

## 절연오일의 효율을 향상하기 위한 다단계 필터 설계에 관한 연구

### A study on Design for Multi-step Filter to improve the Efficiency of Insulating Oil

권병무\* 전남대학교 전기공학과  
기현철\* 전남대학교 전기공학과  
정우성\* 전남대학교 전기공학과  
최창주\*\* 조선대학교 전기공학과  
김태성\* 전남대학교 전기공학과

#### Abstract

Because the traditional filters have many demerits, multi-step electric oil filter have manufactured the efficiency of insulating oil to improve.

Therefore, the function of oil filter to improve based on my experience and know-how about my job.

Through this study have obtained many merits. The efficiency of insulating oil is improved. The waste oil reused in repair works of the damaged transformer. Multi-step filter is shortening the working time and safety. it is handy for use and movement.

This study lengthen the expected life span of filter. The improvement of oil filter bring about elevation of productivity

#### 1.서론

기존여과기는 절연효율이 낮을 뿐더러 여과속도가 느리고 여과기를 사용하고 운반하는데 불편이 따르며 안전장치가 되어있지 않아서 작업과정에 많은 사고 위험을 안고 있는 등 많은 제한점을 안고 있다.

다시 말하면 기존여과기는 여과성능이 좋지 못해서 슬러그, 수분, 가스 등을 완전히 제거하지 못하고 단순히 불순물만을 걸러내 절연과피전압이 30kv 이하의 수준을 넘지 못하였다.

기존여과기를 사용할 때는 폐유를 재활용할 수 없기 때문에 그것을 폐기처리하는데 1드럼당 1만원의 비용이 소요되고, 더구나 환경오염을 유발하는 등의 문제점을 안고 있었다.

또한 기존여과장치는 여과작업속도가 느려서 1시간에 10드럼을 정제하는 수준이었고, 장치를 수동으로 조작하기 때문에 사용하고 운반하는데 불편이 컸으며, 활선작업과정에 안전장치가 되어있지 않아서 위험성이 높다.

본 연구에서는 이와 같은 기존여과장치의 문제점을 개선하여 작업효율을 높이고자 블록다이아그램을 설계하여 다단계여과장치를 제작하여 여과장치의 효과를 고찰하였다.

#### 2. 실험 및 방법

##### 2.1 실험장치 설계

본 연구에서는 다단계 여과장치는 9단계의 정밀한 과정을 거쳐 성능이 우수한 정제효과를 가져오는 다단계여과장치를 설계 제작하였다.

그림1은 다단계여과장치의 각 단계별 공정 흐름도를 나타낸 것이다.

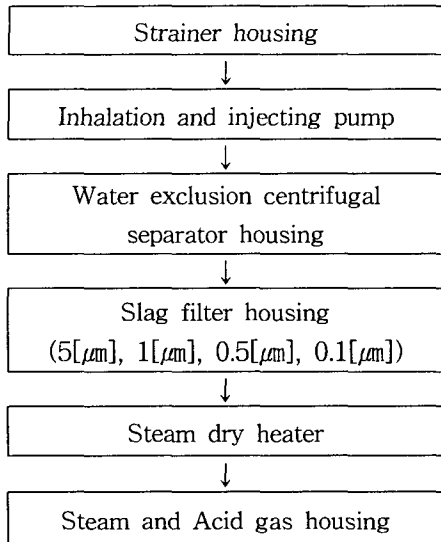


Fig.1. Flow chart of Multi-Step Filter

1단계의 스트레나하우징은 이물질 제거를 목적으로 설치된 여과장치이다. 절연유 흡입펌프 입구 측에 장치하여 펌핑과정에서 유입될 수 있는 10[μm]정도의 굵은 고형물을 걸러낸다.

2단계의 흡입분사펌프는 변압기 본체 탱크 측 배유변에서 기름을 흡입하여 협잡물이 소거된 절연성분의 탄화수소물을 원심분리기로 분사공합하는 가압샌드분해를 하고 흡입된 광유계 탄화수소물을 15[kg/cm<sup>2</sup>]의 고압으로 분무시켜 절연유 중에 gakdb된 수분을 미세분자로 분사유리 시키는 원동력의 공합원이다.

3단계의 수분제거원심분리하우징은 협잡물이 소거된 순수정제유 중에 함유된 수분을 제거하는 목적의 중요한 장치이다.

