

제정 기술표준원고시 제2001-43호(2001. 2. 16)
개정 기술표준원고시 제2002-1280호(2002. 10. 12)

전기용품안전기준

K 60450

[KS C IEC 2002]

신규 및 열화된 절연지의 평균 중합도 측정

신규 및 열화된 절연지의 평균 중합도 측정

CIEC 60450 : 2002

Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged electrical papers

서 문 본 규격은 1974년 제1판으로 발행된 IEC 60450, Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged electrical papers를 번역하여 기술적 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업규격이다.

서론

본 규격은 C.I.G.R.E Study Committee "Insulating Oils"의 Working Group "Paper-Oil"에서 실시한 작업 결과를 토대로 작성하였으며, French Specification AFNOR NF T 12 005에서 설명한 실험 절차를 토대로 한다.

서로 다른 실험실에서 재현성 있는 중합도값을 얻기 위해서는 현 시험 절차 요건을 모두 준수해야 한다. 그러나, 2시간의 적정한 용해시간 후에 충분히 용해되지 않는 샘플이 있을 수 있고, 이러한 경우에는 용해시간을 최대 18시간까지 증가시킬 수 있다.

열화한 절연지 시료에서 이와 같이 용해시간을 증가시키는 것이 과도한 열화를 발생시킬 위험은 거의 없다.

1. 규격의 목적

본 규격은 신규 또는 열화된 절연지의 평균 중합도(약어: $\overline{DP_v}$)를 측정하는 표준방법을 설명하고 있다. 값의 결정은 적절한 용제에서 절연지 용액의 고유 점성도를 측정을 통해 이루어진다.

특수한 셀룰로오스 분자의 중합도(또는 응축도)는 셀룰로오스 분자에서 무수β글루코오스 단량체의 수이다.

절연지 시료에서 모든 셀룰로오스 분자는 동일한 중합도를 갖지 않기 때문에, 점성도법으로 측정된 평균값은 가령 삼투나 초원심분리법으로 얻을 수 있는 값과 반드시 동일할 필요는 없다.

2. 적용 범위

본 규격은 변압기, 케이블 또는 커패시터 제조에 사용하는 순수한(변성되지 않은) 셀룰로오스로 만든 모든 신규 또는 열화된 절연지에 적용할 수 있다. 정보용으로 부속서 D에는 변압기의 절연을 위해 신규 절연지의 DP_v 값 통계 분포의 예를 제시하고 있으며, 케이블과 커패시터 절연지의 내용도 제시하고 있다. 그럼에도 불구하고 열화 절연지의 분해 단계를 평가하는 경우에 동일한 원산지에서 생산된 신규 절연지의 DP_v 값, 비중 및 제조 과정의 함수인 신규 절연지의 DP_v 값을 참조할 시에는 항상 주의를 해야 한다.

설명한 방법을 선택한 용제에서 완전히 용해된다고 가정할 경우에 화학적으로 변성된 절연지 용액의 고유 점성도를 측정하는데 사용할 수 있다. 설명한 방법을 절연지에 적용할 때에는 주의하여 사용해야 한다.

3. 원리

사용한 방법은 구리에틸렌디아민에서 절연지 용해에 따른 비점성도¹⁾를 측정하기 위한 것이다. 이 측정으로부터, 용액의 고유 점성도를 추론하여 중합도를 쉽게 산출할 수 있다.

비점성도 η_s 는 다음과 같이 규정한다:

$$\eta_s = \frac{\text{페이퍼 용액의 점성도} - \text{용제의 점성도}}{\text{용제의 점성도}}$$

고유 점성도 $[\eta]$ 은 다음과 같이 규정한다:

$$\lim_{c \rightarrow 0} \left[\frac{\eta_s}{c} \right]$$

여기에서 c 는 용액의 농도이다.

