

## 대전된 절연유에 의한 제전관내 침전극의 전위변화에 관한 연구

김 영일\* 김 영봉\*\* 김 두석\*\*\* 박 재윤\*\*\*\* 조 영규\*\*\*\*\* 이 덕출\*\*\*\*\*  
\*신구전문대학 \*\*인하공전 \*\*\*전북산업대 \*\*\*\*경남대 \*\*\*\*\*인하대

### The Study on the Electric Potential Variation of Needle Electrodes by Charged Insulating Oil in the Charge Reducer

Y.I.Kim\* Y.B.Kim\*\* D.S.Kim\*\*\* J.Y.Park\*\*\*\* Y.K.Cho\*\*\*\*\* D.C.Lee\*\*\*\*\*

\*Shinkoo Coll. \*\*Inha Junior Coll. \*\*\*Cheonbuk Industrial Univ. \*\*\*\*Kyungnam Univ. \*\*\*\*\*Inha Univ.

#### ABSTRACT

In this paper, we investigated the relationship between the needle electrode current and the needle electrode potential. The needle electrode potentials have influence on the needle electrode currents absolutely. So, to increase the needle electrode currents there is necessary to keep a high electric field in the charge reducer. For this, high insulation materials must be selected, and charge density of insulating oil must be high. In this experiment, the more a charge density of insulating oil increases, the more a needle electrode potential increases. So we could know what increasement of needle electrode potential increases a needle electrode current.

#### 1. 서론

유동대전 현상은 절연성 액체가 파이프내를 흐를 때 두 계면사이에서의 전기, 화학적 포테살차이에 의해 발생된 전기 이중층현상으로 기인한다.<sup>(1)</sup> 이 현상은 파이프내를 흐르는 액체가 절연성이 좋으면 좋을수록 현저하게 나타난다. 그 이유는 액체의 도전율이 높은 경우에는 대전현상이 일어나더라도 속히 완화되어 액체에는 축적되는 전하가 없기 때문이다. 보통  $\rho < 10^9$  에서는 대전현상은 일어나지않고,  $\rho > 10^{12}$  에서는 현저히 대전현상이 일어난다고 알려져있다.<sup>(2)</sup> 최근 변압기는 초고전압대용량화, 소형경량화의 추세로서 냉각효과의 상승을 위해 강제순환식이 행해지고 있다. 이 때문에 절연유와 절연지, 프레스보드등의 사이에서 마찰에 의해 정전기가 발생할수 있다. 이를 방지하는 대책으로 BTA계의 첨가제가 대전방지제로 사

용되며, 유동대전의 억제에 효과가 있다고 인정되고 있다.<sup>(3)</sup> 이 방법은 액체중에 적당량 혼입된 도전성 불순물이 액체의 도전율을 향상시켜서 발생한 전하를 빠르게 완화시키는 방법이다.<sup>(4)</sup> 이외에는 대전된 액체중에 역극성의 전하를 주입하여 중화하는 방법이 있다. 이 방법은 관로의 일부를 절연시킨후 파이프중에 접지된 침전극을 삽입하여 유중에 형성된 전계에의해 대지로부터 역극성의 전하를 끌어오는 방법이다.<sup>(5)</sup> 또한, 침전극을 통해 유입되는 전류는 파이프내부의 전계의 세기에 의존한다. 따라서, 본 논문에서는 침전극의 전위와 침전극의 유입전하량의 상관관계를 연구하였다.

#### 2. 실험 장치 및 방법

순환 펌프는 IWAKI(주) MD-100K-5M형 절연 펌프를 사용하였다. 계통내의 이온발생 필터로 유입되는 절연유를 중성으로 하기위하여 스테인레스로 완화 탱크를 제작하였고, 유온을 조절하기 위하여 완화 탱크의 내측면에 판히터를 설치하였다. 유량은 3~20 [ℓ/min]의 범위를 측정할수 있는 면적식 유량계를 직렬로 설치하였다. 이온 발생기는 필터를 연결하여 정이온을 발생하도록 제작하였다. 제전관은 테프론관을 사용하였는데, 그 내경은 40[mm], 외경은 50[mm], 길이는 300[mm]로 하였다. 또한, 외벽은 알루미늄 호일로 싸서 접지하였다. 전류계는  $10^{-12}$ [A]까지 측정가능한 미소전류계(TR8641, Takeda Riken)를 사용하였다. 침전극 전위의 측정에는 -2000 ~ +2000[V]를 측정할수있는 표면전위계(S-213, KEW)를 사용하였다. 외부의 한 노이즈를 최소화하기 위하여 실험장치 전체를 구리망으로 차폐하였으며, 모든 전선은 차폐선을 사용하여 접속하였다. 측정시에 침전극전류와 전위는 번갈아 측정하였다. 유량은 8[ℓ/min]로 일정하게 한후 측정하였다. 제전관의 개략도는 그림 2-1과 같다.

