

폴리머 LP애자의 설계해석과 전기적 성능 시험

The Design Analysis and Electrical Performance Test of Polymer LP Insulator

이운용*, 조한구, 박상호[§], 송홍준^{\$\$}
U.Y. LEE, H.G. CHO, S.H. PARK, H.J. HONG

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, polymer line post insulator has been designed and investigated electric field distribution by FEM. Designed LP insulators have been tested as insulator performance test, such as power frequency voltage test, lightning impulse voltage test, artificial pollution test and flexural load test.

Key Words(중요용어) : Line post insulator, Insulator design, Electric field distribution, Performance test.

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 전철

에 이용되고 있다.

이와 같이 절연물의 큰 장점중의 하나는 자기에 비해 60 %까지 중량을 감소시킬 수 있는 경량성으로 취급시 및 설치시의 파손 및 손상을 줄였고, 건설경비의 저감효과를 가져올 수 있다. 또한 가공성 및 기계적 강도가 우수할 뿐만 아니라 갓(shed) 형상의 자유도가 크기 때문에 설계의 가변성이 용이하여 소형화가 가능하다. 그리고, 이와 같은 절연물은 자기에 비해 발수성(hydrophobicity)이 우수하므로 오손 및 습윤시에도 누설전류(leakage current)가 작고, 발수성이 옥외에서 장기간 유지 및 회복될 뿐만 아니라 내트래킹성이 우수하므로 내오손성능을 개선할 수 있다.

그러나, 폴리머 절연물은 옥외의 가혹한 사용 환경에서 태양광에 의한 자외선, 산성비에 의해 표면이 열화되어 오손물질과 수분이 부착하면 젖음성이 좋아져 절연성은 급격하게 저하된다. 따라서, 옥외에

한국전기연구소

전략기술연구단 신소재응용 연구그룹

(Fax: 055-280-1616

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

§ 한국전력공사

\$\$ 태양산업 (주)

서의 치명적인 절연 열화를 가져오는 내트래킹성에 대한 절연설계는 그 무엇보다도 중요하므로 재료의 내트래킹성 및 그에 미치는 요인들을 고려하여 LP(line post)애자에 대한 구조적, 전기적 설계기술은 중요하다.

본 논문에서는 폴리머 라인 포스트 애자를 설계기준에 적합하게 설계하여 전계분포를 분석하고, 애자의 성능평가 시험을 시행하였다.

2. 애자의 설계

2.1 Line Post Insulator(LP Insulator)

Line post insulator(이하 LP 애자라 칭함)는 애자의 상부에 핀애자와 같이 홈이 있어서 여기에 전선을 넣고 바인드선으로 죄어 묶는다. 애자의 하단에는 완금에 고정시키기 위한 베이스 쇠붙이가 시멘트로 접착되어 있다. 한전 시방서에서는 22.9kV 가공배전선로에 사용하는 자기새중실형(Solid core type) 애자를 LP애자라고 불리운다. 표 1에 LP 애자의 설계특성을 나타낸다.

표 1. LP애자의 설계 특성

항 목	특 성 치	
	일반형	내염형
상용주파 건조섬락전압치(kV)	110	110
상용주파 주수섬락전압치(kV)	85	85
뇌충격섬락전압치(kV)		
정극성	180	180
부극성	205	205
전파장해 전압치		
상용주파 대지간 시험전압치(r.m.s, kV)	22	22
최대전파장해전압치(1,000kHz에서, μV)	100	100
굽힘파괴 하중치(kgf)	1,270	1,270
누설거리 (mm)	559	712
건조섬락거리 (mm)	241	241
내염분포 (mg/cm^2)	-	0.35

현재 가공선로에 사용되고 있는 자기 LP애자의 모습을 그림 1에 나타내었다. 이 모델은 내염형 LP애자로 전장은 304mm, 갓은 교대갓을 채용하였고 갓수는 7개이다. 베이스 쇠붙이의 두께는 45mm



그림 1. 자기 LP 애자

2.2 폴리머 LP 애자의 설계

한전규격(표1)을 바탕으로 폴리머 LP애자를 그림 2와 같이 설계하였다.