평균 점성 중합도 $\overline{DP}_v$ (단량체 단위의 분자 질량에 대해 점성적으로 표시한 평균 분자 질량의 비)는 다음 식과 같이 고유 점성도 $[\eta]$ 과 관련되어 있다.

$$[\eta] = K \cdot \overline{DP}_v^a$$

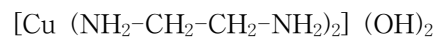
K 와 a 는 중합체 용제 시스템(절연지, 구리에틸렌디아민)과 단량체의 특성계수이다.

고유 점성도 $[\eta]$ 는 Martin의 경험적 공식으로 고유 점성도 η_s 와 농도 c 로부터 산출한다.

$$\eta_s = [\eta] \cdot c \cdot 10^{k[\eta]c}$$

4. 구리에틸렌디아민 용액

구리에틸렌디아민(CED)을 설명하는 화학식은 다음과 같다.



이 화학식은 에틸렌디아민의 농도와 구리의 농도 간 몰비율이다.

$$\frac{C_{ED}}{C_{CU}} = 2$$

구리에틸렌디아민 용액은 몰농도 1.5mol/L의 수용액으로 상업적으로 구입할 수 있다. 이 정도 농도는 어두운 곳에서 1년간 보존할 수 있다. 사용할 필요가 있을 경우에는 1몰로 희석한다. CED 용액은 부속서 A에서 설명한 방법을 사용하여 1몰의 작업 농도로 실험실에서 만들 수 있다.

1몰의 용액은 제한된 시간 동안만 보관한다. 필요한 경우 용액을 다음과 같이 점검해야 한다.

- 부속서 B에서 설명한 방법을 사용하여, 비율이 $\frac{C_{ED}}{C_{CU}} = 2.0 \pm 0.1$ 인지 확인한다.
- 용액에 침전물이 없는지 확인한다. 침전물은 여과하여 또는 천천히 따라 옮겨 제거해야 한다.

5. 장치

5.1 용해 장치

1) 셀룰로오스 용액은 비뉴토니안(non-Newtonian) 용액이다 (점성도는 유속이 증가함에 따라 감소한다 -때론, 이것을 “구조적 점성도”라 한다). 희석한 용액의 점성도가 속도율의 변화에 따라 약간 변하더라도, 최대 정확도를 확보하기 위해 본 규격에 명시된 조건과 엄격하게 부합시켜야 한다 (분자율의 변화는 300~500 s⁻¹을 초과하지 않아야 한다).

- 밀이 둥근 50ml 플라스크, 목이 좁은 플라스크 또는 목이 좁은 50ml 엘렌메이어(Erlenmeyer) 플라스크
- 플라스크 목에 꼭 맞는 고무 마개, 이 마개를 통해 작은 구멍 유리 코크가 끼워진 모세관이 통과한다.
- 지름이 4mm ~ 6mm인 유리 공, 이것은 코크의 구멍에 들어가지 말아야 한다.
- 수평축에 대해 분당 20~40회 회전하는 속도로 일정한 원형 운동으로 용액 플라스크를 회전시키는 교반기. 플라스크는 그 축이 회전축과 수직하고 회전 반경은 20cm보다 크지 않도록 설치한다.

5.2 점성도 측정용 장치

- 모세관형 점도계. 상수 C(초당 스트로크)는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$0.00010 \leq C \leq 0.00013$$

이 상수는 기지의 점성도 $\eta(\text{Ns/m}^2)$ 와 밀도 $\rho(\text{g/cm}^3)$ 의 용액 유출시간 $t(\text{초})$ 를 측정하여 결정한다. 이것은 다음의 공식으로 주어진다.

$$C = \frac{\eta}{\rho \square t}$$

- 일정한 온도($20 \pm 0.1^\circ\text{C}^*$)의 수조

* 7.1.3항의 주석 참조

- 스톱워치. 정확도 0.1초

5.3 절연지 시료의 수분 측정용 장치

- 수증기가 스며들지 않고 기밀 뚜껑이 있는 계량 용기
- $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 온도 조절되고 환기가 되는 건조 오븐
- 데시케이터

