

배전용 폴리머 현수애자의 설계해석

The Design Analysis of Distribution Polymer Suspension Insulator

이 윤 용, 조 한 구, 한 동 회, 임 기 조*

(Un-Yong Lee, Han-Goo Cho, Dong-Hee Han, Kee-Jo Lim)

Abstract

Recently polymer insulators are being used for outdoor high voltage applications. Polymer insulators for transmission and distribution line have significant advantages over porcelain and glass insulators, especially for ultra-high voltage(UHV) transmission lines. Their advantages are light weight, vandalism resistance and hydrophobicity. In this paper, distribution polymer suspension insulator has been designed and investigated electric field distribution by FEM.

Key Words : 폴리머 현수애자, 전기적 설계, 전계해석, 계면특성

1. 서 론

기존의 자기(porcelain) 애자는 기계적 강도, 가공성 및 표면 오손의 절연성의 측면에서 취약하여 절연성, 가공성 및 기계적 강도가 우수할 뿐만 아니라 대량생산과 경량화가 가능한 폴리머 애자로 활용되고 있다. 초기에 폴리머 소재로 옥내용 애자, 부싱 및 계기용 변성기(PT, CT)로 이용되어 왔으나 최근 자기재의 절연물을 대체할 수 있는 옥외용의 애자, 부싱, 피뢰기류 등의 절연물이 배전, 송변전 및 전철에 이용되고 있다[1][2].

현재 배전용 애자는 자기애자가 대부분이며 특히 배전용 자기 현수애자의 고장은 전체 배전선로 고장의 15% 수준이다. 따라서 내오손 성능이 우수한 폴리머 애자의 적용은 배전계통의 전력공급의 신뢰도를 향상시킬수 있다.

본 논문에서는 배전용 폴리머 현수애자를 설계기

준에 적합하게 설계하고 설계모델에 대해 전계해석을 통해 전계분포와 계면특성 등을 기술하였다.

2. 배전용 폴리머 애자의 설계

2.1 폴리머애자의 설계

가공선로용 폴리머 애자는 기계하중을 견디는 FRP 코아와 FRP를 보호하고 표면누설거리를 확보하기 위한 고분자 하우징(외피고무), 지지물과 전선을 연결하는 단말금구로 구성된다.

애자의 설계는 전기적 설계와 기계적 설계로 나뉘는데, 본 논문에서는 전기적 설계부분을 다룬다. 고분자 애자의 전기절연 설계의 경우 고분자 하우징(외피재)의 오손내전압 특성과 뇌임펄스 내전압 특성 등을 고려해야 한다. 오손 내전압 성능은 계통에서 발생하는 일선지락시의 건전 상대대지전압으로 나타내는 최고전압에 대해서 각 갯형상 고분자 절연재료가 가지는 오손시 내전압 특성을 나타낸다. 이 특성에 따라 소요누설거리가 결정되며, 이에 대한 갯형상과 절연간격이 결정된다. 오손도에 적합한 갯형상 설계방법은 IEC 60815 「Guide for the selection of insulators in respect fo polluted conditions」에 지정되어 있다[3]. 형상설계가 끝나면

한국전기연구원 전력기술연구단

(경남 창원시 성주동 28-1

Fax: 055-280-1673

E-mail : hgcho@keri.re.kr)

* 충북대학교 전기공학과

kjlim@trut.chungbuk.ac.kr

그 다음에 소요 코아길이를 결정하고 소요 뇌임펄스 내전압특성을 결정해야 한다[4].

2.2 폴리머 현수애자의 설계

표 1에 배전용 폴리머 현수애자의 특성을 나타내며, 그림 1은 이를 바탕으로 설계된 현수애자(A호)의 모습을 나타낸다. 표 2는 설계모델의 형상특성을 나타내었다.

표 1. 배전용 폴리머 현수애자의 특성

항 목	특 성 치	
	A호	B호
상용주파 건조섬락전압치(kV)	145	130
상용주파 주수섬락전압치(kV)	130	110
뇌충격섬락전압치(kV)		
정극성	250	190
부극성	275	230
전파장해 전압치		
상용주파 대지간 시험전압치(r.m.s, kV)	25	20
최대전파장해전압치(1,000kHz에서, μV)	10	10
굽힘과파 하중치(kgf)	7000	7000
누설거리 (mm)	760	580
건조섬락거리 (mm)	320	280



(a)



(b)

그림 1. 배전용 폴리머 현수애자 설계

표 2. 설계모델의 형상특성

특성	길 이	누설 거리	갯수	재료	중량(g)
설계 모델	535	800	8	SR	430

2.3 설계모델의 전계해석

설계애자에 대한 컴퓨터를 이용한 수치해석은 일반적으로 기계적 응력해석과 전계해석 등이 있다. 애자의 경우, 전계해석을 통해 단말금구 형상에 대한 전계분포, 전체적인 애자의 전계분포, 누설거리에 따른 전계분포, 오손물질에 따른 전계분포, 계면에서의 전계분포 등을 알아볼수 있다.

