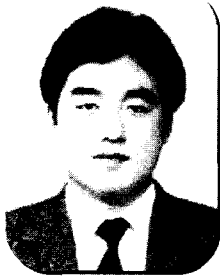
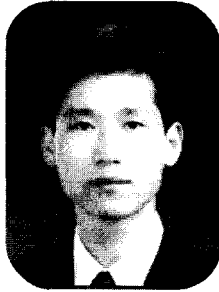


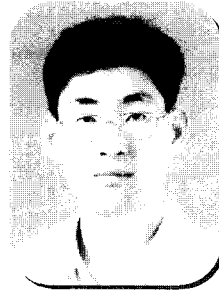
전력용 폴리머애자의 사용현황과 전망



이준호
호서대
전기공학부 교수



이병성
한전 전력연구원
선임연구원



이재봉
한전 전력연구원
선임보연구원



권태호
한전 전력연구원
위촉연구원

1. 서론

계통운전전압이 대용량화, 고전압화되는 추세에서 전력설비에 요구되는 절연성능 역시 높아지고 있다. 전력용 애자는 이러한 전력계통에 안정적 전력을 공급하기 위한 필수적인 절연설비이다.

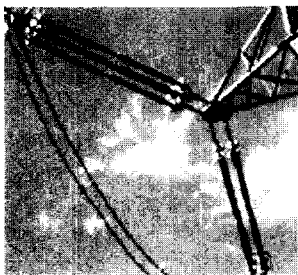
송배전선이나 변전설비에서 전기절연을 위해 사용되는 애자는 외상에 기인한 표면균열(crack), 뇌서어지에 의한 절연성능저하, 태풍 등에 의한 이물충돌, 염해오손에 의한 표면트래킹 등과 같이 운전 중에 발생하는 요인으로 인해 열화되고 절연파괴에 이르는 경

우 절연설비로써의 기능을 상실하게 된다.

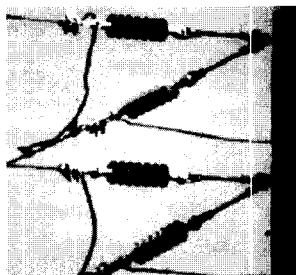
이러한 애자는 형태상에서 다음 그림 1 과 같이 크게 현수애자(suspension insulator)와 지지애자(support insulator)로 나눌 수 있으며 재질상으로는 자기재 애자(porcelain insulator)와 폴리머애자(polymer insulator)로 나눌 수 있다.

특히 송배전선로의 규모가 커지게 됨에 따라 가공배전계통에서 절연물로 사용되고 있는 자기재 애자 및 폴리머애자의 사용량이 매년 증가하고 있다.

그러나 국내 배전계통 2001년 통계에 의하면 배전설비 전체고장 중 애자고장이 14% 정도로 전선고장



(a) 현수애자의 예



(b) 지지애자의 예

그림 1. 현수애자(suspension insulator)와 지지애자(support insulator).



표 1. 폴리머 애자와 자기재 애자의 특징비교.

구 분	폴리머 애자	자기재 애자
장 점	<ul style="list-style-type: none"> - 경량성 - 우수한 오손내압특성 및 절연성 - 경비절감(구매비용, 설치비용) - 보수가 용이 - 높은 충격하중가동 - 표면발수성이 우수 - 절연파괴시 비산이 없음 - 성형이 용이 - 자기 세정성 	<ul style="list-style-type: none"> - 불활성, 내후성 우수 - 장기상요에 따른 성능변화 적음 - 부분교체가능 - 장시간의 현장운전경험
단 점	<ul style="list-style-type: none"> - 상대적으로 짧은 운전경험 - 경년에 따른 열화 - 불량애자 검출의 어려움(진단기술부족) - 세계적 기준의 부재 - 코로나 발생시 재질약화 우려 	<ul style="list-style-type: none"> - 중량이 무거움 - 고비용, 다양한 형상제작 어려움 - 물리적 충격에 약함

다음으로 많은 부분을 차지하고 있다. 이러한 배전설비의 신뢰성을 높이고 배전기자재의 다수를 차지하고 있는 애자의 고장관리를 위해 국내에서는 자기재 애자에 대한 불량애자 검출장치 연구가 진행되어 오고 있으나 아직까지 만족할 만한 수준의 결과를 얻지 못하고 있다. 더욱이 1994년도부터 국내에 도입되기 시작한 폴리머애자의 경우는 옥외에서 장기간 사용할 경우 폴리머재료의 특성상 열화가 발생하는 것을 피할 수 없으므로 열화된 애자를 조기에 검출하는 기술의 개발이 필요하다.

