

가공송전선로 폴리머애자 적용 개선 방안

민병욱, 김태영, **최진성**, 신승범, 이시영, 원경배
한국전력공사

The Application Improvement Plan of Polymer Insulators for Overhead Transmission Lines

Byeong-Wook Min, Tai-Young Kim, Jin-Sung Choi, Seung-Bum Shin, Si-Young Lee, Gyeong-Bae Won
Korean Electric Power Corporation

Abstract - The global trend is to make transmission lines light weight and compact by using insulators and other equipment made of advanced materials. In Korea, the diversification of insulators supply route has begun in order to obtain price competitiveness. In May 1999, polymer insulators were finally introduced for the first time and installed to the 154kV transmission lines.

After that, the construction and procurement standards were made and domestic polymer insulators were developed. And then, foreign and domestic manufacturers were registered in KEPCO as qualified insulator suppliers. As of 2010, purchasing polymer insulators by competitive bidding from foreign and domestic manufacturers has been possible. For this reason, it was decided to reduce the use of porcelain insulators and increase the use of polymer insulators taking the installation price into consideration

1. 서 론

신소재를 이용한 송전선로용 애자사용이 증가하는 등 송전선로 경량화, Compact화를 위한 자재 사용이 세계적인 추세에 있다. 국내 송전선로에 사용하고 있는 애자는 공급선을 다변화하여 가격 경쟁력을 확보하고자 1999년 5월 154kV용 폴리머애자를 수입하여 최초로 설치하였다.

이후 시공기준 및 구매규격을 확정하여 국산화 개발을 완료하였고 국내 제조회사 및 외국 제조회사(국내 판매회사)가 한전에 공급유자격자로 등록을 완료하면서 2010년부터 국내의 업체로부터 폴리머애자가 경쟁을 통하여 공급이 가능해짐에 따라 설치비용을 고려하여 자기애자 사용을 중지하고 송전용 폴리머애자를 확대 사용하기로 결정하였다.

애자는 송전선로를 구성하는 기자재 중 전기품질을 좌우하는 매우 중요한 자재로서 품질확보가 가장 우선시 된다. 본 논문에서는 전면 확대 사용 예정인 송전용 폴리머애자의 장기 신뢰성, 기존선로에 사용되고 있는 애자의 성능확인, 해외 적용사례, 교체주기 대비 경제성 검토 등을 통하여 확대 적용의 개선 방안을 도출하여 적절한 대안을 제시하고자 한다.

2. 본 론

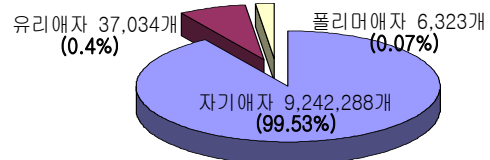
2.1 국내외 애자사용

국내 송전선로에 사용하고 있는 애자는 자기애자, 유리애자 폴리머애자가 사용되고 있으며, 과거에는 대부분 자기애자를 사용하였으며, 일부 유리애자가 극소수 설치되어 운전중에 있으며, 폴리머애자가 시범사용을 마치고 확대 사용단계에 이르렀다.

도도, 장석, 석영 등의 미분을 적당한 비유로 혼합하여 반죽한 것을 고온으로 소성하여 제작하는 자기애자는 전 세계적으로 전력회사에서 송전선로에 장기간 사용되어 왔기 때문에 신뢰성이 검증되었으나, 시공성과 경제성에 있어서 폴리머애자에 비하여 유리하지 못하고, 제조회사별로 품질차이가 큰 단점을 가지고 있다.