4단계 슬라지 필터 하우징 단계로서 슬라지를 제거하기 위하여 순차적으로 5[μm], 1[μm], 0.5[μm], 0.1[μm] 필터를 거치게 하였다. 카드릿지 필터는 원층을 10개로 분산하여 연속하여 하단에 5개, 상단에 5개의 휠타를 동일하우징 내부에 장착하고 외부에 슬라지가 흡착되며, 필터내면 내부집유파이프로 정제유가 인출되도록 설계하였다.

다음단계인 수증기건조히터장치는 정제용량은 6000[l]이고 파이프형 전기히터 내부심공으로 정

제유가 송유되면서 유동대전과 열발착효과의 양면 유인책으로 기화된 수증기나 산기증발가스는 전기히터 심공에 흡착되는 순간 완전 소멸된다.

마지막 단계인 수증기 및 산성가스하우징은 앞 단계까지 정제여과과정을 통과한 정제유는 진공 탱크에서 진공되어 진공상태 0.5[torr]를 기준으로 하여 모든 가스를 흡입하는 장치이다.

## 2.2 실험방법

이러한 다단계여과장치를 설계하여 여과장치의 성능을 관찰하기 위하여 3개 공장의 변압기에서 절연유를 채취하였다.

채취한 절연유를 다단계여과장치를 거치 나온 정제유의 성능을 평가하기 위하여 현장실험은 절연과괴전압실험과 全酸價에 의한 판정법을 사용하였다. 실험은 2회에 걸쳐 실행하였는데 중간실험은 정제작업 4회전 시점에서, 최종시험은 6회전 시점에서 수행하였다.

절연과괴전압시험에서는 표1과 표2를 참고하였다.

Table 1. Insulating breakdown voltage

66KV or more transformer which is not directly contact oil with water	more than 35KV
the others	more than 30KV

Table 2. Judgement of all oxidized value

new oil	less than 0.02
ultrahigh voltage transformer oil	if less than 0.2 is good
33KV and less transformer oil	if less than 0.3 is good
the oil which is necessary for rebirth or change before long	0.3 - 0.5
the oil which is necessary for rebirth or change emmediately	more than 0.5

### 3. 실험결과

그림 2은 다단계여과자치의 내부 전면을 나타낸 것이다.

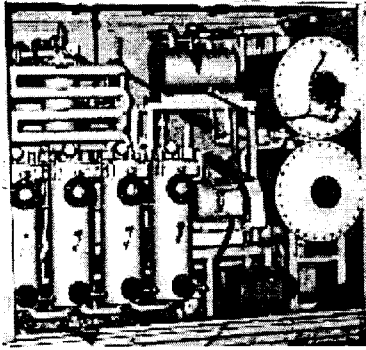


Fig. 2 External front view of Multi-Step Filter

그림 3은 C 대학의 절연파괴 전압과 산화물 크기를 나타낸 결과이다. 그림에서 보는 것과 같이 절연파괴 전압이 40~55[kV] 정도의 높은 파괴 전압이 나왔으며, 全酸價는 0.012~0.017[mg KOH/g] 이 나왔으며, C 대학에서는 100[%] 모든 시료에서 기준치에 양호판정을 할 수가 있었다.

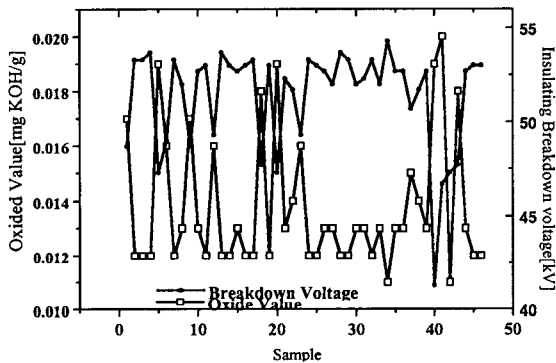


Fig.3 Result of insulating oil test in C University

그림 3은 K공장에서는 주변압기와 2차 변압기 36개에 대한 절연유정제작업을 실험한 결과이다. 절연파괴 전압이 40~59[kV] 정도의 높은 파괴 전압이 나왔으며, 全酸價는 0.004~0.028[mgKOH/g] 이 나왔으며역시 이곳에서도 100[%] 모든시료에서 양호 판정을 할 수 있다.