설계모델에 대해서 전계분포를 알아보기 위해 전자계 해석 프로그램을 이용하여 전계분포를 분석하였다. 각 재료(실리콘고무, FRP, 금구) 등의 유전율을 설정하고 설정전압은 13.2kV 상전압으로 하였다. 그림 2는 설계애자의 전체적인 전계분포를 나타내며, 역시 상부금구 쪽에 전계집중이 나타났으며, 최고전계값은 $2.38 \times 10^6 [V/m]$ 으로 계산되었다. 그림 3은 FRP와 실리콘고무 사이의 계면에 대한 전계분포를 나타낸다.

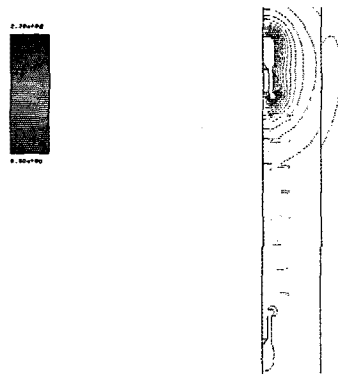
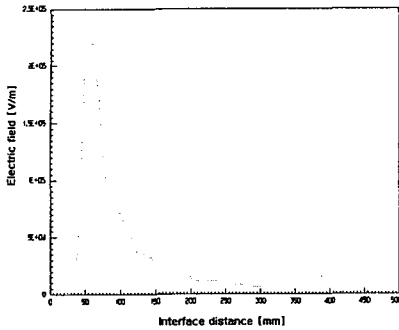


그림 2. 애자전체의 전계분포

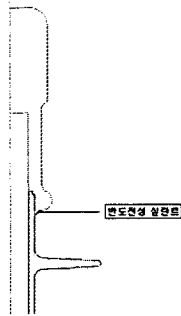


(a) 계면설정 상태

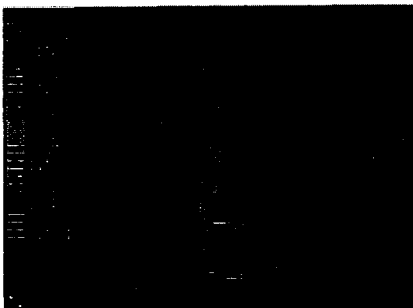


(b) 설정계면에 따른 전계분포
그림 3. 애자의 계면에 대한 전계분포

그림 3(b)를 보면 알 수 있듯이, FRP와 SR, 금구가 만나는 부근에서 전계가 집중되는 모습을 볼 수 있다. 그림 4는 금구와 실리콘고무의 계면에 반도체성 실란트를 도포한 상태에서의 전계분포를 해석한 것이다.



(a) 반도체성 실란트 도포위치



(b) 전계분포

그림 4. 반도체성 실란트 도포에 따른 전계분포

해석결과, 반도체성 실란트 도포에 의해 최고전계값이 2.38×10^6 [V/m]에서 1.34×10^6 [V/m]로 낮아졌다. 따라서 이 계면부분에 반도체성 실란트 처리할 경우, 전계집중을 보다 완화시킬수 있을 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 논문에서는 배전용 폴리머 현수애자를 설계하고 그 설계모델에 대한 전계해석을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 배전용 폴리머 현수애자를 기본특성에 적합하게 형상설계를 하였다. 누설거리는 800mm, 실리콘 고무중량은 약 430g, 전체길이는 535mm로 설계하였다.
2. 설계애자의 전계분포를 해석한 결과, 상부금구 및 하부금구쪽에 전계집중이 발생하였고 최대전계값은 2.38×10^6 [V/m]로 계산되었다. 또한 실리콘고무와 FRP계면에서의 전계분포 경향을 알아내었다.
3. 금구와 실리콘고무 계면에 반도체성 실란트를 도포한 상태를 전계해석한 결과, 도포한 모델의 최대전계값이 1.34×10^6 [V/m]로 낮아졌다.

참고 문헌

- [1]. Jeffry Mackevich, et al, "Polymer Outdoor Insulating Materials Part I : Comparison of Porcelain and Polymer Electrical Insulation", IEEE Trans. EI Mag., Vol.13, No.3, 1997
- [2]. Izmi Kunikaz et al, "Application to Transmission and Distribution Line about Polymer Insulator", Electrical Review, Nov., 1998
- [3]. IEC 815, "Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions", 1986
- [4]. 이운용 외3인, "폴리머 LP애자의 설계해석과 전기적 성능시험", 한국전기전자재료학회 추계 학술대회, Vol.13, No.1, pp.399-401, 2000