절연체가 유리로 되어 있는 유리애자는 유럽지역에서 주로 많이 사용되어 왔으며 자기애자와 마찬가지로 장기 신뢰성이 검증된 애자이나 제조회사별로 품질에 차이가 많이 나고 있고, 폴리머애자 대비 경제성, 시공성에서 다소 불리하나 급준파특성이 우수한 장점을 가지고 있다

에폭시 수지를 함유한 섬유유리 봉에 전기적, 기계적, 열적으로 견디는 물질을 도포한 것을 붙여 만드는 폴리머애자는 1970년대 이후 연구 개발 사용하다 최근에 중국 등지에서 급격히 사용량이 증가하고 있으며, 애자 불량상태를 점검하는 방법이 없으나, 중량이 가볍고 단가가 타 애자에 비하여 저렴하며, 내오손특성이 양호하고 시공성과 경제성에서 유리한 장점을 가지고 있다.



<그림 1> 국내 송전선로 애자사용 현황

<표 1> 154kV 송전선로 폴리머애자 사용현황

구분	NLPI(미국)	평일	LS전선	고려애자	합계
수량(런)	1,701	3,162	570	890	6,323
설치년도	1999년	2002년	2003년	2004년	-

* NLPI : NGK-Locke Polymer Insulators, Inc

2.1.1 폴리머애자 수급여건

국내 송전선로에 폴리머애자 중 345kV용은 국산화 미완료로 인하여 중국에서 전량 수입하여 사용하고 있으며, 154kV용은 국산화 개발이 완료되어 국내 제조회사와 외국 회사간 경쟁으로 입찰에 참여하고 있다. 345kV용 국산화는 마무리 단계에 있으며 2011년에 실선로에 1년간 시범사용한 후 철거하여 성능 확인시험을 거쳐 문제점이 발견되지 않을 경우 공급 유자격자로 등록하여 국의 업체와 경쟁으로 입찰에 참여할 수 있게 될 것이다.

<표 2> 폴리머애자 공급유자격자 등록 현황

전압	등록회사	유효기간	비고
154kV	고려애자공업(주)	'09.01.09~'12.01.08	
	(주)평일	'09.02.07~'12.02.06	
	(주)대양이앤에프	'10.01.20~'13.01.19	제조/태 광(중국)
	(주)쓰리에스이엔티	'11.01.18~'14.01.17	제조/가오능(중국)
	(주)엘제이파워	'10.01.20~'13.01.19	제조/씨앙판(중국)
345kV	(주)대양이앤에프	'10.01.20~'13.01.19	제조/태 광(중국)
	(주)쓰리에스이엔티	'11.01.18~'14.01.17	제조/가오능(중국)
	(주)엘제이파워	'10.01.20~'13.01.19	제조/씨앙판(중국)

2.1.2 확대사용 계획

154kV 송전선로는 1999년 5월부터 사용이 시작되었고 국내 3개 제조회사의 제품을 실사용선로에 운영하였으나 애자런 탈락 등 외부로 나타나는 불량사황이 없었으며, 2008년까지 단계적으로 30% 사용 후 2009년부터 확대사용 하는 방안이 기 수립되어 있었으며, 345kV 송전선로는 국내 제조회사의 국산화가 완료되지 못한 상태에서 국내 판매회사와 국외 제조회사가 공급유자격자로 등록하여 2010년 1월 이후 경쟁 입찰이 가능하고 최초 사용에 대한 폴리머애자의 수급상황 등을 고려하여 확대사용 계획을 수립하였다

- 154kV : 2010년 1월 발주분 부터 전량 확대 사용
- 345kV : 연차적으로 확대 사용
 - * 1단계 : 2010년 1월~2010년 12월까지 발주량의 50%사용
 - * 2단계 : 2011년 1월 이후 전량 확대
- 765kV : 2019년 적용을 위한 기준정립 및 개발 추진(2010년~)

2.1.3 '10년도 폴리머애자 구매

2010년부터 154kV 송전선로에 본격 사용에 따라 해당 사업소별로 필요수량을 발주하기 시작하여 설치에 들어갔으며 그 내역은 <표 3>과 같다.

