

유로형상에 의한 절연지의 유동대전 특성

Streaming Electricfication of Pressbord by Oil Path Form

이동훈* 최창락** 박재윤* 이충식* 고희석* 이덕출**
* 경남대 전기공학과 ** 인하대 전기공학과

D. H. Lee* C. L. Choi** J. Y. Park* S. C. Lee* H. S. Koh* D. C. Lee**
* Kyungnam University ** Inha University

Abstract

Electrification pipe modeled on the oil path of the high power transformer is designed and manufactured. Distributions of oil flow velocity are simulated as spacer form in the electrification pipe. Streaming currents are investigated as each electrification pipe. The surface oil velocity of spacer is small the streaming current..

1. 서 론

절연성이 좋은 액체가 유동하는 경우 액체가 대전되고 이것이 원인이 되어 정전기 재해가 발생한다^[1]. 즉 석유공업에 있어서 제품의 전송, 저장 등에서 석유가 송유관 및 오일 필터를 통과해서, 저장 탱크로 송유된다. 이때 탱크내의 다량의 대전 전하가 축적되고 유면 전위 및 전계가 상당히 증가하기 때문에 저장 탱크 내의 구조물과 대전 유 간에 불꽃 방전이 발생하고, 폭발성 혼합기체로 착화되어 폭발을 일으키는 일이 있다^[2]. 또 이와 같은 현상은 항공기 연료 보급의 경우에도 발견되며 최근에는 전력용 변압기의 대용량화, 고전압화를 위하여 냉각 효과의 증대 및 절연물의 절연 성능 향상을 위해 노력하고 있다. 이 때문에 변압 기내에서 유동대전에 의한 대전 전하량이 증대하고, 그것이 원인이 되어서 변압기내에서 절연파괴가 일어난다^[3-4]. 따라서 정전기 재해에 대한 대책이 없이는 대용량 변압기의 안전운전은 불가능하게 되며 날로 증가하는 전력 수요를 충당하기 위한 승압이 불가능하게 된다. 또한

산업이 발달하게 될수록 이와 같은 정전기 재해는 늘어나게 되고 재해도 증가되어 가고 있다. 따라서 선진국을 중심으로 정전기 재해방지에 대한 연구가 새로운 연구 과제로 등장하고 있으며 상당한 연구가 진행되고 있는 것으로 보고되고 있다. 최근에는 일본의 아이지 공업대학의 S. Watanabe, A. Ogasi^[5]등이 세관에서의 유동대전 현상 전기 이중층 전위, 집진기 및 소연기등에 대해서 연구를 진행하고 있으며 히다찌연구소의 M. Higaki, H. Miyao^[6]등의 절연유-절연지 계면에서 유동대전에 의해 발생된 대전 전하 전위 분포 계산 및 여전 방법에 관한 연구결과를 발표한 바가 있다. 또한 미쯔비시 연구소의 R. Tamura, T. Watanabe^[7]등은 외철형 대용량 변압기의 유동대전현상에 관한 논문을 발표했으며 폴란드의 E. Brzostek, J. Kedzia등은^[8] 열화된 변압기 절연유의 대전현상에 대한 논문을 발표했다. 그리고 유럽의 Shell계 미국의 Esso계에 속하는 연구기관에서도 이런 연구가 진행되고 있으며 특히 미국에서는 EPRI중심으로 유동대전 관련 연구를 수행중에 있는 것으로 보고되고 있다^[9].

본 연구에서는 대용량 변압기에서 절연유가 통과하는 유로를 모델링한 대전 파이프 내에서 스페이사의 구조 및 위치 즉 유로형의 변화에 따른 유로 내의 각 부분의 대전량에 가장 중요한 유속 분포를 이론적 시뮬레이션으로 하여 대전량을 예측하고 실험적으로 이를 증명하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

대용량 전력 변압기에서 유동대전에 의해 정전기

대전이 많이 발생하는 부분을 모델링한 대전파이프를 설계 제작하고 기하학적으로 모델 유로를 여러 가지 형상으로 변화시킬 때 유동대전 감소 효과를 측정하기 위한 실험장치의 개략도를 그림 1에 도시한다.

