

에폭시 수지의 유전특성 · 충전특성에 미치는

충전제 형상의 영향

Influence of Filler Shape on Dielectric & Electric Charge-Discharge

Properties of Filled Epoxy Resin

이성일*, 박일규*, 류성림*, 주인규**

Lee S. I., Park I. K., Ryu S. L., Joo I. G.

Abstract

In this paper, we have the investigated the Influence of Filler Shape on Dielectric & Electric Charge-Discharge Properties of Filled Epoxy Resin. In the low frequency range from 50Hz to a few kHz, the maginitude of $\tan \delta$ become larger in the order, NON, RAS, SAS, SCS. The electrical Discharge of RAS measured for 60 min, decreased after $10^2 \sim 10^3$.

Key Wards(중요용어) : Dielectric ; 유전, Electric Charge-discharge ; 충전

1. 서 론

가공송전선은 공기와 송전선을 매달고 있는 자기체의 애자로 절연되어 있다. 또, 발변전소 내에 사용되고 있는 절연재료의 하나에 에폭시 수지가 있다. 이 에폭시 수지를 이용한 것으로서, 예를 들면 터빈 발전기 고정자부의 일부의 절연에, 또 에폭시 수지의 붓싱에, 에폭시 수지 등을 이용한 몰드형 변압기도 개발되어 사용되고 있다. 이것은 자기체의 애자에 비해서 경량으로 다루기 쉬우며, 가공성이 풍부하며, 내진성도 우수하기 때문이다[1][2].

그러나, 야외의 가공송전선 등에 대해서는 에폭시 수지체의 것이 아니라 자기체의 것이 이용된다. 그것은 에폭시 수지의 내후성이 충분히 신뢰되고 있지

않는 것이 이유이지만 내후성이 극복되면 우수하므로 야외용으로도 에폭시 수지가 에폭시 수지가 사용될 것이다[3].

본 연구에서는 내후성이 문제의 하나이지만 어떤 흡습 현상에 의해 고분자 절연재료가 받는 절연열화에 대해서 연구해 왔다. 또한 고분자 절연재료가 흡습함에 따라 유전율, 유전정접도 큰 영향을 받는 것, 또 이 영향이 고분자 절연재료에 배합된 충전제 형상, 종류에 의해 크게 다른 것 등이 알려져 있다. 그러나 상세한 메카니즘은 무엇인가에 대해서는 분명하지 않다. 여기서 본 연구에서는 여러 가지 형상 · 종류의 실리카를 충전제로 하여 배합한 에폭시 수지를 사용하여 흡습시킨 고분자 절연재료의 유전특성 및 주파수 특성, 충전전전류와 시간특성, 또 온도의 차이에 의한 유전특성의 변화 및 인가전압의 차이에 의한 충전전 전류와 시간 특성의 측정에 의해 흡습 현상에 의한 절연 열화의 진행에 충전제의 형상 · 종류가 주는 영향에 대하여 조사하며, 또 도전전류를 평가하므로 절연열화의 메카니즘을 검토하고자

* 충주대학교 안전공학과
(충북 충주시 이류면 충주대학교,
Fax: 043-853-6091

E-mail: silee@gukwon.chungju.ac.kr)

** 한국전력(주)

한다.

2. 시료와 측정방법

2.1 에폭시 수지

에폭시 수지는 석유화학 공업으로부터 유도된 에피클로히드린과 비스페놀과를 알카리 촉매하에서 축합한 것이며, 수지의 양측에 있는 에폭시기와 수지쇄(鎖)내에 있는 OH가 경화제에 의해 반응하며 (예를 들면 알루미늄 등에 의한 에폭시기를 통과한 부가반응, 유기산에 의한 에스테르 반응 혹은 촉매 작용에 의한 반응), 망상구조를 발생한 것이다.

이 수지의 대표적인 것은 접착제이며, 금속·나무·플라스틱·고무 혹은 가라스 등 각종 조합의 접착에 사용된다. 전기용으로서의 접착제의 이용은 제품의 밀봉, 스피커의 조립, 프린트 배선판의 동박(銅箔)과 적층판과의 접착 등 매우 많다.

2.2 충전제

배합되어 있는 충전제는 Table.1과 같다.