<표 3> 폴리머애자 구매실적

전압	선로수	수량
154kV	화원~안좌 등 8개 T/L	3,150개
345kV	신김해~신록산 등 2개 T/L	2,820개

2.2 154kV 기설선로 폴리머애자 점검

신설 송전선로에 폴리머애자 확대사용 결정 및 1999년 이후 시범 사용된 폴리머애자가 10여년 경과함에 따라서 장기신뢰성 확인을 위해 기존 선로의 폴리머애자에 대하여 점검 및 성능시험을 시행하였다. 대부분 양호하였으나 일부 애자는 기준치에 부적합한 특성을 나타내고 있었다. 점검내용과 결과는 <표 4>과 같으며 세부 불량사항은 <표 5>과 같다.

<표 4> 점검결과

구 분	추진 사항	대상(련)	결 과	
특별점검	주간코로나 검출	6,506	3련불량	
	열화상측정	6,506	양 호	
성능 시험	기계적 시험	접속심재 하중-시간특성시험	21	2련불량
		인장내하중/비틀림내하중시험	84/42	양 호
	전기적 시험	상용주파섬락시험(건조, 주수)	19	양 호
		벼충격내전압시험	7	양 호
성분분석	기타 시험	외관·구조검사	168	양 호
		접착력시험/염색용액침투시험	21/42	
	발수성시험	발수성시험	127	12련불량
		재료표면분석(SEM)	21	양 호
산화물검출 및 X-Ray 분석				
전계분석(EPRI기준)	7	기준초과		

※ EPRI : Electric Power Research Institute (미국)

<표 5> 세부불량사항

구 분	주간코로나	인장하중	발수성			
불량사항	End fitting부 코로나5,000회/분 이상 발생	규 정 인 장 하 중 (12 Ton) 이하 10Ton에서 파괴	폴리머외피 부분적 발수성 상실			
판정기준	EPRI Field guide 1013895	ES-5970-0014 IEC 61109	IEC TS 62073			
오손등급	B	청정	청정	청정	청정	B
설치년월	'02.12	'00.7	'05.5	'00.1	'08.4	
애자규격	25N 25F	25N	36N	36N	25F	
애자수량	1련 2련	2련	1련	3련	8련	



<그림 2> 점검결과 불량애자 사진

2.3 교체주기 고려한 사업성분석

2.3.1 분석조건

폴리머애자 확대사용시 경제성은 수명을 자기애자와 동일하게 설정하였으나 154kV용 애자 점검결과 일부 불량사항이 방생함에 따라 교체 주기를 재검토하여 경제성을 분석하였다. 폴리머애자는 2007년 5월 중국 국가전망의 '가공송전선로 복합애자 분석 보고서'에서 제시한 20년을, 자기애자는 2006년 11월 KEPCO 전력연구원에서 발표한 '송전용 애자의 신뢰성 평가 연구'결과에 따라 40년을 기준으로 하였다.

2.3.2 분석결과

내장애자련은 폴리머애자가 경제적으로 불리(자기애자가 유리)하며, 현수애자련은 폴리머애자가 경제성이 있는 것으로 나타났다.

<표 6> 경제성 분석 결과

구 분	자기애자 경제성 유리 범위	154kV		345kV	
		현수	내장	현수	내장
내부수익률	"할인율(6.23%) 이상"	5.09	8.65	4.55	6.76
순현재가치	"0" 이상	-31.7	468.8	-101.7	238.6
비용-편익비	"1" 이상	0.927	1.254	0.891	1.047

2.4 폴리머애자 내장애자련 작업 여건

철탑측에 애자 취부 후 긴선시 작업자가 폴리머애자 작업 사다리를 설치 할 경우 사다리 무게, 접합 현상 등으로 최소 3인이상 작업인원이 필요하고, 사다리 고정방식의 불안정으로 이동시 좌우 흔들림이 발생하여 자세 불안정과 추락위험이 있어 현장작업자가 사용을 거부하는 등 작업자 불안감이 가중되고 있다.