폴리머 애자는 표 1과 같은 우수한 장점을 가지고 있기 때문에 선진국에서는 20여년 전부터 송,배전급

의 자기재 애자를 대체하여 사용량이 급속히 증가하고 있다. 또한 국내에서도 이러한 장점과 경제성 및 작업성을 인식하여 한국전력을 중심으로 전철, 고속철도 분야에 폴리머 애자가 주요절연설비로써 입지를 굳혀나가고 있다.

표 2는 1999년 한국전력공사가 제시한 국내 배전용 현수애자 장단기운용계획으로 2005년도 이후에는 폴리머 애자가 전체 애자의 80% 이상을 차지하게 될 전망이다.

이와 같이 국내외적으로 배전급 뿐 아니라 송전급에까지 절연물로 폴리머애자의 사용이 증가하고 있는 추세로 인해, 열화된 애자에 대한 진단기술 개발의 중요성이 대두되고 있는 가운데 외국의 경우 일부국

표 2. 국내 배전용 현수애자 장단기운용계획(한국전력, 1999년 11월).

단계	1단계(1999~2001)	2단계(2002~ 2004)	장기(2005~)
폴리머애자	30%	50%	80%
자기재애자	70%	50%	20%
운용계획	<ul style="list-style-type: none"> - 폴리머애자개발 - 경년성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> - 폴리머애자 사용확대 	<ul style="list-style-type: none"> - 폴리머애자 사용표준화
적용기준	<ul style="list-style-type: none"> - B급 이상 염/진해지역 대상 - 첨단 산업단지 공급등 신뢰성요구선로, 낙뢰다발지역 우선사용 	<ul style="list-style-type: none"> - B급 이상 염/진해지역 선로 - 기타역 공업단지, 기간시설등 신뢰성 요구선로 - 낙뢰 다발지역선로 	<ul style="list-style-type: none"> - 자기재애자 제한사용 - 시설보강/교체 - 폴리머애자 수급 불안정시 대체

가에서 적외선 카메라에 의한 이상발열검출, 전자파 신호검출, 자외선 검출법, 전계강도분포측정에 의한 불량판정이 실시되고 있다.

우리나라 선로의 경우에도 수 십년 경과한 자기재 애자가 다수 있으며, 폴리머애자의 점유율도 급속히 증가되고 있으므로 최적의 설비운용을 위해 열화된 애자를 검출해내는 기술이 필요하다.

2. 폴리머애자 열화메카니즘과 표면변화

폴리머애자는 고전계, 자외선, 산화, 수분침투, 고의적 손상 등의 요인에 의하여 그림 2와 같은 메카니즘으로 열화가 진행되고 절연파괴에 이르게 된다. 열화의 진행과 외부영향에 의해 나타나는 손상의 종류로는 금구아크손상, 코아노출, 트래킹, 균열, 심한침식, 애자 갯의 관통 등이 있으며 결국 결합의 최종적 형태는 표면의 손상으로 나타난다.

그림 3 은 장시간 열화된 폴리머애자의 표면을

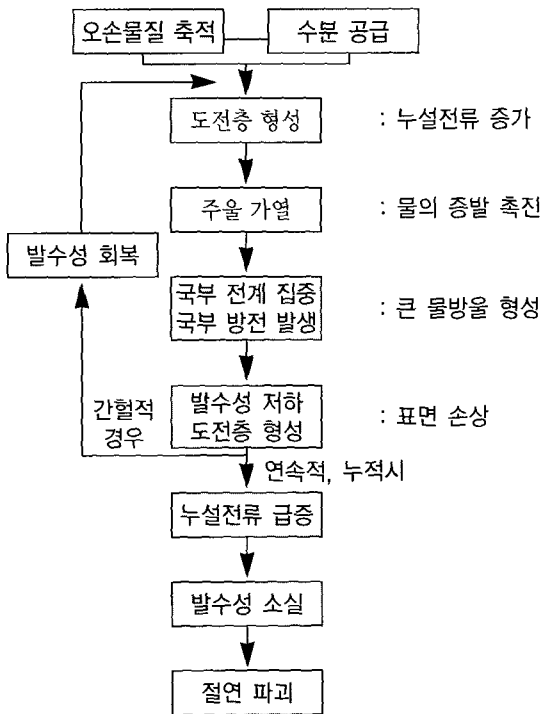
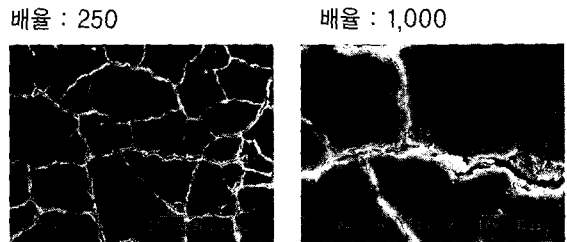


