

절연재료 수명평가용 프로그램 개발

Development of the Program for Estimation Lifetime of Insulating Materials

박성민*, 배덕권*, 이성일**, 오재한***, 이준웅****
(Sung-Min Park, Duck-Kweon Bae, Sung-Il Lee, Jae-Han Oh and Joon-Ung Lee)

Abstract

This paper studied development of the program for estimation the life time of insulating materials and the longtime breakdown voltage.

First, short-time breakdown voltage of Epoxy and insulating oil was measured. Life exponent was gained from measurement of insulating breakdown time of the specimens. Life time is presumed from program.

The estimation program is based on the "Inverse Power Law", defined $V^n t$ is constant. After gaining the life exponent n , it is mapping the longtime breakdown voltages. On the base of life exponent, the estimation the lifetime and usefulness of the insulation systems are possible, furthermore easy calculation is possible.

1. 서론

최근 산업의 발전으로 인한 대도시와 같은 부하집중지역의 증가로 전력설비의 대용량화, 초고압화가 급속도로 진행되고 있으며, 안정된 전력 전송을 위한 절연 시스템의 고신뢰성이 요구되고 있다.

고신뢰성 절연재료의 연구·개발이 진행되고 있으나 이 밖의 시간 경과에 따른 재료의 수명 단축 또한 신뢰도 높은 전력 공급을 위해서 중

요하므로, 수명시간 및 절연과괴에 관한 데이터를 정량적으로가속화의 예측으로 설비의 적절한 교체시기 설정 평가할 필요가 있다.

본 논문에서는 절연재료의 V-t 특성에 의하여 수명예측을 위한 프로그램을 개발하였고, 이를 이용한 유기고분체재료인 에폭시와 절연유의 수명예측을 행하였다.

2. 프로그램 작성

2.1 Inverse Power Law

$V^n t$ 가 일정함을 이용하여

$$V_1^n t_1 = V_2^n t_2 = Const. \quad (2-1)$$

$$V_1^n = V_2^n \frac{t_2}{t_1} \quad (2-2)$$

$$n \log V_1 = n \log V_2 + \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2-3)$$

* : 광운대학교 전기공학과

(서울시 노원구 월계동 447-1, Fax: 02-942-0107,

E-mail: minipark@emlab2.kwangwoon.ac.kr)

** : 충주대학교 안전공학과

(충북 충주시 이류면 검단리 123)

***: 성화대학 전기과

(전남 강진군 성전면 월평리 산 224)

****: 한국전기전자재료학회

(서울시 강남구 역삼동 과학기술회관 본관 609호)

$$n(\log V_1 - \log V_2) = \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2-4)$$

n에 대해서 정리하면,

$$n = \frac{\log \frac{t_2}{t_1}}{(\log V_1 - \log V_2)} \quad (2-5)$$

각 값 (V_1, V_2, t_1, t_2)들로부터 식 (2-5)을 이용하여 적당한 n값을 정하며 수명 지수 n이 정해지면 이 식에 대입하여 파괴 전압과 시간과의 관계를 추정할 수 있다.

그림 2-1은 수명지수에 따른 열화 속도의 변화를 개략적으로 나타낸 그림이다.

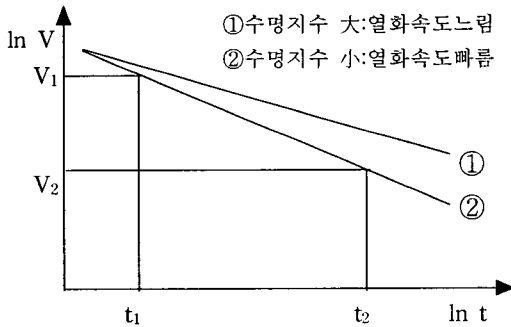


그림 2-1 수명지수에 따른 열화 속도

2.2. 프로그램 작성

본 프로그램은 위에서 보인 Inverse Power Law를 기반으로 C++를 컴파일러로 사용하였다.

실험을 통한 시료의 순간파괴값(V_1, t_1)과 순간파괴값 이하의 임의의 일정전압(V_2)의 파괴 시간(t_2)을 입력하여 결과로 수명지수 n값을 구하고 이것들로부터 시간의 변화에 따른 파괴 전압값을 예측하는 수명그래프를 나타내었으며, 시간변화에 따른 파괴수명값을 얻었다.