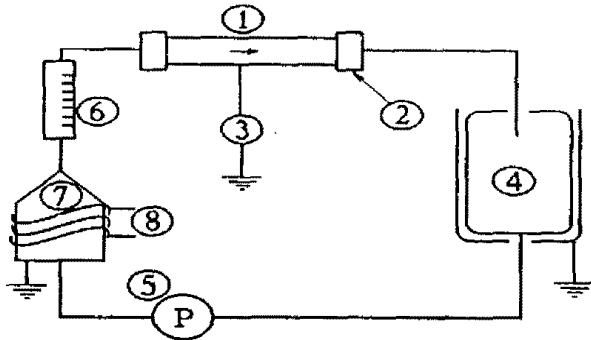


그림 1 실험장치의 개략도

절연유가 순환 할 때 대전 파이프에서 대전된 유충전하가 유의 흐름과 함께 흘러서 저장되고 접지로 완화될 때 발생하는 완화전류를 측정하기 위하여 지름 410[mm], 길이 450[mm]인 파라데이 케이지를 스테인레스로 설계 제작하였으며 그 외부에 지름 510[mm], 길이 600[mm]로 원통형 외부 노이즈 차폐용 실드 챔버를 부착하였다. 그리고 대전 파이프의 펌프, 및 기타 순환계통에서 유동대전에 의해 발생된 유충 전하를 완화시켜 대전 파이프에 유입되는 절연유를 항상 중성 유로 유지시키기 위해서 지름 300[mm], 길이 600[mm]인 완화 탱크를 스테인레스로 설계 제작하고 대전 파이프 앞부분에 연결하여 접지시켰다. 유은은 용량이 2[KW]인 히타 2개를 완화 탱크에 부착하여 입력 전압을 조절하여 변화시켰다. 지름 30[mm], 길이 400[mm]인 스텐레스 파이프를 사용하여 그 내부에 대용량 전력 변압기에 사용되고 있는 절연지로 관을 만들고, 변압기 내부에서 절연유를 순화시킬 때 유동대전에 의해 사고가 다발하는 순환 부분을 유로로 모델링한 대전 파이프를 설계 제작하고 테프론 파이프로 양쪽을 다른 순환 파이프와 절연시켜 접속하였다. 대전 파이프의 개략도를 그림 2에 도시한다.

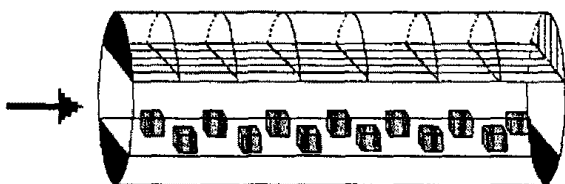


그림 2 대전 파이프의 개략도

또한 절연유의 흐름이 원활하게 되도록 모델 유로 사이에 삽입되는 스페이사의 선단 부분의 형상을 기하학적으로 변화시켜 여러 가지 스페이사 형상을 설계 제작하였으며 그 형상을 그림 3에 도시한다.

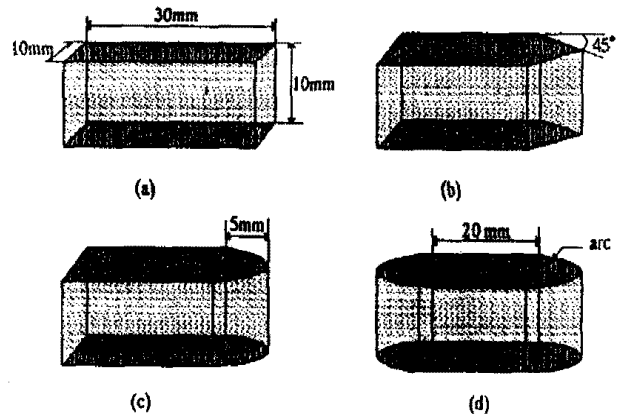


그림 3 스페이사의 형상

2.2 시뮬레이션 및 측정

모델링한 대전 파이프의 스페이사의 형상과 배치에 따라 스페이사 표면의 유속분포를 시뮬레이션 하였다. 대전 파이프에서 유동전류 측정은 펌프로 약 1시간 동안 절연유를 순환시켜 실험장치가 정상 상태로 유지된 다음 각 유로 형상에서 대전 파이프에서 접지로 완화되는 전류를 측정하였다. 이때 유량 조절은 LG사의 정전기 방지용 자기 펌프의 회전속도를 변화시켜 유량을 1~7 [l/m]로 변화시켰다.