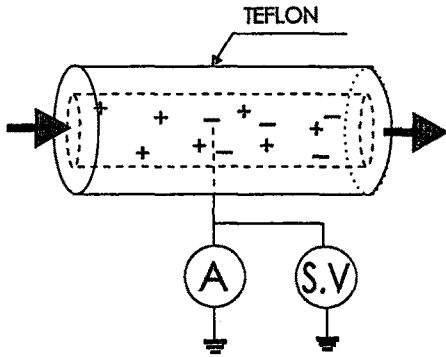


그림 2-1. 제전관의 구조  
Fig.2-1. Schematic diagram of charge reducer

### 3. 결과 및 고찰

절연유가 변압기내에서 대전되었을때 절연유중의 정전하를 제거하기 위해서는 대전된 양만큼의 부전하가 지속적으로 절연유내에 주입되어야 한다. 또한, 절연유의 잔류전하밀도가 불꽃방전이 발생하기 힘든  $30[\mu\text{C}/\text{m}^2]$ 이하로 유지되어야 한다.<sup>(5)</sup>

그림 3-1 에서는 온도의 상승에따른 침전극전위와 침전극전류의 변화를 나타낸다. 침전극이 한개일때에는 침전극이 세개일때보다 평균 50[V] 정도 높은 전위값을 나타낸다. 이와같이 침전극수에 따른 침전극전위의 변화가 선형적이지 않은 이유는 침전극이 세개일때에는 직렬로 배열된 세개의 침전극중에서 첫번째의 침전극에 의해 발생된 부전하에 의한 절연유의 체적전하밀도의 감소가 뒤쪽 두개의 침전극에 영향을 주기때문으로 사료된다. 침전극이 한개일때 세개일때보다 부전하의 유입이 많지만, 절연유의 대전량보다 많은양의 부전하유입은 역대전을 초래하므로 바람직하지않다.

그림 3-2 는 침전극전위의 변화에 따른 침전극전류의 변화를 나타낸 그림이다. 같은 전위에서 침전극의수가 한개일때에 세개일때보다 유입되는 침전극전류가 많음을 알수있다. 이것은 침전극의 갯수가 많을수록 전계의 분산에의한 영향과 제전관의 앞쪽에 설치된 침에서 분출되는 부전하에의한 뒤쪽의 침에서의 부전하 유입억제가 복합적으로 작용한것이 그 원인으로 사료된다.

그림 3-3 은 절연유중의 대전전하량과 침전극에 의한 유입전하량을 더한 잔류전하량을 체적전하밀도로 나타낸것이다. 침전극이 한개일때에는 부전하의 초과유입으로 인해서 약 35℃ 이후에 역대전되기 시작한후, 약 40℃부터는 방전의 위험이 있는  $30[\mu\text{C}/\text{m}^2]$ 을 초과한 체적전하밀도를 나타낸다. 이는 약 40℃이후에는 과도하게 유입된 침전

극전류가 오히려 부분방전을 유도할수 있음을 나타낸다. 그러나, 침전극이 세개일때에는 유입전류의 절대값은 작으나 최종적으로 절연유중에 남은 잔류전하는  $\pm 30[\mu\text{C}/\text{m}^2]$ 보다 작으므로 안정된 제전이 이루어짐을 알수있다.