프로그램에 관한 흐름도는 다음 그림 2-2와 같다.

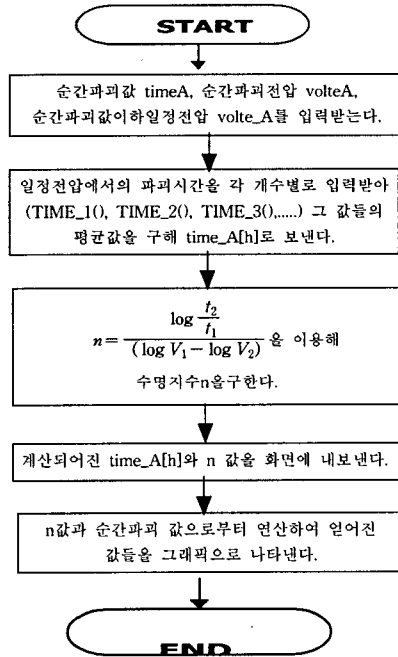


그림 2-2 프로그램에 관한 흐름도

3. 예측결과 및 검토

각 시료의 순간파괴값은 10번의 실험치의 평균값을 사용하였으며, 승압 속도는 1[kV/sec]로 교류를 인가하였다.

Epoxy의 파괴실험에서는 구전극(스테인레스, 3.96[mm ϕ])과 평판전극(Silver Paste, 10[mm ϕ])을 사용하였으며 전극간격은 100[μ m] 이고 순간파괴전압은 8.5[kV]로 측정되었다.

아래 표3-1은 Epoxy의 순간파괴값 이하의 일정전압 인가 시 얻어지는 파괴시간을 나타낸다.

표3-1 Epoxy의 파괴시간

인가전압 [kV]	t1 [min]	t2 [min]	t3 [min]	t4 [min]	t5 [min]
6	53	56	63	64	66

실험에서 얻어진 값들을 프로그램에 적용하여 실행하면 그림3-1과 그림3-2와 같은 과정을 통하여 그림3-3의 결과그래프를 얻을 수 있다.

본 프로그램의 결과로서 Epoxy의 수명지수 $n=17.4$ 이며, 각각의 10년 후, 20년 후, 30년 후의 예측되는 파괴전압값은 6.5[kV], 5.5[kV], 3[kV]이다.

순간 파괴값을 입력합니다.
 평균 파괴 시간(단위는 [min]) : 0.14
 평균 파괴 전압(단위는 [kV]) : 8.5
 순간 파괴전압 이하에서의 측정치를 입력합니다.
 순간파괴값 이하에서 측정된 기준 전압(단위는 [kV]) : 6
 일정 전압에 따른 파괴시간 값은 몇개입니까? (숫자로 기입) : 5
 1번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 53
 2번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 56
 3번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 63
 4번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 64
 5번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 66

그림 3-1 Epoxy의 프로그램 실행과정 1

순간 파괴전압 이하에서의 측정치를 입력합니다.
 순간파괴값 이하에서 측정된 기준 전압(단위는 [kV]) : 6
 일정 전압에 따른 파괴시간 값은 몇개입니까? (숫자로 기입) : 5
 1번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 53
 2번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 56
 3번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 63
 4번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 64
 5번째 파괴 시간을 입력하십시오(단위는 [min]) : 66
 평균 파괴 시간 : 60.400
 수명지수 $n = 17.419$
 입력값이 맞으면 1을 입력하세요

그림3-2 Epoxy의 프로그램 실행과정 2

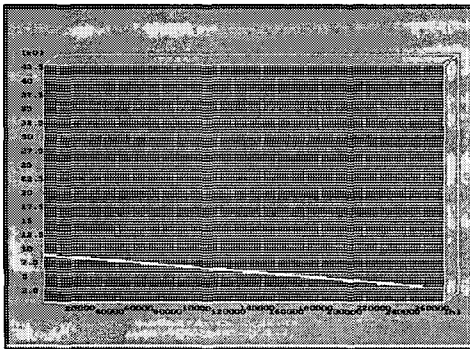


그림3-3 Epoxy의 프로그램 결과그래프
 절연유의 파괴시험은 구대구전극(10[mm ϕ])을

사용하였으며 전극간격은 2.0[mm]이며, 순간파괴값은 42[kV]이다.