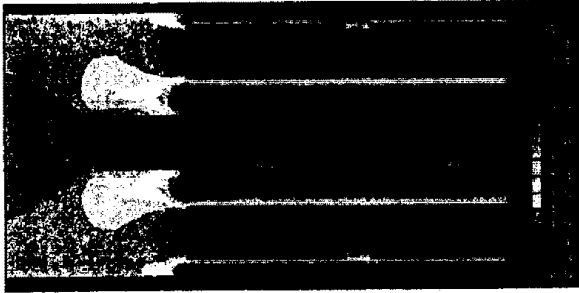
3. 실험결과 및 고찰

3.1 스페이사 형상의 영향

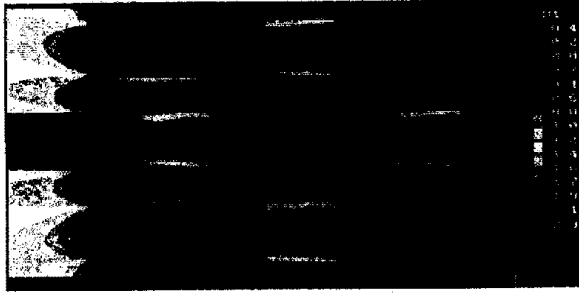
그림4 는 유로형상에 따른 유로 내부 및 스페이사 표면의 유속분포를 시뮬레이션한 결과를 도시한 것이다.

그림에서와 같이 절연유의 흐름이 원활하도록 스페이사의 형상을 설계함으로써 유동대전에 의한 정전기 대전량과 직접 관계되는 스페이사의 표면의 유속을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

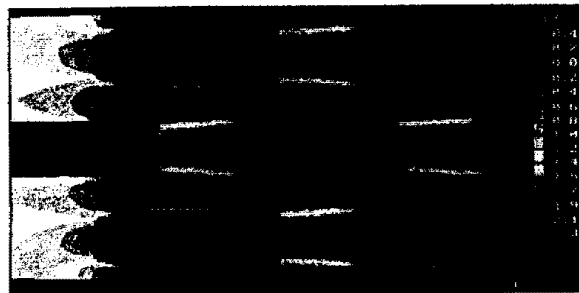
그림 5는 시뮬레이션에 사용한 스페이사와 동일한 스페이사로 구성된 대전 파이프에서 측정된 유동전류를 도시한 것이다. 시뮬레이션 결과의 스페이사 표면의 유속분포와 반비례하여 표면유속이 가장 작은 그림4의 (d)와 같은 스페이사의 경우가 가장 작은 유동전류를 나타내었다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림4 유로 형상에 따른 유속 분포

3.2 스페이사의 위치의 영향

그림 6은 대전 파이프 내의 스페이사의 위치를 변화시켰을 때의 대전 파이프 내의 유속분포를 시뮬레이션한 것이다. 그림(b)의 경우가 스페이사의 표면유속이 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 그림 7은 스페이사를 이와 같이 구성한 대전 파이프에서 유동 전류를 측정 한 것을 도시한 것이다. 시뮬레이션의 결과와 같이 표면 유속이 작은 그림 6-(b)의 경우가 유동전류가 작게 나타났다.

