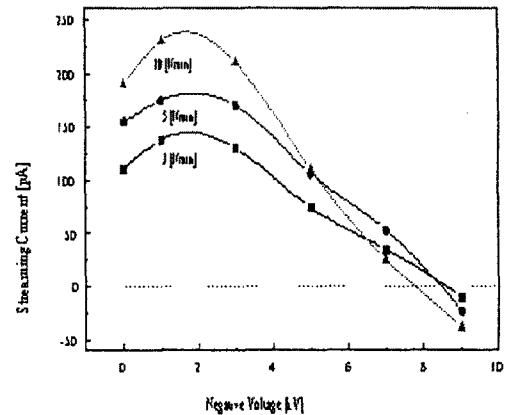
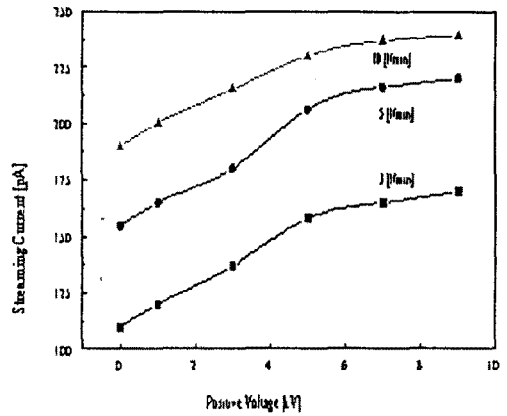


그림 4. Negative dc전압인가시 유동전류의 변화

1. 유동대전된 절연유에 정적 직류전압을 인가하는 경우 절연유는 구리전극사이에서 대전현상이 증가하여 대전량이 증가한다.
2. 유동대전된 절연유에 부의 직류전압을 인가하는 경우 대전현상에 의한 변화는 나타나지 않으며 전극으로부터 음의 전하주입이 발생하여 극성반전을 일으킨다.

[참 고 문 헌]

- [1] H.Wu 외1, "dc Field Effect on Streaming Electrification in Insulating Oils", IEEE, Vol.3, No 4, 499-506, 1996
- [2] I. A. Metwally, "Influence of Solid Insulating Phase on Streaming Electrification of Transformer Oil", IEEE, Vol4, No3, 327-340, 1997
- [3] M. Yasuda 외5, "Suppression of Static Electrification of Insulating Oil for Large Power Transformers", 논문지명, 권호, 페이지, 출판년도