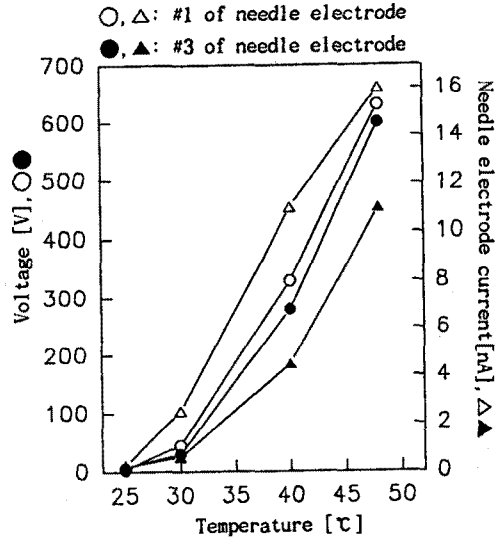


그림 3-1. 침전위와 침전류의 유온의존성  
Fig.3-1. Dependence of needle electrode potentials and needle electrode currents on oil temperature

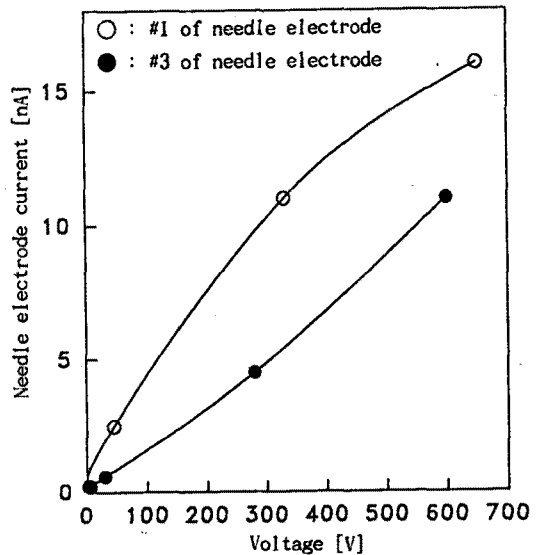


그림 3-2. 침전류의 침전위의존성  
Fig.3-2. Dependence of needle electrode current on needle electrode potential

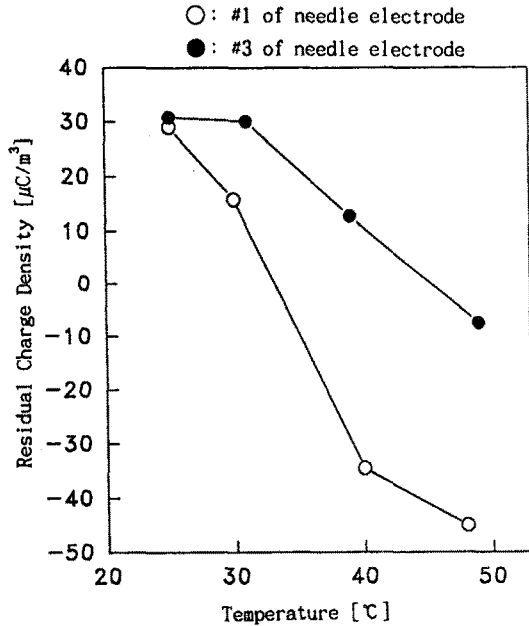


그림 3-3. 잔류전하의 유온의존성

Fig.3-3. Dependence of Residual charge density on oil temperature

(4)A.Klinkenberg : "Electrostatics in the Petroleum Industry", P.58.

(5)Ginsburgh : "The Static Charge Reducer", Journal of Colloid and Interface Science, vol 32, NO.3, March, 1970.

#### 4. 결론

테프론으로 제작한 제전관에 침전극을 삽입하여 침전극의 갯수와 침전극전위의 변화에 따른 유입 전류의 변화를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 절연유의 온도가 상승할수록 체적전하밀도가 상승하고, 그에따라 침전극의 전위도 직선적으로 상승하였다.
- 2) 침전극을 통해 유입하는 전류는 침전극의 전위에 의존하여 유입되었다.
- 3) 침전극이 세개일때는 한개일때보다 적은양의 전하가 유입되었으며, 그 이유는 전계의 분산에 의한 영향과 앞쪽 침전극에서 유입된 전하에 의한 체적전하밀도의 감소가 복합적으로 나타난것이라 사료된다.

#### 5. 참고 문헌

- (1) 靜電氣學會編 ; 靜電氣 핸드북, P.101 (昭和 56)
- (2) NFPA, No.77M, Static Electricity(1961)
- (3) 石油學會編 ; 電氣絶緣油 핸드북, PP. 54-55(1987)