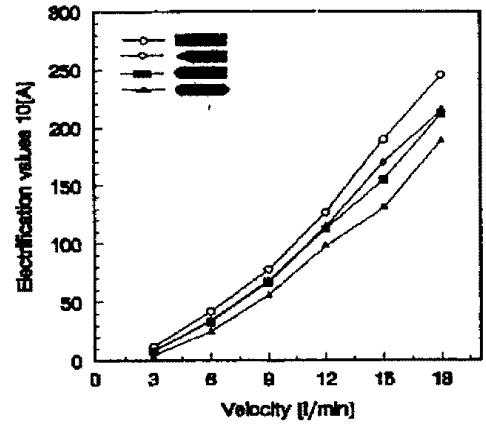
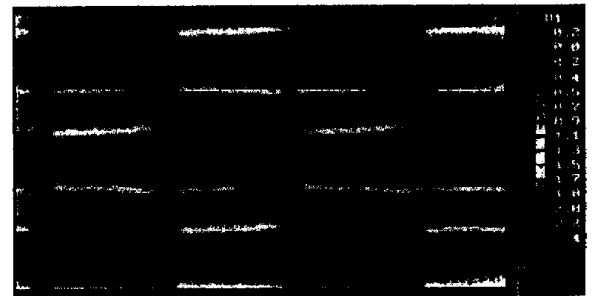
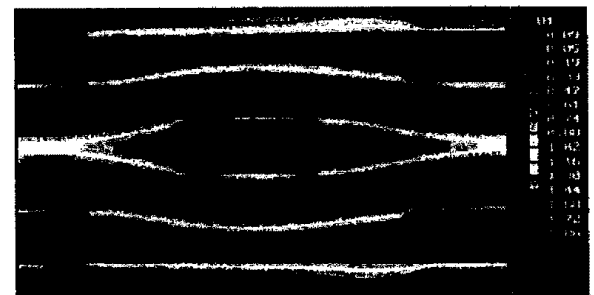


그림 5 유로형상에 따른 유동전류



(a)



(b)

그림 6 스페이사 위치에 따른 유속분포

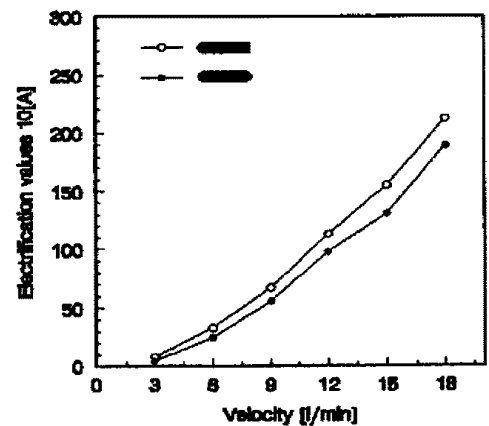


그림 7 스페이사 위치에 따른 유동전류

4. 결 론

대용량 변압기의 유로는 모델링한 대진파이프내에서 스페이서의 형상에 따라 표면 유속분포는 시뮬레이션한 결과에서 유의 흐름을 완만하게 할수록 표면 유속이 감소하였다. 또한 이때 유동전류가 가장 작게 되었다.

참고문헌

- 1) 靜電氣學會編:靜電氣ハソドブシク,pp 101, pp.888, 1981.
- 2) シェル石油株式會社編 :“21万トンタンカ-連續爆發事故原因調査狀形 中間報告書”, 1970
- 3) 田村, 外1 : 電氣學會誌, 99,10,913,1979. 發事故 原因調査 現況中間報告. 1970.
- 4) 大久保仁,外1 :“油中絶縁における破壊と空間電荷”, 靜電氣學會誌, 14. 1, pp.16-24, 1990.
- 5) M.Fujii, A.Ohashi, etal : " New Method of Decreasing the oil surface potential in a tank with an electrostatic screener", IEEE, Trans, on Electro. Insulation, Vol EI-20, NO.2, Apr., 1985.
- 6) M.Higaki, etal. : A Calculation of pontential distribution caused by static electrification owing to oil flow in a oil paper insulation system and it's application to partial discharge phenomena in oil", IEEE, VOL.PAS-98, NO.4, 1979.
- 7) R. Tamura and Watanabe : " Static electrification by forceed oil flow in large power shell form Transformer". 靜電氣 學會誌 3, 5, pp. 266-273, 1979.
- 8) E. Brzostec,etal. : static electrification in aged transformer oil", IEEE trans. on Elec. Insul., Vol. EL-21, No.4, 8,1986.
- 9) D.W.Crofts : Static electrification phenomena in power transformer", Texas power and light Co., 1985.