또한, 긴선 완료 후 이동용 사다리 철거시 작업자 1명이 전선측에 남아 사다리 철거작업의 마무리가 필요하고, 사다리 철거후 전선측 작업자는 별도 이동용 외줄로프를 이용 철탑측으로 이동 한 후 외줄로프를 철거해야한다. 특히 내장개소중 애자련의 상·하향 경사각이 심한개소에서 외줄 로프이동시 사고위험성이 매우 높은 실정이다.

2.5 폴리머애자 불량발생 및 해외 사용현황

2.5.1 765kV용 불량발생

2010년 3월 14일 23:53에 2005년 11월에 당진화력 구내 765kV #1BUS A상에 설치된 독일 LAPP사에서 제조된 애자가 불량 발생하여 탈락하는 고장이 <그림 3>과 같이 발생하였다.

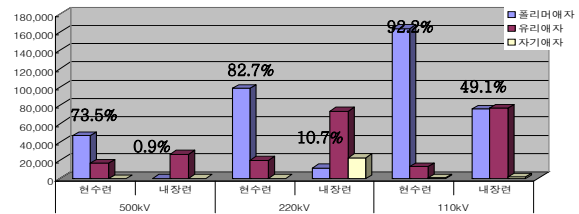


<그림 3> 765kV 폴리머애자 불량 사진

2.5.2 해외 내장개소 폴리머애자 사용현황

해외에서 초고압 송전선로의 내장애자련에 폴리머애자 사용을 자제하는 이유는 현수애자와 비교하여 내장장치는 상시 장력이 크기 때문에 폴리머애자의 인장 강도 저하의 우려가 있고, 시공시에 애자 위에 작업자가 올라탈 경우 애자에 손상을 끼치게 되며, 애자 파단 사고가 발생시에는 충격 하중이 철탑에 걸려 최악의 경우 철탑도파의 가능성이 있기 때문이다.

중국 광동전력의 애자 사용실태를 <그림 4>의 2009년 현재 사용현황에서 보면 내장개소에서의 폴리머애자 사용 비율은 현수에 비하여 낮고, 전압이 높아질수록 그 사용 비율을 낮음을 알 수 있다.



<그림 4> 2009년 애자사용 현황

3. 결 론

앞에서 검토된 바와 같이 실 송전선로에서 장기간 사용되지 않은 상태에서 점검결과 불량 발생, 송전선로 내장애자련 시공 곤란으로 작업 효율성 저하, 내장애자련 상시 장력 과다로 애자 불량발생 요인 잠재, 교체 주기 고려 경제성 분석결과 내장애자련은 비경제적 등의 문제점이 잠재하고 있다.

따라서, 발전소와 직접 연결 및 단독계통(Radial)선로, 4회선 이상 다회선 철탑 등 중요선로와 내장애자련은 자기애자 사용하는 것이 적합하며, 설비를 운영하는 측면에서 보면 주기적으로 주간코로나 검출 및 성능 확인 시행하여 검출결과 불량발생시 발수성·내전압·하중시험을 하는 방안을 제시한다.

또한, 폴리머애자를 실 선로에서 장기간 사용하여 국내외적으로 신뢰성이 검증되어 자기애자와 같은 성능이 입증되는 시점에서 확대사용 방안 에 대하여 재검토가 추진되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송전용 애자의 신뢰성 평가연구, 한국전력, P341~343, 2006
- [2] 송전선로 폴리머애자 확대사용계획, 한국전력, P2, 2009
- [3] Marvin L. Zimmerman, INMR-Tension Over Composite Tension Insulators, P16, 2010)
- [4] 154kV 기설송전선로 폴리머애자 운영방안, 한국전력, P1~3, 2010
- [5] 송전용 폴리머애자 확대사용 개선방안, 한국전력, P2~25, 2011