6. 절연지 시료의 준비

6.1 함침 절연지

- Soxhlet를 사용하여, 벤젠 또는 필요한 경우 클로로포름으로 절연지를 탈지시킨다.
- 솔벤트를 실온에서 공기 중으로 증발시킨다.
- 가위를 사용하여 샘플을 작은 조각($1\text{mm}^2 \sim 2\text{mm}^2$)으로 절단한다. 절연지를 만지지 않도록 장갑을 사용한다.
- 시험 목적에 필요한 물질을 제거하기 전에 평형 수분함량에 도달할 때까지 샘플을 제어된 습도 대기에 유지시킨다.

6.2 비함침 절연지

- 가위를 사용하여 샘플을 작은 조각($1\text{mm}^2 \sim 2\text{mm}^2$)으로 절단한다. 절연지를 만지지 않도록 장갑을 사용한다.
- 시험 목적에 필요한 물질을 제거하기 전에 평형 수분함량에 도달할 때까지 샘플을 제어된 습도 대기에 유지시킨다.

7. 실험 절차

7.1 점성도 결정

7.1.1 시험 시료

제어된 대기와 평형을 이룬 상태에서 가장 근접한 0.1mg까지 절연지 양(m)의 무게를 측정한다. 대략적으로는 다음과 같다.

- $\overline{DP}_v$ 가 100~300 사이에 있는 경우에 0.125g
- $\overline{DP}_v$ 가 300~700 사이에 있는 경우에 0.050g

- $\overline{DP}_v$ 가 700~1500 사이에 있는 경우에 0.025g

7.1.2 용액

- 몇 개의 유리공을 플라스크에 놓는다.
- 무게를 측정한 시험 시료를 추가한다.
- 작은 절연지 조각이 흩어져 골고루 분포되도록 손으로 흔들거나 저어준다.
- 증류수 22.5ml를 추가한다.
- 모든 페이퍼가 완전히 분해되고 젖도록 손으로 다시 흔들거나 저어준다.
- 물에 완전히 침침되도록 30분간 놓아둔다.
- 1몰의 구리에틸렌디아민 용액 22.5ml를 추가한다.
- 모세관 등이 있는 마개를 고정시킬 때에 액체를 플라스크에 완전히 채우고 코크*의 구멍에 도달하도록 많은 유리공을 추가한다.
- * 절연지가 용해될 수도 있으므로 모세관에 절연지 조각이 들어가지 않도록 한다
- 코크를 닫는다.
- 5.1항에 설명한 바와 같이 교반기로 시료를 용해시킨다.

표준 용해 시간은 2시간이다. 그러나 9항에서 설명한 바와 같이 타당성 있는 결과를 얻기 위한 조건이 충족되지 않을 경우에는 용해 시간을 최대 18시간까지 증가시킬 수 있다.

7.1.3 점성도 측정

교반 후에 점도계를 채우기 전에 정확한 측정 온도 $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 용액을 놓아둔다. 필요한 부피의 용액을 채운 후에 이를 점도계 저장기로 옮긴다. 점도계를 모아서 온도조절 욕조에 놓는다.

* 작업조건 상 필요한 경우에는 20°C 까지의 온도는 허용 가능하다; 이러한 조건 변경은 일반적으로 $\overline{DP}_v$ 값의 큰 변화를 야기하지는 않는다. 온도를 시험보고서에 기재해야 한다

측정을 시작하기 전에 15분간 기다린다. 액체 수위를 기압 또는 약간의 진공을 이용하여 점도계의 상위 표시 위로 올린다. 상위와 하위 표시 사이에서 유출시간을 측정한다. 세 번 연속 측정한다. 최대와 최소 흐름 시간의 차는 0.5초 미만이어야 한다. 재현성이 없을 경우에는 7.1.4항에서 설명한 대로 점도계를 청소한다. 측정 온도에서 보관한 더 많은 시험 용액을 채취하여 일련의 세 번의 측정을 실시한다. 이 차가 다시 0.5초 이상이 경우에는 더욱 많은 시료를 채취하여 새로운 용액을 준비한다.