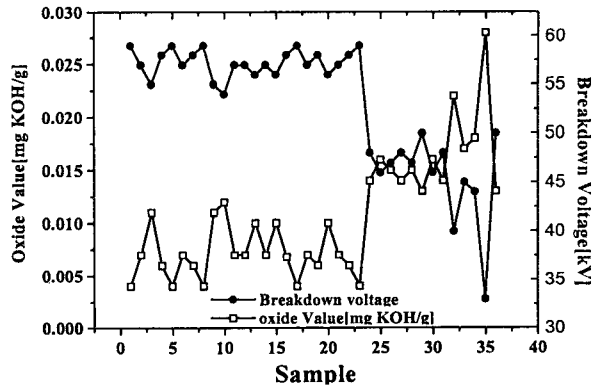


Fig.4 Result of insulating oil test in K factory

표3은 B공장에서 성능실험을 실시하였는 바, 대부분 3회전 후에는 절연파괴전압이나 전산가의 측정치이다. 이러한 측정값에서도 절연파괴전압이 47~60[kV], 全酸價는 0.011~0.019[mg KOH/g]이 나왔으며 역시 양호한 판정을 할 수 있었다.

Table 3. Result of insulating oil test in B factory

시료	Breakdown Voltage[kV]	Oxide Value [mg KOH/g]
1	47.8	0.018
2	51.5	0.014
3	45.9	0.015
4	55.7	0.011
5	55.0	0.012
6	59.5	0.013
7	49.4	0.010
8	52.6	0.018
9	49.6	0.019
10	55.6	0.017

이러한 실험 결과에 의해서 기존여과장치에서는 단순히 불순물만을 제거하는 수준이었으나, 다기능여과장치에서는 불순물 물론 절연유에 포함된 슬라지, 수분, 가스등을 모두 걸러낸 10배 이상의 정제효과를 향상 시킬 수 있다.

다단계여과장치에서는 발유를 모두 처리하는 비용이 10,000원 /드림의 부담과 환경오염에 대한 책임을 면할 수 없었으나 다단계여과장치에서는 발유처리비용이나, 환경오염에 대한 부담이 없을

뿐더러, 오히려 180,000원/드럼의 재활용가치를 얻게 되었다.

정제속도에 있어서도 기존여과장치로는 2,000[l/h]의 속도가 최고였으나, 다단계여과장치를 사용하면 6,000[l/h]의 속도를 유지할 수 있어서 최소한 3배 이상의 속도시간을 단축하였다.

다단계여과장치는 자동으로 조작하기 때문에 기계의 운전이나 이동이 불편하지 않는다. 또한 활선작업과정에서 기포가 발생하지 않기 때문에 안정성이 높다.

기존여과장치는 고전압에서의 사용이 제한되었으나 다단계여과장치에서는 345[kV]이상의 초고압에서도 사용이 가능하다.

#### 4. 결론

기존여과장치에서의 단점을 보완하기 위해서 다단계여과장치를 설계하였으며, 여과장치의 성능평가를 위하여 절연과괴전압의 전산가를 이용하여 실험을 하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 다단계 여과장치는 기존의 여과장치보다 10배의 정제효과를 얻을 수 있었다.
2. 다단계여과장치는 기존의 여과장치에서의 발유의 처리비용과 환경오염의 부담을 줄였으며, 180,000원/드럼의 재활용가치를 얻을 수 있었다.
3. 다단계여과장치는 기존의 여과장치에서의 정제속도를 최소 3배이상의 정제시간을 단축시켰다.
4. 다단계여과장치는 기존의 여과장치와 달리 자동으로 조작이 가능하여 기계의 운전이나 이동이 쉽다.
5. 기존의 여과장치에서는 활선작업과정에서의 기포가 발생하여 위험이 발생하나, 다단계여과장치는 진공상태를 유지하기 때문에 안정성이 높다.
6. 다단계여과장치는 345[kV]이상의 초고압에서도 사용이 가능하다.

이처럼 개선된 다단계여과장치를 이용하여 절연유를 제조하는 경우 저렴한 보수유지비로 양질의 전력서비스를 받기 때문에 경제적이고 안

전할 뿐만 아니라, 발유처리로 인한 환경오염을 줄임으로써 결과적으로 보다 향상된 삶의질을 보유할 수 있게 되었다.

#### 참고문헌

1. 일본석유학회, 전기절연유핸드북, 1989.4, pp153~187, 1989
2. 최기영, "수분과 먼지의 첨가에 따른 변압기 절연유의 대전성향", pp. 101~107, 1998
3. 김경렬, "분광광도법 및 전기분석법을 이용한 절연유의 경년열화 진단에 관한 연구", pp. 213~218, 1998
4. K. satoh and Y. Hayahi "절연유중 가스분석피에 미치는 유중 총가스량과 기름온도", pp. 92~105, 1998
5. 전춘생, "SF Gas를 용해시킨 변압기 절연유의 고주파 전기특성의 향상", pp.94~111, 1994.