SAS, SCS에 배합된 가루는 어느 것도 모가 난 것에 대해서 RAS에 배합된 실리카 가루는 타원형상의 둥근 모양을 띤 것이다. 또, SAS, RAS에 배합된 실리카는 아마포스의 것이지만 SCS에는 결정질의 실리카가 배합되어 있다.

Table.1 실리카의 형상과 특징

기 호	충 전 제	실리카의 특징
SAS	파쇄(깨뜨려 부숨) 용융 실리카	각이 있는 비결정 실리카
SCS	파쇄(깨뜨려 부숨) 결정 실리카	각이 있는 결정 실리카
RAS	타원형 용융 실리카	둥근 모양을 띤 비결정 실리카
NON	없음	

또한 시료의 두께는 0.1[cm]이다.

2.3 측정방법

물에 침적시킨 시료의 유전특성, 직류전압 인가시의 충·방전전류를 측정했다. 아래에 측정 방법을 나타냈다. 또, 시료를 측정시 물로부터 꺼내어 표면의 수분을 닦고나서 측정을 시작했다.

(1) 유전특성의 측정방법

Fig.1에 나타난 회로에 의해 유전특성을 측정했다.

- ① 전극에 측정 시료를 삽입한다.
- ② 측정 주파수를 설정하고 영평형 조작을 한다.
- ③ 브릿지 회로의 평형점을 구한다.
- ④ 각 평형점의 눈금보다 아래의 계산을 행한다.

측정물의 정전용량값(C_x)과 콘덕턴스값(G_x)은 영평형시에 기록한 값과 측정시에 기록한 값으로부터 다음의 방법으로 구한다.

$$\begin{aligned} \text{정전용량}(C_x) &= \text{바리콘의 지시값} \\ \text{콘덕턴스}(G_x) &= G \text{ RATIO } (R' - R_0) \end{aligned}$$

측정물의 유전율(ϵ'), 유전손율(ϵ'') 및 유전정점은 다음 식으로 구한다.

$$\text{유전율}(\epsilon') = C_x / C_0$$

C_0 는 기하학적 용량이며, 전극면 $A[\text{cm}^2]$, 측정물의 두께를 $tx[\text{cm}]$ 라고 하면

$$C_0 = A / (11.3 \cdot tx) \text{ [pF]}$$

이번에는 $A = 10.75 \text{ [cm}^2]$

$$tx = 0.1[\text{cm}]$$

로 표시한다.

$$\text{유전손율}(\epsilon'') = G_x / \omega C_0$$

ω 는 각주파수이며, $\omega = 2\pi f$

G_x 는 콘덕턴스

$$\begin{aligned} \text{유전정점}(\tan \delta) &= \epsilon'' / \epsilon' \\ &= G_x / \omega C_x \end{aligned}$$

pF는 10^{-12} 이다.

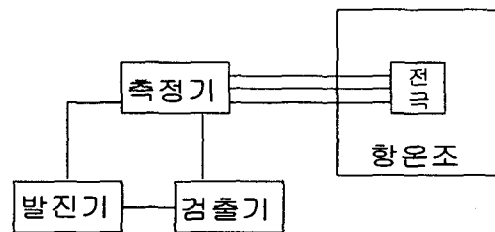


Fig.1 유전특성 측정회로

또, SCS, RAS에 관해서는 향온습기를 사용하여 40·50·60·70·80[°C]의 측정을 했다.

(2) 충방전전류의 측정방법

Fig.2에 나타낸 회로에 의해 직류전압을 시료에 인가했을 때의 충전전류 및 방전전류를 측정했다.

- ① 전극에 측정시료를 사용한다.
- ② 전극에 직류전압 - 500[V]를 2시간 인가시켜 그 때의 충전전류를 측정한다.
- ③ 전압을 끊고(shutout)하고, 그 후 1시간의 방전전류를 측정한다.

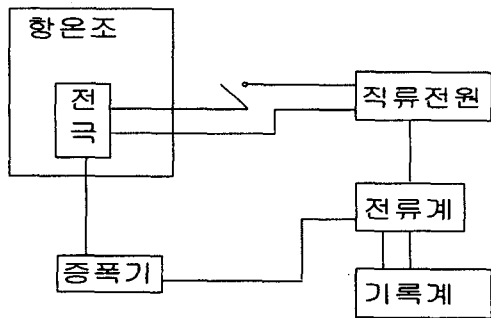


Fig.2 충전전류 측정회로

또한 SCS, RAS에 관해서는 인가전압을 -100[V], -1000[V]의 측정도 했다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 유전특성

Fig.3~Fig.6에 측정한 유전특성의 결과를 나타내었다. 또한 측정주파수는 30~3[MHz]의 12점에서 측정했다.