동일한 조건 하에서 용제의 흐름은 시간을 측정한다. 이는 5.2항에서 설명한 점도계 상수 $C(0.00010 \leq C \leq 0.00013)$ 에 대해 90~110초 사이에 있어야 한다.

7.1.4 점도계의 청소

- 흡기로 크롬산 혼합물을 튜브에 채우고 즉시 다시 비운다.
- 증류수로 완전히 행군다.
- 아세톤이나 알코올로 두 번 행군다.
- 실린더의 압축 공기 또는 먼지와 기름이 없는 압축 공기로 건조시킨다.

7.1.5 시험 횟수

모든 시험은 2회 실시한다. 두 개의 개별 용액을 분리된 절연지 시료로 구성한다.

7.2 절연지의 수분 함량 측정

7.2.1 시험 시료

미리 건조시켜 무게를 측정한 밀폐된 계량 용기에서 제어된 습도 대기와 평형 상태로 약 2g*의 절연지를 가장 가까운 밀리그램 단위까지 무게를 측정한다.

* 절연지 시료의 수분 함량을 측정하기 위해 2g을 저장하기에 너무 작은 경우에는 더 작은 시료로 측정할 수 있다. 그러나, 경우에 따라 절연지의 양이 점성도 측정에 충분한 경우에만 수분 함량을 습기 평형 등온선과 절연지가 평형 상태에 있었던 처리 대기의 상대 습도에서 추론할 수 있다. 시험한 특수한 절연지에 대해 평형 등온선을 이용할 수 없을 경우에는 첫 번째 근사값으로 다음과 같은 평균값을 사용할 수 있다. 20°C ~ 27°C의 온도의 경우

$$\frac{\text{공기의 상대 습도: } 50\% \quad 65\%}{\text{페이퍼의 수분 함량: } 6\% \quad 8\%}$$

7.2.2 수분 함량의 측정

무게를 측정한 후에 용기를 개방하고, 이를 무게를 잰 시험 시료와 오븐의 뚜껑에 놓고 충분한 기간 동안** 105±2°C에서 가열한다. 일정한 질량***에 도달할 때까지 샘플을 가열한다.

** 오븐의 도어는 건조하는 동안 개방하지 않는다. 최초 건조기간은 3~16시간(하룻밤)이다.

*** 두 번 연속 무게 측정이 습윤 상태에서 샘플의 최초 질량의 0.1% 내에 있을 경우 일정한 질량에 도달하는 것으로 간주한다. 두 번 연속 무게 측정 간의 건조 시간은 첫 번째 무게 측정을 실시하기 전에 건조시간의 최소한 1/3 이상이어야 한다.

건조 후에 뚜껑을 용기에 재워치시키고, 약 45분간 데시케이터에서 냉각시킨다. 냉각 후에 뚜껑을 신속하게 올리고 내려 용기의 내부와 외부에서 기압을 같게 한다. 시료가 있는 용기의 무게를 측정한다.

8. 산출

8.1 용액에서 건조 절연지의 농도 c

다음과 같다.

- 건조 전, 수분함량을 측정하는데 사용한 시험 시료의 질량 M
- 건조 후 이 샘플의 질량 M₀

건조 무게의 비율로 절연지의 수분함량 H는 다음과 같다.

$$H = \frac{M - M_0}{M_0}$$

시험 샘플의 질량 m(단위: g)과 그 수분함량 H를 알고 있으면, 용액에서 건조 절연지의 농도 c(g/100 ml)는 다음과 같이 주어진다.

$$c = \frac{m \square 100}{45} \square \frac{1}{1 + H}$$

8.2 비점성도 η_s

용제와 용액의 밀도는 거의 동일하다. 따라서 3항에서 정의한 비점성도 η_s 는 다음과 같이 주어진다.

$$\eta_s = \frac{t_s - t_0}{t_0}$$

여기서: t₀(s)는 용제의 평균 유출시간이다.

t_s(s)는 용액의 평균 유출시간이다.

