

고분자 애자의 연구 개발 동향

한상일^{*}, 박강식^{**}, 정영호^o, 박양범³, 윤인상^{*}, 김종석^{oo}, 한상우^{*}
충남대학교^o, 충남전문대^{**}, 전력연구원^o, 대전산업대^{oo}, 청주기능대학³

A Recent Trend of Research and Development of Polymer Insulator

S. I. Han^{*}, K. S. Park^{**}, Y. H. Jeong^o, Y. B. Park³, I. S. Yun^{*}, J. S. Kim^{oo}, S. O. Han^{*}
Chung Nam Nat'l Univ.^o, Chung Nam Jr. Coll.^{**}, KEPRI^o,
Taejon Inst. Univ.^{oo}, Cheong Ju Polytech. Coll.³

Abstract

The construction or enlargement of the power facilities requires the compactness of them, and the development of power system amenities because of some reasons; the shortness of a site for power facilities, social request of the harmony of them with surroundings, and so on. For the insulator in this area, the research and development of polymer or composite insulator or its applications have been increased rapidly in some advanced countries, but the activities of our country are being in a weak step although our concern has been gradually enlarged about it in recent years. Thus, in this paper, we intend to introduce the trend of research and development of it in the inside and outside of the country.

1. 서론

최근 전력 수요의 급격한 증가로 송배전선로 및 전력 설비가 확충되고 있는데 이러한 설비 확충이 용지 확보 및 도시미관상과 조화를 이루기 위해서는 기존의 전력설비방식을 채용하기에 여러 가지 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 선진국에서는 송배전선로나 전력 설비도 점차 콤팩트화하고 미장화하여 도시환경과 조화를 이루는 형태의 송배전 설비개발이 강구되고 있다.

이와 같은 경향에 의해 애자에 있어서는 미국과 유럽 등 선진국들을 중심으로 우수한 절연내력을 가지면서 내트래킹성과 내충격성이 뛰어나고 무게가 가벼운 고분자 또는 복합고분자를 이용한 애자의 연구개발 및 현장 적용이 급격히 증가하고 있다. 국내에서도 최근에 대한 관심이 점차 높아져 가고 있는 추세이지만 이에 대한 연구개발이나 현장 적용은 아직 미약한 단계이다. 따라서 본고에서는 최근 많은 관심이 집중되고 있는 고분자 애자에 대한 최근의 국내의 연구개발 동향을 소개하고자 한다.

2. 연구개발 동향

2.1 외국의 연구개발 동향

최초의 고분자 애자는 30 여년전 미국에서 개발되었다. 이 고분자 애자의 디스크제와 커비제는 경질의 에폭시 수지였다. 1960년대부터 69 KV와 115 KV급의 장간애자의 필드 테스트가 시작되었지만 디스크제와 코어형상에 대한 검토가 충분하지 않아 트래킹과 침식이 발생하여 필드에서의 채택은 성공하지 못하였다. 이와 같은 결점을 개선하기 위하여 일시적으로는 FRP 로드에 자기디스크를 부착한 타입이 개발되었지만 보급은 부진하였다. 그 후 1970년대에 들어서면서 독일, 미국, 프랑스, 영국, 이탈리아 등지에서 송전선용 고분자 애자의 제 1세대의 애자가 개발되었다. 이 애자는 고분자 디스크로 FRP 로드를 씌운 것이다. 디스크의 재료는 실리콘 고무, 에틸렌프로필렌고무(EPR), 에틸렌프로필렌 덴모노머(EPDM), 에폭시수지, 테프론 등의 재료를 이용하고 있고 필요한 성능을 얻기 위해서 이들 재료에 혼합제를 사용하고 있다. 양단의 금구는 압축, 삽입, 집착 등의 방법으로 FRP 로드에 취부된다.

