유동 절연유의 전기전도에 관한 연구

심 재 홍°,박 재 윤,이 덕 출,김 왕 곤*
인하대 *서울 산업대

A study on electrical conduction of streaming insulating oil

J.H.SHIM, J.Y.PARK, D.CH.LEE, W.G.KIM*
INHA UNIVERSITY * SEOUL INDUSTIAL COLLEGE

1. Abstract

When insulating oil was flowed through a pipe, the electrostatic charge in the oil was increased using inflammability oil, an electrostatic phnomena which may cause significantly problems as explosion must be circumvented by some methods. In this paper, Streaming insulating oil electrificated by streaming electrification of electrification pipe and standing insulating oil were affected under the high field strength, temperature of insulating oil, and concentration of surfactant. The electrical conduction was compared and analysed by these influence.

1. 서 론

석유등과 같은 절연성이 좋은 액체가 파이프중을 통과할 때 대전되는 현상은 예전부터 잘 알려져 왔다. 그리고 이러한 대전현상을 방지하고 재전하기 위한 여러가지 방법이 고안되고 또는 실제사용되어져 왔다. 액체유동대전현상은 액체중에 존재하는 정, 부등수의 이온에 대한 1) 전하분리, 2)완화, 3)축적의 세가지 과정에 의한 것이고 대전방지를 위해서는 이상의 과정에 대한 대책을 마련하는 것이 최선의 방법이라 생각된다. 즉1) 전하분리에 관해서는 액체유속을 적게하고 2) 완화에 관해서는 도체부분을 접지시키거나 또는 재전방법으로 대전전하를 반대부호의 전하로 재결합시켜 중화시키는 것이다.3) 축적은 액체의 도전율이 낮은 경우에 생기기 때문에 도전율을 높여서 전하의 축적을 막을 수 있다. 본 연구에서는 절연유가 유동중에 전기전도가 변하는 특성을 관측하여 재전 및 사고방지에 자료를 얻기위해 온도, 전계, 첨가제의 농도의존성에 따른 도전전류의 변화를 측정, 분석한다.

2, 실험장치

정지시 시료의 전도전류를 측정하기 위해서 제작한 실험장치 개략도는 그림 1-1과 같다.

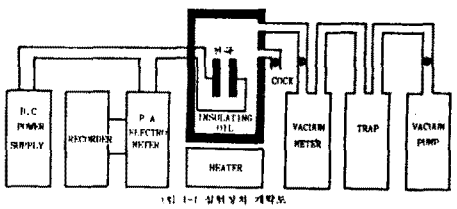

그림 1-1 실험장치 개략도

진공유리용조: 1000cc 용량

직류전원: 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5[KV]

미소전류계: 10^{-12}(A) Electrometer

전극: 구리평판전극 (5cmx5cmx2mmt)
평판 대 평판 갭길이 1, 2, 5, 9mm

진공펌프: 0.5HP,10^{-2}Torr

가열식 자력교반기: 800 [W]

전압조정기; 2KW

전극지지대; 테프론

으로 구성 되었으며, 유동시 절연유의 도전전류를 측정하기 위해서 제작한 개략도는 그림 1-2 와 같다.

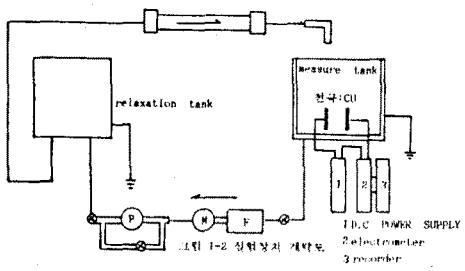

그림 1-2 실험장치 개략도

3. 실험방법

본 연구실에서 설계, 제작된 테프론 전극지지대로 한 구리평판전극을 진공유리유조내에 설치하고, 시료를 각각 넣었다. 액체 유전체는 불순물이 미소량 함유하거나 주위 조건에 따라 전기적 특성이 크게 변화하므로 이를 최대한 줄이기 위하여 여과지로 여과하고, 시료의온도는 온도 조절계를 이용하여 소기의 온도를 일정하게 유지한다. 온도 변화에 따른 시료의 전류치 측정은 임의의 온도로 일정하게 한후, 직류전압을 인가하고, 시간경과 20분 일때의 전류치를 관측하였다. 인가전압을 제거하고, 다시온도를 상승시켜 소정온도로 일정하게 유지하도록 하고 같은 방법으로 측정한다. 이 같은 방법으로 직류전압, 계면활성제의 농도 변화에 따른 시료의 정지시 도전전류를 측정하고 진공유리유조에 연결된 진공펌프로 10^{-2}Torr정도의 진공상태를 유지, 시료의 온도, 전계, 첨가제의농도 변화에 따른 전류를 측정 공기중과 비교한다. 그리고 그림 1-2과 같이 펌프로 약 1시간동안 절연유를 순환시켜 실험장치가 정상상태로 유지한 다음, 유량을 6.5 [l/min]으로 유지시켜 측정탱크 안에 구리평판전극을 넣어 대전파이프의 유동대전에 의해 대전된 유동절연유에 대한 직류전압 [0.5-20KV], 계면활성제의 농도 [100-900 PPM], 온도 [30-70°C] 변화에 따른 전도전류를 측정한다.