표3-2는 절연유의 순간파괴값 이하의 일정전압에서의 파괴시간을 나타낸다. 이때 인가전압은 28[kV]와 30[kV]로 변화를 주어 비교하였다.

표3-2 절연유의 파괴시간

인가전압 [kV]	t1 [min]	t2 [min]	t3 [min]	t4 [min]	t5 [min]
28	1800	1920	2100	2160	2520
30	90	105	110	120	180

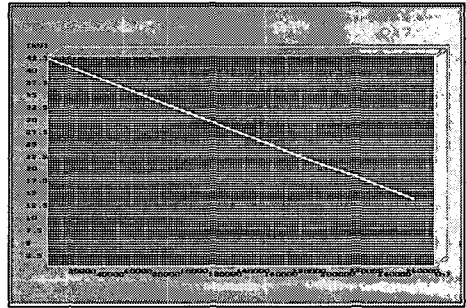


그림3-4 28[kV]인가한 절연유의 프로그램결과그래프

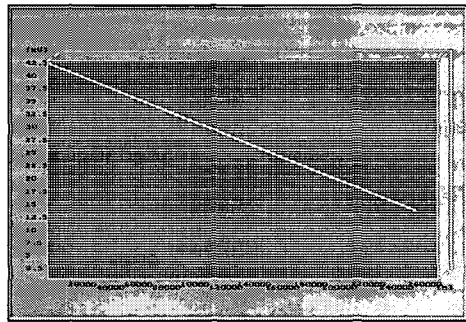


그림3-5 30[kV]인가한 절연유의 프로그램결과그래프

위의 그림3-4와 그림3-5는 각각의 절연유에 28[kV]와 30[kV]의 전압을 인가시에 얻어지는 프로그램의 결과 그래프이다. 프로그램의 결과로 수명지수는 28[kV]는 $n=19.74$, 30[kV]는

n=15.31이다.

그리고 각각의 인가전압에 따라서 절연유의 시간변화에 예측되는 파괴전압은 다음 표3-3에 나타내었다.

표3-3 시간변화에 따른 절연유의 파괴전압예측

인가전압	n	10년[kV]	20년[kV]	30년[kV]
28[kV]	19.74	33	25	17.5
30[kV]	15.31	32	22	13

4. 결론

본 연구에서는 파괴 시간에 따른 수명 진단을 통하여 산업 현장에서 부품이나 시스템의 장기적인 성능을 사전 평가할 수 있었으며, 기기나 설비의 고장이나 앞으로 기기, 설비에 발생할 수 있는 사고를 미리 예측해 볼 수 있는 다음과 같은 결과를 나타내었다.

- 1) 프로그램을 통한 수명예측으로 절연시스템의 사전 평가가 가능해졌다.
- 2) 보다 간편한 절연시스템의 수명지수 계산이 가능해졌다.
- 3) 수명지수를 기준으로 절연시스템의 수명예측이 가능해졌다.
- 4) 설계시, 수명지수에 의한 시스템의 절연 두께를 산정 할 수 있다.
- 5) 절연재료의 각 시스템의 적합여부 판별이 용이해졌다.

참고 문헌

[1]. “長時間 V-t 特性における最適數學モデル選定と壽命推定の統計的方法” 電學論, 112B, No. 9, 1992

[2]. J. J. O'Dwyer, “The Theory of Electrical Conduction and Breakdown in Solid

Dielectrics”, Clarendon Press. Oxford, 1973

[3]. 元起嚴, 時光 富士雄, 喘貫 勇次郎, “エポキシ樹脂の柱形技術と應用”, 富士時報, 第47券, 第8號, pp.25-30, 1974

[4] 加門 “エポキシ樹脂プレポリマーの構造の物性”, 高分子論文集, Vol.34, No. 12, pp.833-841, 1977

[5] 足立敏夫, 黒坂絃, 佐川博敏, 岡山清明, “グリシジルエーテル系エポキシ樹脂 特殊なエポキシ樹脂 : 新エポキシ樹脂, 昭光堂, pp.15-97, 1985

[6] B. Ellis, “Introduction to the Chemistry, Synthesis, Manufacture and Characteristics of Epoxy Resins - Chemistry and Technology of Epoxy Resins, Bryan Ellis, Edit.”, Blackie Academic & Professional, pp.1-36, 1993