제 1세대 고분자 애자는 세라믹 애자에 비해 경량이고 충격에 대한 저항성이 높고 중량에 비해 높은 강도를 가질 뿐만 아니라 내오손성능이 양호하고 송전선로를 미장화할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 많은 전력회사가 제 1세대 고분자 애자에 대한 시험을 하였지만 좋은 결과를 얻지는 못하였다. 그 이유는 디스크에 트래킹과 침식에 의해 심락이 발생하고 애자 표면에 매물이나 크레에 의해 오손이 축적하여 불꽃 심락이 발생하는 등 문제점이 드러나 단부의 금구가 느슨해지거나 전기적인 파괴에 의한 물의 침투가 발생하여 애자의 절연성능의 약화를 가져왔다.

이와 같은 사고가 속발하기 때문에 1980년대 들어서면서 몇몇 제작사에서는 고전압용 애자의 생산을 중단하고 다른 제작사에서는 제 2세대 송전선로용 고전압 애자를 개발하기 위해 연구를 계속하고 있다. 개량된 고분자 애자는 트래킹을 발생시키지 않으면서 또한 디스크와 빠지기 어려운 단부 금구를 채용하였다. 파괴메카니즘과 기계적 강도의 시간 의존성에 대한 해석을 통해 개발된 새로운 애자는 20 ~ 30 년의 수명이 예상되고 있다. 또한, 제 2세대 고분자 애자는 품질관리의 향상에 의해 신뢰성도 높아졌다. 표 1.에 최근의 고분

자 예자의 구조를 나타냈다.

표 1. 미국에서 개발된 고분자 예자의 구조

항 목	A 사	B 사	C 사	D 사
단금구와 금구의 접부방형, FRP로드의 실링, 코로나 실드	진성(피질성)이 있는 절계금을 접부한다. FRP로드의 실링, 코로나 실드	아연도포(Hot-dip)주조절계금구를 예측시도 경작한다. 고압축의 금구 단에는 고무도포 또는 금속의 코로나 실드링 사용한다.	아연코팅주조절계금구를 #24-36FRP 로드에 끼기르고 경시킨후 예측시도 경작한다. #24 미연에서는 접부한다. 계면은 실리콘 고무를 도포하여 실링. 금구 단을 넓게 코로나 실드링 (230 KV 이상에서 전제완화)	아연도금주조 강제 금구를 넓게 접부한다. 최후의 디스크는 금구를 넓게 한 단에 접작한다. 230 KV 이상에서는 코로나 실드링하여 전계를 완화시킨다.
FRP로드	예폭시 FRP	폴로피에스테르 FRP	예폭시 FRP	예폭시 FRP
디스크, 커버 및 FRP로드와의 계면	EPDM과 실리콘 고무의 혼합물여 수와 알루미늄을 충전하여 사출성형한 디스크부착커버를 진공중에서 로드에 덮이게 한다. 디스크는 한계 역 나누어져 있고 축방향에 압축력을 가해 단금구 및 디스크 간을 밀봉한다. 로드와 디스크 간의 밀봉은 디스크 내측에 틸새가 있으며 실리콘구리스로 막는다.	FRP 로드의 주위에 가황 ED-PM 커버를 압출성형한다. 이 커버는 금구의 내부까지 밀착되어 있다. 밀도성형한 EPDM 디스크를 주위에 덮이게 하여 전계를 가황시킨다.	고온가황실리콘 커버를 FRP 로드의 주위에 압출성형하고, 밀도성형한 실리콘고무 디스크를 주위에 덮이게 하여 가황시킨다.	FRP 로드의 주위에 EPDM 의 디스크가 부착된 커버를 사출성형하는 동시에 부착한다. 최후의 디스크는 단금구와 접착시킨다.

현재 미국에서 고분자 예자를 개발하여 제품을 생산하고 있는 주요 기업들은 C.P. swiss, NGK, Lapp post, sediver, Ohio Brass, Reliable, K-line 등이 있다. 외국의 경우 대부분의 예자 회사에서 고분자 예자에 대한 연구개발을 완료하여 생산단계에 있으며 이들은 회사 자체로 예자의 성능평가 시험을 진행하고 있고 보다 우수한 제품의 개발을 위해 재료의 특성 시험을 하고 있다.

2.2 국내의 연구개발 동향

선진국들을 중심으로 고전압 절연기기 및 지지물 분야에 대한 연구개발 및 현장적용이 급격히 증가함에 따라 국내에서도 이에 대한 관심이 점차 높아져 가고 있는 추세에서 연구소와 학계등에서 고분자 절연물에 대한 연구가 진행되고 있다.