4. 결과 및 고찰

액체 유전체의 전도전류 특성은 저전계 오옴영역(I)과 2[KV/cm]이상의 고전계에서 전류가 포화되는 영역(II)로 구분된다. 저전계 영역에서 온도가 증가함에 따라 전도전류가 선형적으로 증가한다. 그러나 고전계 영역에서는 온도가 증가함에 따라서 그림 2 와같이 전류가 감소하는 경향이 있는데, 이것은 저전계 영역에서는 어떤 원인에서 이온수가 감소하면 질량작용법칙에 따라 해리반응이 진행되어 원상태로 돌아가려고 한다. 즉 전압이 인가되면 양이온은 음극으로 음이온은 양극으로 이동하여 중화되어서 액체중의 이온은 서서히 감소한다. 그러나 저전계 영역에서는 감소하는 속도도 느리고 감소한 만큼 해리에 의해 보충되기 때문에 이온수는 일정하게 된다. 그렇지만 고전계 영역에서는 이온이 감소하는 속도가 빠르게 되고, 해리반응이 이온이 감소하는 속도를 따라가지 못하므로, 이온수가 감소하게 되어 이온고갈현상이 나타나게 된다. 또한 없어진 이온은 전부 전극에서 중화되는 것이 아니고, 전극 앞면에 그대로 남아 있는 이온도 있는데, 인가전압을 ZERO로 하게되면 다시 액체로 나오게 된다. 그리고 그림 3 과같이 공기중에서 전도전류가 진공상태에서 보다는 조금 증가 하였다.

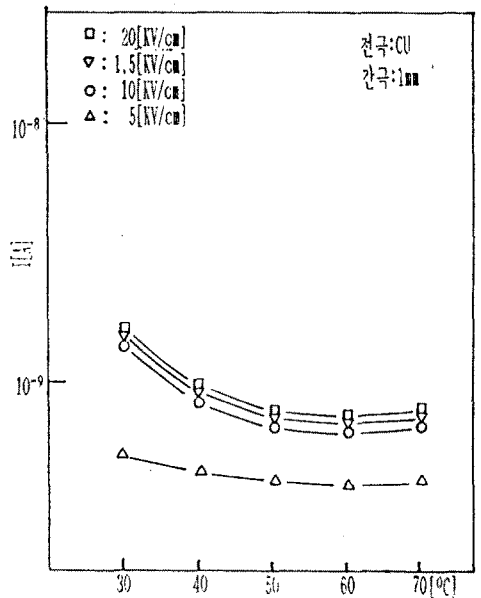

그림 2 정지시 전도전류의 온도의존성 (고전계 인가)

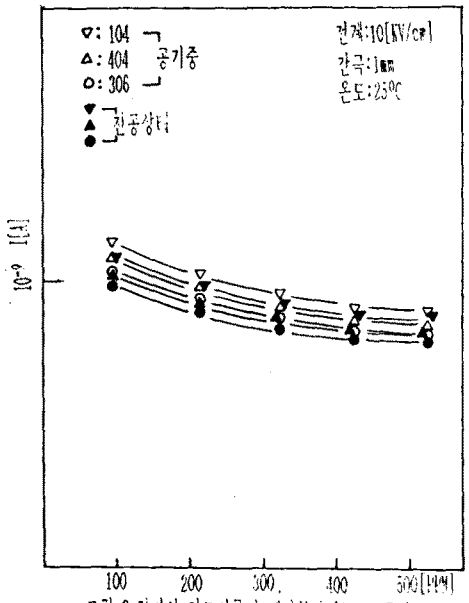

그림 3 정제시 전도전류의 계면활성제농도의존성

온도25°C, 전계10[KV/cm], 일정하게 유지시키고 POLYOXYETHYLENELLAURYL 104, POLYOXYETHYLENESTEAURYLETHER 306, POLYOXYETHYLENEOLEYLETHER 404, 비이온성 계면활성제를 절연유에 첨가시키고, 첨가량에 따른 전도전류를 그림 3에 도시하였다.

절연유중의 계면활성제의 농도가 증가함에 따라 전도전류는 감소한다. 이는 유중에 첨가된 계면활성제의 친수기가 유중의 수분과 결합하여 유중에 존재하는 전기전도를 위한 캐리어를 감소시키기 때문인 것으로 생각된다.

5. 결 론

대전 파이프에의해 대전된 유동절연유의 전도전류를 감소시키기위하여 절연유에 계면활성제를 첨가하고, 전도전류를 측정해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 유동절연유 중에 비이온성 계면활성제 POLYXYETHYLENELAULYL 104, POLYXYELENESTEAURYLLETHER 306, POLYXYETHYLENEOLEYLETHER 404,등의 농도가 증가함에 따라 전도전류가 감소한다. 그리고 저전계 영역에서는 온도가 증가함에 따라 선형적으로 전도전류가 증가 하는데 반하여, 고전계 영역에서는 감소한다.

6. 참 고 문 헌

1)大橋朝夫, 渡井茂男; 靜電氣學會誌 13, 2 (1989).

2)靜電氣 ハンドブック, P117-165, (1988).

3)靜電氣 帶電의 防止技術에 관한 調査研究 綜合報告書.

4)電氣學會技術報告, 液體中의 電導と破壞.

5)I. Adamczwski: Ionization, Conductivity and Breakdown in Dielectric Liquids, Taylor and Francis, London (1969).

6)下川前文; 大橋朝夫, 上田失: 靜電氣學會論文誌 A,105 (1985) 17.