그림 2. 폴리머애자의 열화 메카니즘.

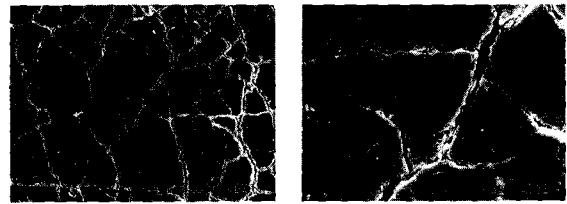
SEM으로 관찰한 것으로 재질의 표면에 심한 균열이 발생해 있음을 알 수 있다.

그림 4는 각각 72시간과 400시간 코로나방전에 노출된 폴리머애자의 외형으로 트렁크(trunk) 부분에 균열의 길이와 개수가 증가하였음을 보인다.

이러게 손상된 표면에 오손된 먼지나 염분이 부착되고 습기가 높아지면 도전성을 가지게 되어 누설전류가 흐르게 된다. 전류에 의해 발생한 열이 국부적으로 집중되면 건조대(dry band)를 형성하게 되고, 오손과 습기의 정도에 따라 건조대에서 국부적 방전의 발생으로 그치거나 표면절연파괴로 정전사고에 이르게 된다.

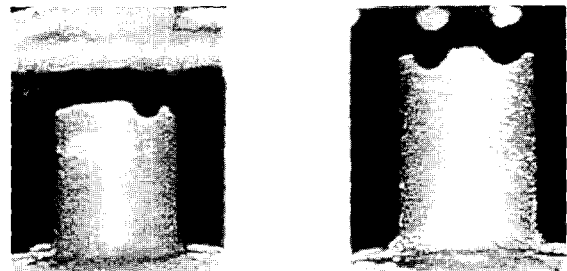


(a) 1,500시간 열화시료



(b) 2,000시간 열화시료

그림 3. 장기열화된 폴리머애자의 표면상태.



(a) 72시간 코로나 열화

(b) 400시간 코로나 열화

그림 4. 코로나방전에 72시간, 400시간 노출된 폴리머애자의 트렁크(trunk)부 표면 상태.



이러게 손상된 표면에 오손된 먼지나 염분이 부착되고 습기가 높아지면 도전성을 가지게 되어 누설전류가 흐르게 된다. 전류에 의해 발생한 열이 국부적으로 집중되면 건조대(dry band)를 형성하게 되고, 오손과 습기의 정도에 따라 건조대에서 국부적 방전의 발생으로 그치거나 표면절연파괴로 정전사고에 이르게 된다.

3. 폴리머애자의 고장분석

그림 5는 1999년 국내 배전급 애자에 대한 고장실적을 분석한 결과로 고장의 62%가 열화와 제작불량이 차지하고 있으므로, 불량애자의 열화나 제작불량 상태를 조기에 검출할 수 있는 기술이 개발된다면 고장의 상당부분을 미리 인지하여 적절한 조치를 취함으로써 계통운전의 신뢰성을 제고할 수 있을 것이다.

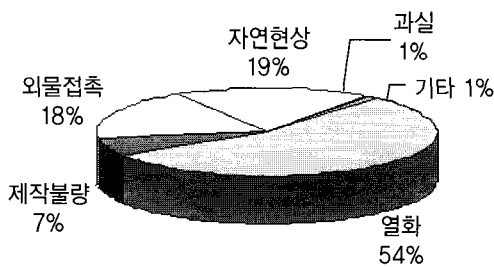


그림 5. 국내 배전급 애자류에 대한 고장실적분석 (한국전력, 1999).