Fig.3에 나타낸 각 시료의 유전율에 있어서 RAS, SAS, SCS는 고주파수가 되면 유전율이 내려가고, 300[kHz] 이상의 주파수대에서는 NON을 포함하여 어느 시료도 유사한 값을 갖고 있다. 시료마다 보면, NON은 거의 일정하며 다른 시료보다도 가장 적은 값을 지니고 있다. 또, RAS는 측정주파수 중에서 가장 큰 변화를 보이고 있으며, 30[Hz]의 저주파수에서는, 유전율은 16 정도로 되어 있다. 한편, SAS, SCS는, 저주파수에서는 차가 있는 것의 1[kHz] 이상은, 유사한 값을 갖고 있다.

Fig.4에 나타낸 각 시료의 $\tan \delta$ 에 있어서, NON은 0.1~2.5[%]의 값에서의 변화이며 가장 적은 값에서의 변화를 하고 있다. 또, SAS, SCS는 저주파수부터 10[kHz]정도까지의 주파수에서 다소의 차는 있는 것의, 유사한 변화를 보이고 있다.

이 NON, SAS, SCS는 300[kHz] 이상의 주파수

에서 3.0[%] 근방의 값을 갖고 있다. 또한, RAS는 10[kHz]~30[kHz]에서 가장 높은 값을 갖고 있고, 고주파 영역에서도 다른 시료는 높은 값을 갖고 있다. 더우기 RAS는, 8~28[%]의 값에서의 변화를 하고 있으며 고주파수대에서도 다른 시료와 같이 유사한 값에 가깝지 않다.

Fig.5, Fig.6은 SCS의 각이 있는 결정 실리카의 온도의 차이에 의한 유전특성을 나타내었다. 또한 이 결과는 시료의 흡수율도 관계해 있으며, 측정에 무엇인가의 지장을 주었다고 생각되므로 충분한 결과가 얻어지지 않았다는 것을 미리 정해 놓았다.

이들의 결과 보다 온도가 높아지면 유전율도 $\tan \delta$ 의 값도 높은 값을 갖고 있다. 이것은 모든(全) 측정시로 말할 수는 없지만, 특히 저주파수에서는 그 변화가 나타났다. 또, 온도가 변화해도 파형은 같다. 결국 고온에서는 큰 값으로 되어 있다.

4. 결론

이 실험의 목적으로서 실리카의 형상·종류의 차이에 의한 절연열화의 메카니즘을 검토하는 것을 목적으로 했다. 이 목적의 평가로서 몇 개의 시료의 유전특성, 충전 특성 측정해 보았지만 그들의 결과 형상의 차이 결국 각이 있는가 등근가에 대해서는 주파수대에 의해 각각이 받는 영향이 분명히 다르다.

또, 종류의 차이에 관해서는 같은 추리를 하고 있으며, 받는 영향에는 형상의 차와 같은 각 주파수대의 영향만큼은 아니다. 그러나, 결정 실리카를 배합함에 의해 영향을 경감할 수 있는 것은 아닐까라고 생각된다. 이상과 같이 이번 실험에서는 메카니즘의 검토는 충분히 할 수 없었던 것을 유감스럽게 생각한다.

참고 문헌

- [1]. 江副實, 多田雅孝, 中西勝: "水分を吸習したエポキシ樹脂の誘電特性に及ぼす充填劑形狀の影響", 日本電氣學會論文誌, 117-121(1999)
- [2]. A.Fukuda, H. Mitsui, Y.Inoue and G. Goto; "The Influence of Water Absorption on Dielectric Properties of Cycloaliphatic Epoxy Resin", Proc. of 5th ICPADM, p.58, Seoul, Korea(1997)
- [3]. M. Ezoe, M. Tada and M. Nakanishi; Effects