8.3 고유 점성도 $[\eta]$

고유 점성도 $[\eta]$ 는 Martin의 공식을 사용하여 비점성도 η_s 와 건조 절연지의 농도 c(g/100ml)로 산출한다.

$[\eta]$ 의 산출에서 Martin의 공식이 직접 사용되지 않기 때문에 부속서 C에 명시된 표를 사용해야 한다. 부속서 C에는 $[\eta] \cdot c$ 의 값을 η_s 의 함수로 표로 제시되어 있다.

이 표에서는 k = 0.14 값을 사용하였다. 이 값은 설명한 동작 조건에서 실험적으로 발견하였다.

8.4 중합도 $\overline{DP}_v$

평균 점성 중합도 $\overline{DP}_v$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$\overline{DP}_v^a = \frac{[\eta]}{K}$$

여기서 : $a = 1$

$$K = 7.5 \cdot 10^{-3}$$

9. 결과의 타당성

두 조건은 결과가 규격 요건을 충족하는 경우 실시한다.

a) $\overline{DP}_v$ 의 두 값이 평균값의 2.5% 내에 있어야 한다.

b) 점성도를 측정한 후에 용액을 다공성 3침전된 유리 필터를 통해 채운다. 필터와 희석산*의 침전물을 씻어낸다. 이후, 증류수로 씻어내고 약 110°C의 오븐에서 건조시킨다. 데시케이터를 냉각시키고 무게를 측정한다. 불용해성 잔류물의 질량은 시료 최초 무게의 5% 미만이어야 한다.

* 가령, 33% 희석된 염화수소산

이 시험 조건 중 단 하나라도 충족되지 않을 경우에는 추가적으로 일련의 시험을 실시한다*. 재차 요건을 하나라도 충족하지 못할 경우에는 얻은 값을 결과로 간주한다. 그러나 시험 보고서에는 위에서의 타당성 요건이 충족되지 않았다는 것을 기술해야 한다.

* 경우에 따라서는 물 아래의 시료를 압착하거나 분해시키거나 또는 습윤제를 첨가하여 절연지 용해를 촉진시킬 수 있다.

10. 시험의 보고

시험 보고서에는 다음과 같은 정보를 포함시킨다.

- 시험 시료에 대한 정보

원산지: 신규 또는 열화의 여부. 필요한 경우에는 시료가 제거된 정확한 위치에 대한 기술

조건: 함침 또는 비함침. 함침의 특성

- 탈지 용제

- 7.2항에 설명한 방법을 사용하여 현재 시험 과정 중에 측정된 절연지의 수분 함량(필요한 경우에는 시료가 부족하여 측정할 수 없었다는 내용을 기술한다.).