최근의 연도별 연구개발과제 수행사항을 보면 다음과 같으며 연구개발의 역사가 미천하지만 최근들어 이에 대한 연구가 집중되고 있음을 알 수 있다.

- 1993. 1 ~ 1995. 1 : 배전용 polymer dead end 예

자의 개발 - 평일산업

- 1991. 12 ~ 1995. 1 : 전철용 고분자 장간예자 설계 제조기술 개발 - 금성전선
- 1991. 12 ~ 1994. 5 : 폴리머 콘크리트를 이용한 절연물의 개발 - 광명기전
- 1994. 2 ~ 1995. 8 : 염분 오손도 측정장치의 개발 - 숭실대학교
- 1993. 9 ~ 1996. 2 : 배전용 예자류 품질향상을 위한 경년시험방법에 관한 연구 - 기술연구원
- 1994. 8 - 1996. 6 : 예폭시 캐스팅 수지 배전용 현수예자 개발 - 모건코리아

고분자장간예자의 개발의 경우는 한전지원하에 실시한 국책과제로서 국내의 LG전선과 한국화이버(주), 대웅정밀 등의 업계와 철도연구소, 기초전력공동연구소 등의 연구소가 공동연구를 수행한 바 있다. 이 공동연구를 통하여 한국화이버(주)는 고분자 예자의 core 재료로서 epoxy 수지에 glass fiber를 복합시킨 FRP rod를 개발하여 특성을 시험한 결과 미국의 R사의 제품과 물리적 특성이나 기계적인 특성면에서 거의 동일한 성능을 나타내었다. LG측의 세드용 고분자에 대한 연구에서는 EPDM, EPR, Silicon rubber 및 EPDM Alloy 등에 대하여 조사한 결과 silicon rubber가 다른 재료에 비해 내열성, 내후성, 내트레킹성에서 뛰어난 모습을 보이고 있다. 이와 같은 공동연구를 통하여 각 회사와 연구소는 각 분야별 과제를 분담하여 각각 설계기술을 확보했다. 그리고 시제품을 생산하여 그것의 성능시험을 통하여 각 재료별 특성을 파악하고 관련자료를 축적함으로써 고분자 재료를 이용한 제품 개발이 이루어진 것으로 파악된다.

3. 국외의 생산 현황 및 적용 현황

3.1 생산 현황

a) 미국

표 2. 미국의 재료별 예자의 생산현황(1991년 기준)

	현수 예자	라인포스트 예자
세라믹(35kV이하)	28.00(46.67)	8.00(14.04)
세라믹(35kV이상)	17.00(28.33)	13.00(22.81)
고분자(35kV이하)	12.00(20.00)	16.00(28.07)
고분자(35kV이상)	3.00(5.00)	20.00(35.07)

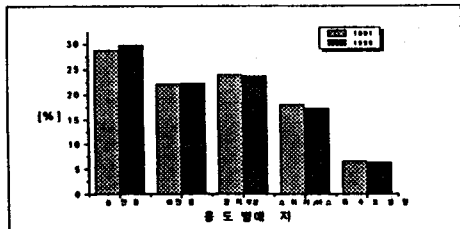


그림 1. 미국의 용도별 예자의 성장 예상율

b) 캐나다

표 3. 각 용도별 및 재료별 예자 생산현황(1991년도 기준)
단위 : 백만\$

	세라믹	고분자	합계
송전용	1.00	4.00	5.00
배전용	0.50	3.00	3.50
장치부사용	2.50	0.00	2.50
합계	4.00	7.00	11.00