그림 6은 2001년까지 북미에서 조사된 이상폴리머 애자의 원인분석 자료로, 애자의 표면과 계면에서의 문제로 인한 이상발생이 72%를 차지하고 있다. 이러

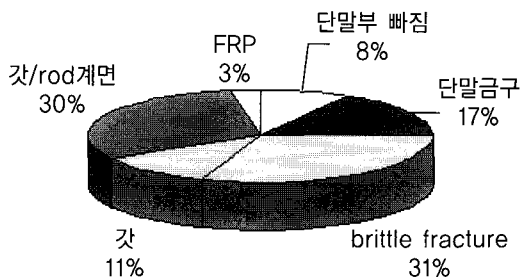


그림 6. 북미의 이상폴리머애자 원인별 통계(2001년).

한 자료들로부터 애자의 열화검출 및 진단에 있어 가장 주목해야 할 부분이 표면의 상태(결합, 온도분포 및 응력상태 등)임을 알 수 있다.

애자의 표면은 기상조건 및 표면오손, 습윤 정도에 크게 영향을 받으며, 그 영향은 상용주파수에서 현저하여 열화가 진행됨에 따라 플래쉬오버(flash over)전압이 청정시의 수분의 1 이하로 저하된다. 따라서 애자의 절연성능과 열화정도에 대한 진단 신뢰도를 향상시키기 위해서는, 열화메카니즘의 각 과정에서 표면상태에 대한 정확한 분석이 이루어져야 하고 이러한 열화현상 및 요인들과 상관관계가 높은 물리량을 정확하게 검출하는 기술이 필요하다.

4. 경제성과 국내외 관련기술 현황

표 5는 1995년 미국 FP&L 사가 조사한 폴리머애자 사용시 경제성을 검토 결과를 보이고 있다. 이 조사는 송전급애자의 경우로써 구매비용과 시공비용 모두 폴리머 애자가 자기제 애자보다 우수한 경제성을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 장점으로 인해 국내애자시장에서도 폴리머애자가 차지하는 비중이 급속히 증가하고 있으며, 이는 한국전력공사의 연간 현수애자구매 통계표에서도 확인할 수 있다. (표 6참고)

그러나 고압화, 대용량화되어가는 계통에서 절연설비의 열화로 인한 예기치 않은 정전 및 고장사고가 산업적, 경제적, 사회적으로 미치는 파급효과는 과거의 그것과는 비교할 수 없을 정도로 커져있다. 따라서 전력용 애자 진단기술을 확보하여 열화된 애자를 조기에 발견하고 보수, 교체함으로써 설비의 고장을 경영의 cost 를 줄일 수 있음은 물론 고장으로 발생하는 경제적 손실을 줄이고 전기품질을 향상시킬 수 있을 것이다.

4.1 국외현황

그림 10은 현재 폴리머애자에 대한 진단기술의 세계적인 실정을 단적으로 보여주는 그래프이다. 즉 대부분의 전력용 애자의 관리가 육안점검에 의존하고 있으며 이는 아직까지 확립된 진단기술이 없다는 점을 강조하고 있다. 육안점검의 경우 통상 1(회/년) 정도의 빈도로 수행되고 있으며 전문가의 경험에 의존

표 5. 폴리머애자 사용시 경제성(1995년, FP&L: Florida Power and Light자료).

구 분		구매비용 절감율	시공비용 절감율
현수애자	138kV	26%	22%
	230kV	25%	50%
Line Post(LP)	138kV	28%	49%
	230kV	25%	56%

표 6. 폴리머현수애자 구매사용현황(한국전력, 2001년).

[단위 : 만개]

구 분		'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
국산	자기재	152	151	124	148	107	208	186	117
	폴리머				2.5	2.5	2	16	38
외산	자기재	20	60	60	80				
	폴리머	1	3	3	7	9			
합 계		173	214	187	237.5	118.5	210	202	155

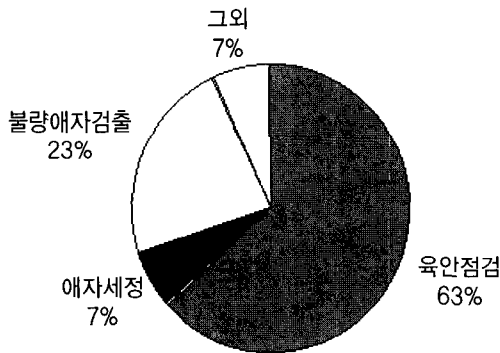


그림 10. 북미와 유럽의 폴리머애자 보수실태(송전급).

하고 있는 실정이다.