- CED 용액의 특성: 원산지, $\frac{C_{ED}}{C_{cu}}$ 비율

- 시료의 무게

- 용해 시간

- 점도계 튜브를 통한 용제와 용액의 평균 유출시간

- 두 시험에서 DP_v 의 개별값과 평균값 $\overline{DP}_v$

- 평균 $\overline{DP}_v$ 의 백분율로 표현한 두 값의 차

- 점성도를 측정한 온도

- 불용성 잔류물의 양, 시료 질량의 백분율로 표시

- 9항의 요건을 충족하였는지의 여부

부록 A

구리에틸렌디아민 용액의 준비

I. 시약

1. 결정화된 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): 분석 등급
2. 암모니아, 밀도 $d = 0.925\text{g/cm}^3$ (NH_3)
3. 8% 수산화나트륨 용액(NaOH)
4. 염화바륨 용액: 1리터의 증류수에서 7g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 를 용해시킨다.
5. 아세톤(CH_3COCH_3)
6. 무수 황산나트륨(Na_2SO_4)
7. 1몰의 염화수소산(HCl)
8. 10% 칼륨요오드화물 용액(KI)
9. 표준 0.05몰의 티오황산염 용액($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
10. 녹말 인디케이터: 0.2% 용액
11. 상업용 에틸렌-디아민 용액(약 70%) ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)
12. 0.5몰의 황산(H_2SO_4)

II. 수산화구리의 준비

1 L의 끓는 물에 결정화된 황산구리 200g (1)을 용해시킨다. 약 45°C 의 온도까지 냉각시킨다. 침전물이 나머지 시약(약 100ml의 암모니아가 필요함) 속에서 용해하는 순간을 가리키는 보라색이 나타날 때까지 암모니아(2)를 서서히 첨가한다. 황산구리의 녹색 침전물을 증류수로 세척액이 무색이 될 때까지 서서히 부어 닦아낸다.

수산화나트륨 용액(3) 640ml를 한 방울씩 황산구리의 습한 침전물에 첨가한다. 서서히 저어준다. 온도는 20°C 를 초과하지 않아야 하며, 10°C 이하로 유지하는 것이 좋다. 10분간 대기한다. 수산화구리 침전물을 증류수로 세척한다. 염화바륨 용액(4)이 더 이상 BaSO_4 용액을 세척액에서 생성하지 않을 때 세척을 멈춘다. 건조한 황산화나트륨(6)을 통과하며 탈수된 습한 수산화물을 1000ml 아세톤(5)에 넣어 흔든다. Büchner 깔대기를 통해 여과하고, 다시 여과지 위에서 100ml 아세톤(5)으로 세척한다. 공기나 진공 상태의 실온에서 건조시킨다.

이 방법으로 준비한 청수산화구리는 검정산화구리가 없으며, 이론적인 화학식 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 과 일치한다. 염화수소산, 암모니아, 에틸렌디아민에서 용해시키고 불용성 찌꺼기를 남기지 않아야 하며, 황산 또는 나트륨 이온이 없어야 한다. 빛과 멀리 떨어져 마개가 있는 갈색 유리병에 보관한다.

구리함량의 결정

200ml용적의 플라스크에서, 2g의 수산화구리를 1몰의 염화수소산(7) 50ml에서 용해시킨다. 동일한 염화수소산으로 이 표시까지 채운다. 이 용액에서 25ml를 피펫을 이용하여 적정 플라스크로 옮기고, 10% 칼륨 요오드화물 용액(8) 25ml를 첨가한다.

티오황산염(9)으로 적정하고 녹말 용액(10)을 인디케이터로 사용한다(1ml~2ml의 녹말 용액을 적정이 거의 끝났을 때 첨가한다.).

수산화물 100g 당 그램으로 표현한 구리 함량은 다음과 같다.

$$n \cdot 0.04 \cdot 63.5$$

여기서 n 은 적정에 사용한 0.05몰 티오황산염 용액의 밀리리터 수이다.

Ⅲ. 에틸렌-디아민 용액의 준비

에틸렌-디아민 $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ 는 70% 용액(11)으로 상업적으로 판매되고 있다. 순수 시약으로 사용하기 위해 절연지 용해용으로 사용할 구리에틸렌디아민 용액의 안정성을 확인할 필요가 있다. 상업용 용액은 대기 또는 약간 감소된 압력에서 증류하여 정제시킬 수 있다. 시간이 지남에 따라 용액이 황색으로 변하면 재증류시켜야 한다.