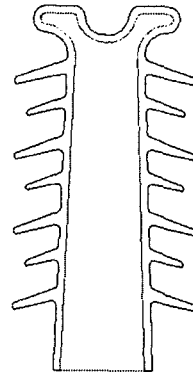


그림 2. 폴리머 애자 설계

자기애자와 마찬가지로 교대갓을 채용하였으며, 갓의 수는 7개, 누설거리는 730mm, FRP는 콘형태의 구조로 설계하였다.

2.3 설계모델에 대한 전계해석

설계모델에 대해서 전계분포를 알아보기 위해 전자기 해석 프로그램을 이용하여 전계분포를 분석하였다. 각 재료(실리콘고무, FRP, 금구) 등의 유전율을 설정하고 설정전압은 22.9kV로 하였다. 그림 3에 전계분포도를 나타내며, 전계집중 부위는 역시 라인이 걸쳐지는 애자 상단의 홈부분이었으며, 최대전계

값은 $4.54e+6[V/m]$ 이었다.

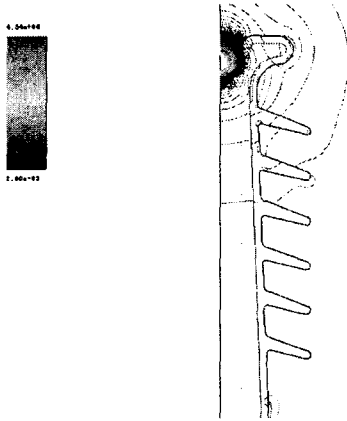


그림 3. 전계분포도

그림 4에 실제 설계된 폴리머 LP애자의 외관을 나타내었다.

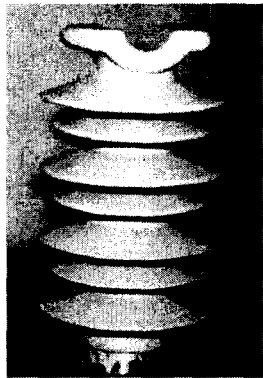


그림 4. 폴리머 LP애자의 외관

3. 애자의 성능평가 시험

설계제품에 대해서 상용주파 건조섬락 전압시험, 상용주파 주수섬락 전압시험, 뇌충격 섬락 전압시험, 인공오손시험, 굽힘파괴 하중시험을 시행한 결과, 상용주파 건조섬락 전압시험에서는 섬락전압치가 118.11, 121.83, 123.32kV로 정격 건조섬락 전압 110kV의 95%이상이었으며, 상용주파 주수섬락 전압

시험에서는 섬락전압치가 97.3, 90.4, 95.1kV로 정격 주수섬락 전압 85kV의 95%이상이었다. 또한 뇌충격 섬락전압 시험에서는 섬락전압치가 정극성: 168kV, 부극성: 283kV로 정격 뇌충격 섬락전압치(정극성: 180kV, 부극성: 205kV)의 92% 이상이었다. 인공오손시험(ES 131의 7.2.3)을 실시한 결과 시편 상태는 양호하였으며, 굽힘파괴 하중시험에서는 규정치 1270kgf에서 파괴되지 않았다. 따라서 본 폴리머 LP애자는 실선로에 적용가능할 것이다.

4. 결 론

1. 한전규격을 기초로 내염형 폴리머 LP애자를 설계하였다. 갓은 교대갓을 채용하였으며, 누설거리는 730mm로 내염형에 적절하였다.
2. 설계모델에 대한 전계분포 해석결과, 집중부위는 애자상부 홀부분이며, 최대전계값은 $4.54e+6[V/m]$ 이었다.
3. 제조된 애자제품에 대해 애자의 성능시험 평가를 실시한 결과, 모두 양호하게 나타났다.

따라서, 본 설계제품은 가공선로에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1]. Jeffrey 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]. Torbjörn Särqvist et al, "Outdoor Polymeric Insulators Long-Term Exposed to HVDC", IEEE Trans. Power Deliv., Vol.12, No.2, pp.1041-1047, 1997
- [4]. 한전표준 구매시방서, "라인 포스트애자", ES 130-865, 1997
- [5]. IEC 815, "Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions", 1986