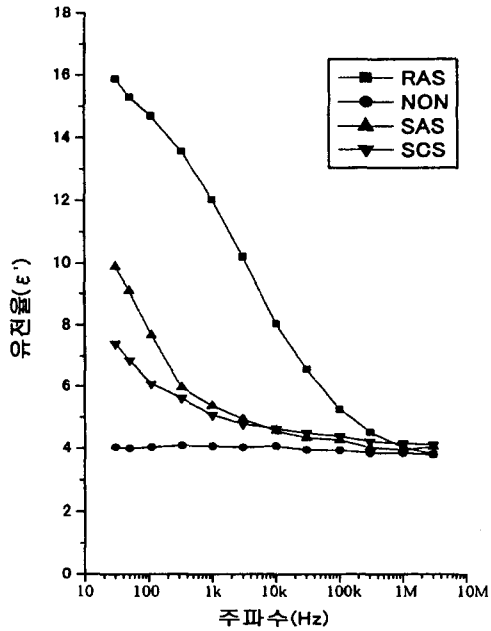


Fig.3 유전율(ε')의 주파수 특성(실온)

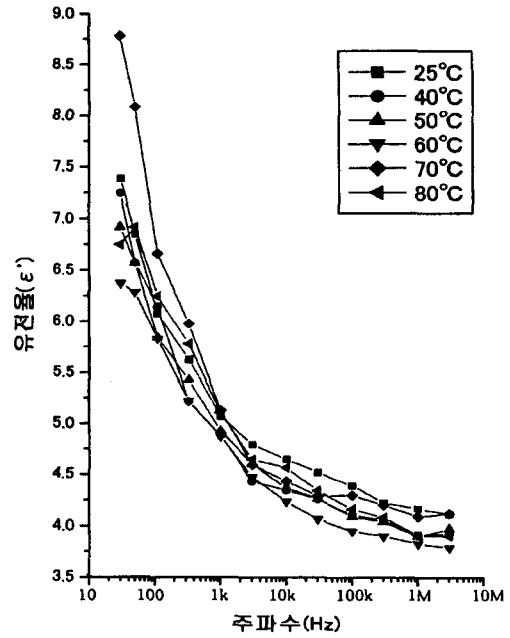


Fig.5 SCS의 유전율의 주파수 · 습도 특성

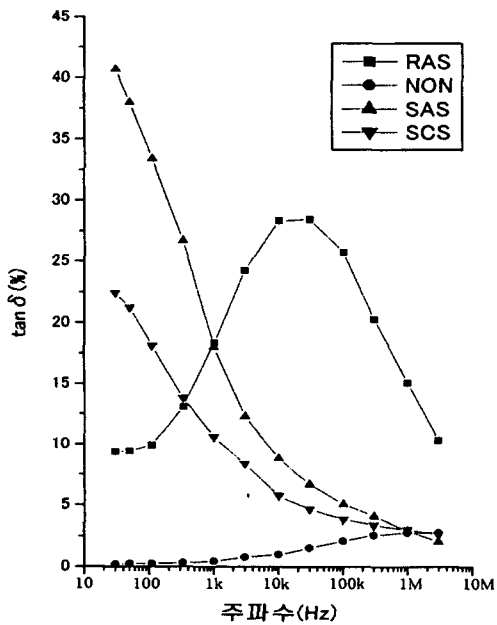


Fig.4 tan δ의 주파수 특성(실온)

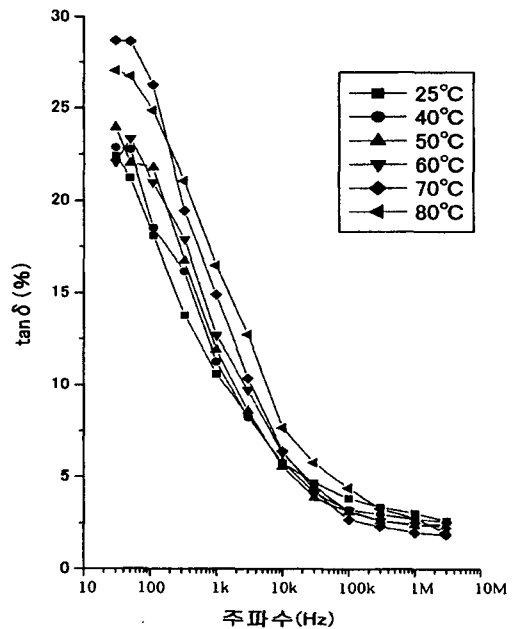


Fig.6 SCS의 tan δ의 온도 · 주파수 특성