에틸렌디아민 함량의 결정

25ml 에틸렌디아민을 채취하여 250ml 용적의 플라스크로 옮기어, 증류수를 표시선까지 채운다. 이 용액에서 20ml를 피펫으로 옮겨 0.5몰의 황산 용액으로 적정시킨다. 메틸오렌지를 인디케이터(12)로 사용한다. 원래 용액의 에틸렌디아민 함량(단위: g/100ml)은 다음과 같다.

$$n \cdot 1.5$$

여기에서 n은 사용한 0.5몰 H_2SO_4 용액의 밀리리터 수이다.

에틸렌디아민 용액은 빛으로부터 떨어진 곳에서 마개가 있는 갈색 유리병에 보관한다.

Ⅳ. 구리에틸렌디아민 용액의 준비

시험은 1몰의 구리에틸렌-디아민 용액(217.50g CED/리터)으로 실시한다. $63.5 \pm 0.5\text{g}$ 구리에 해당하는 수산화구리 침전물의 무게를 측정한다. 1 L 용적의 플라스크로 옮긴다. 약 50ml 증류수로 적신다. 뷰렛을 사용하여 $120 \pm 0.5\text{g}$ 무수 에틸렌-디아민을 포함한 에틸렌-디아민 용액을 플라스크에 넣는다. 10°C 이하의 온도를 유지하기 위해 차갑게 유지·보관한다. 용액을 1시간 동안 실온에 놓아둔다(간간이 흔들어 준다). 증류수를 표시선까지 채우고 흔들어 준다. 24시간 동안 놓아두고, 미세 침전된 유리 필터를 통해 여과시킨다.

부록 B

구리에틸렌-디아민 용액의 비율 $\frac{C_{ED}}{C_{CU}}$ 확인

I. 시약

1. 10% 칼륨요오드화물 용액(KI)
2. 표준 0.1 M 티오황산염 용액($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
3. 0.5몰의 황산염(H_2SO_4)
4. 2몰의 황산염(H_2SO_4)

II. 구리 함량

250ml 용적의 플라스크에 1몰의 구리에틸렌-디아민 용액 25 ml를 증류수와 함께 250ml로 희석시킨다. 25ml를 피펫으로 채취하여 적정 플라스크로 옮기고, 10% 칼륨 요오드화물 용액(1) 50ml를 첨가한다. 2몰의 황산(4) 100ml로 산성화한다. 티오황산염 용액(2)으로 적정시킨다. 용액의 구리 몰농도는 다음과 같다.

$$p = n \cdot 0.04$$

여기서 n은 사용한 티오황산염 용액의 밀리리터 수이다.

III. 에틸렌디아민 함량

희석액 20ml를 취하여 인디케이터로 사용한 메틸오렌지가 연한 핑크색(3)을 나타낼 때까지 0.5몰의 황산을 적정시킨다.

사용한 산의 일부가 수산화구리와 반응한다.

용액의 에틸렌-디아민 몰농도는 다음과 같이 주어진다.

$$(q - 4p) \cdot 0.25$$

여기서 q는 사용한 0.5몰 H_2SO_4 의 밀리미터 수이고, p는 이전에 결정한 수산화구리의 몰농도이다.

기호 C_{CU} 와 C_{ED} 를 구리와 에틸렌-디아민 몰농도로 사용할 경우에는 비율 $\frac{C_{ED}}{C_{CU}}$ 는 2 ± 0.1 이 되어야 한다.