3.2 적용 현황

a) 미국

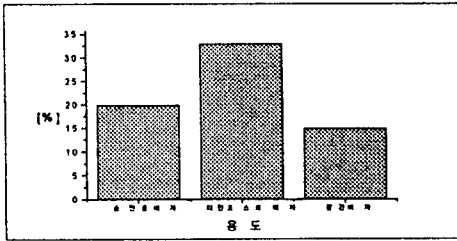


그림 2. 전체 예자중 고분자 예자가 차지하는 각 용도별 분포

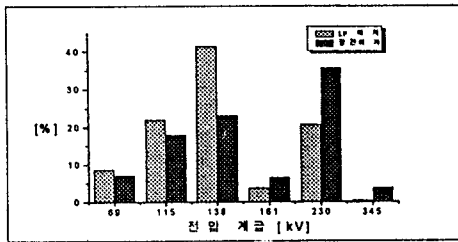


그림 3. 고분자 예자의 전압계급별 사용률[%]

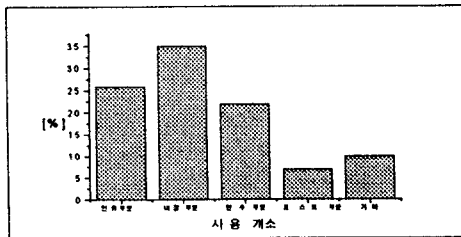


그림 4. 고분자 예자의 사용개소별 분포도

b) 유럽

영국은 66kV 와 132kV 송전선에서 환상지방측계 예폭시를 이용한 고분자 예자를 수년간 사용하였다. 또한 해안으로부터 100 m떨어진 부라이론 폭로시험장에서는 많은 종류의 고분자 예자에 대해 시험을 실시하고 있다.

프랑스는 1981년 160개의 고분자 예자를 단계르그 근처의 225kV 송전선로에 취부하였는데 이 지구는 해안가의 공업오염 지대였지만 4년 이상 경과후 철거 하

여 조사한 결과 양호한 것으로 나타났다. 그 후 400 kV 송전선에 년당 200~300개씩 취부하였다.

이탈리아는 1974년 이후 2000개의 PTFT 코팅 고분자 예자를 132~150kV 송전선에 취부하여 왔고 또한 Porta Marghera에서는 폭로시험을, Suvereto에서는 UHV시험을 하였다.

4. 결론

미국과 유럽 등 선진국들은 일부 고분자 예자에 대한 연구개발을 완료하여 생산 단계에 있으며 예자의 성능평가 및 특성 시험을 계속하고 있다. 반면 국내는 최근 고분자 예자에 대해 관심을 갖고 연구 개발에 주력하고 있다.

고분자 예자에 있어 과제중의 하나는 표면 절연용 커비제의 신경에 있다. 고분자 재료는 유기재료의 특성에 의해 일반적으로 경년열화를 피할 수 없으며 육외용 예자의 경우와 같이 심한 자연환경에 견딜 수 있는 충분한 내후성을 갖는 재료의 선정이 중요하다. 그리고 자기 예자 절연물에 치명적인 손상을 가져오는 트래킹에 대한 성능의 평가도 중요하다.

따라서 우수한 고분자 예자를 개발하기 위해서는 사용환경에서 고분자 예자의 기계적, 화학적, 열적인 열화특성을 규명하고 그에 대한 장기적인 신뢰성 확보가 앞으로의 고분자 절연재료가 차지하는 위상의 확보에 중요한 요소 중의 하나로 작용하게 될 것이다.

참고문헌

- [1] König, I.Rosch, B Bayer, "Surface discharge on Contamination epoxy insulations" IEEEI-vol.24, 2, 1989. 4.
- [2] "Accelerated aging chamber for nonceramic insulators", 7th international symposium on high voltage engineering, 1991. 8.
- [3] A. Eklund and R. Hartings, "The dust cycle method: A new pollution test method for ceramic and non-ceramic insulators", STRI, 1994. 6.
- [4] "Guid for the use of poymer distribution suspension insulators to replace porcelain insulators - application guide" K-Line Insulators USA, Inc. 1995. 5.
- [5] J.M. Braun, "non-ceramic insulators defects, electric stress and PD measurements", ontario Hydro Technology, toronto, canada., 1995. 7.
- [6] "배전용 예자류의 품질확보를 위한 경년열화시험방법에 관한 연구", 한전기술연구원, 1995.
- [7] "배전용 polymer Dead End Insulator 개발", 한전기술연구원, 1995.