부록 C

Martin의 공식($k = 0.14$)에 따라 η_s 의 함수인 $[\eta] \cdot c$ 값의 수치값

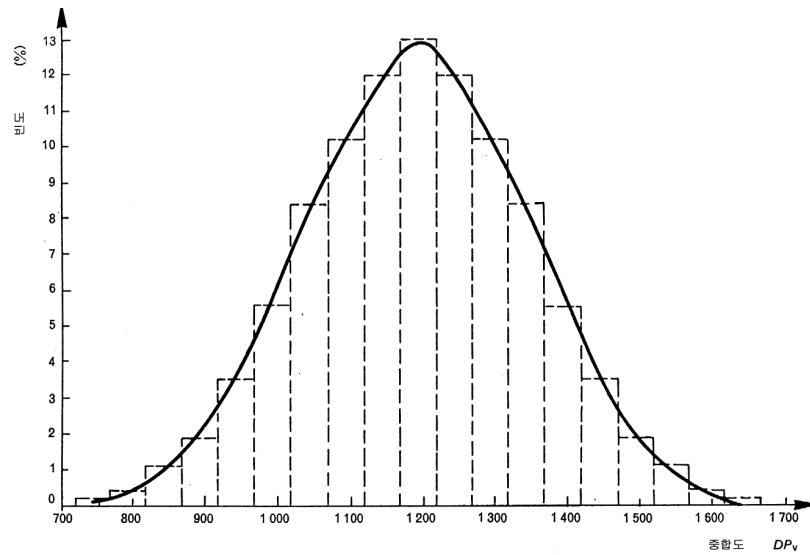
$[\eta] \cdot c$										
η_s	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0		0.010	0.020	0.030	0.039	0.049	0.059	0.068	0.078	0.087
0.1	0.097	0.106	0.116	0.125	0.134	0.143	0.152	0.161	0.170	0.179
0.2	0.188	0.197	0.206	0.215	0.223	0.232	0.241	0.249	0.258	0.266
0.3	0.275	0.283	0.291	0.300	0.308	0.316	0.324	0.332	0.340	0.349
0.4	0.357	0.365	0.372	0.380	0.388	0.396	0.404	0.412	0.419	0.427
0.5	0.435	0.442	0.450	0.457	0.465	0.472	0.480	0.487	0.495	0.502
0.6	0.509	0.516	0.524	0.531	0.538	0.545	0.552	0.559	0.566	0.574
0.7	0.581	0.588	0.594	0.601	0.608	0.615	0.622	0.629	0.636	0.642
0.8	0.649	0.656	0.662	0.669	0.676	0.682	0.689	0.695	0.702	0.708
0.9	0.715	0.721	0.728	0.734	0.740	0.747	0.753	0.759	0.766	0.772
1	0.778									

η_s	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	0.78	0.84	0.90	0.96	1.01	1.06	1.12	1.17	1.22	1.26
2	1.31	1.36	1.40	1.44	1.49	1.53	1.57	1.61	1.65	1.68
3	1.72	1.76	1.79	1.83	1.86	1.90	1.93	1.96	2.00	2.03
4	2.06	2.09	2.12	2.15	2.18	2.21	2.24	2.26	2.29	2.32
5	2.35	2.37	2.40	2.43	2.45	2.48	2.50	2.53	2.55	2.57
6	2.60	2.62	2.64	2.67	2.69	2.71	2.73	2.76	2.78	2.80
7	2.82	2.84	2.86	2.88	2.90	2.92	2.94	2.96	2.98	3.00
8	3.02	3.04	3.06	3.08	3.10	3.11	3.13	3.15	3.17	3.19
9	3.20	3.22	3.24	3.26	3.27	3.29	3.31	3.32	3.34	3.36
10	3.37									

이 임시 규정의 7항에서 부여한 조건을 따를 경우에 η_s 는 1이하이어야 한다. $\eta_s > 1$ 일 경우에는 $[\eta] \cdot c$ 의 값은 정보용으로만 제공된다.

부록 D

변압기 절연용으로 만든 신규 절연지의 중합도 값 분포예



약 400 값에 기초한 통계 분포

케이블과 커패시터의 절연용으로 제작된 절연지에서 중합도 값의 통계 분포를 작성할 수 없었다. 이유는 취합한 값의 수가 불충분한 것으로 생각되었기 때문이다. 그러나, 케이블과 커패시터 절연지의 경우에 이 값은 위와 같은 값과 동일한 범위의 중합도를 갖는다.