또한 23%를 차지하는 불량애자 검출방법으로 다음 표 7과 같은 진단법들이 사용되고 있으나, 어느 정도의 열화가 진행되지 않은 상태에서는 검출이 곤란하고, 판정기준이 측정환경에 의존하는 등 기술적 문제점이 있다. 따라서 현 단계에서는 시험채용의 의미가 강하며 육안점검의 보완수단 정도로 실시되고 있는 경향이다.

애자세정의 방법은 본 연구의 목적인 진단기술개발과는 좀 동떨어진 주제이나 미국의 Georgia Power, FKE, FP&L, Los Angeles Department of Water &

표 7. 북미와 유럽의 전력용애자 진단기법의 사례.

진단기술	검출 물리량	북미	캐나다	스페인	프랑스	비 고
IR카메라	표면온도	BPA, FP&L, FKE,	HQ	REE	EDF	- 현재까지 국부방전에 의해 1.5~3°C 정도의 발열을 검출한 예가 보고
전계강도측정	전계		HQ	REE	EDF	- 오손 습윤조건에서는 검출불가능 - 불량인 경우에도 건전으로 판정한 경우가 보고
UV카메라	국부방전			REE		- UV카메라에서 국부방전 검출 실패의 경우가 보고



표 8. 일본의 애자 불량검출기술.

적용	기종	검출요소	검출조건		비고
			과전	무과전	
송전선로	교류용 자주식 불량검출기	절연저항 저하	◎	◎	
	음향펄스식 불량검출기	분담전압	◎		
	EO형(광펄스식) 불량애자검출기	분담전압	◎		
	정기선용 불량애자검출기	절연저항 저하		◎	
	직류용 자주식 불량애자 검출기	절연저항 저하	◎	◎	직류송전용
	네온램프식 불량애자 검출기	분담전압	◎		275kV이하적용
	군단위의 불량애자검출	미소방전에 의한 전파, 초음파 및 잡음전류 발생	◎		
배전선로	1000V 메가에 의한 불량애자검출기	절연저항 저하		◎	
	적외선영상장치에 의한 불량애자검출기	누설전류에 의한 발열	◎		
	고주파잡음을 이용한 불량애자검출기	미소방전에 의한 전파, 초음파 및 잡음전류 발생	◎		
	초음파식 ultra-phone	미소방전에 의한 전파, 초음파 및 잡음전류 발생	◎		
	1000V 메가에 의한 불량애자검출기	절연저항 저하		◎	

Power(LADWP), 스페인 REE, 프랑스 EDF 등에서 폴리머애자 도입이후 종래 행해왔던 세정을 생각하고 있다. 이는 곧 보수비용의 절감과 연결되어 폴리머애자의 경제적 측면을 부각시키는 현상이다.

표 8 은 일본의 애자불량 검출기법을 정리한 도표이다. 대부분 종래의 자기재 애자의 기술을 그대로 사용하고 있으며, 폴리머애자를 위한 새로운 기술이 개발되지 못한 상태에서 북미나 유럽에서의 문제점을 그대로 가지고 있는 실정이다. 2001년 전기협동연구회의 조사보고서에서도 현재 애자의 열화정도를 판정할 기준을 검토 중에 있으며 폴리머애자의 적용이 확대되고 있는 현시점에서 이를 위한 진단기술의 확립이 절실하다고 지적하고 있다.

표위에서 지적한 바와 같이 선진국에서는 전력용 애자의 사용이 급속히 증가함에 따라 아직까지 확립되어있지 않은 전력용애자의 진단기술에 대한 활발

히 연구를 수행하고 있다.

그림 11 과 그림 12 은 각각 북미 및 유럽의 전력회

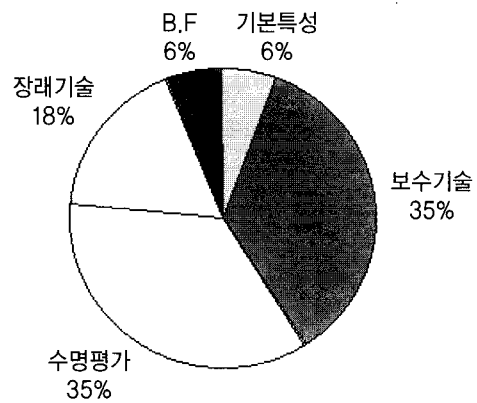


그림 11. 북미 및 유럽 전력회사의 애자관련 연구항목.

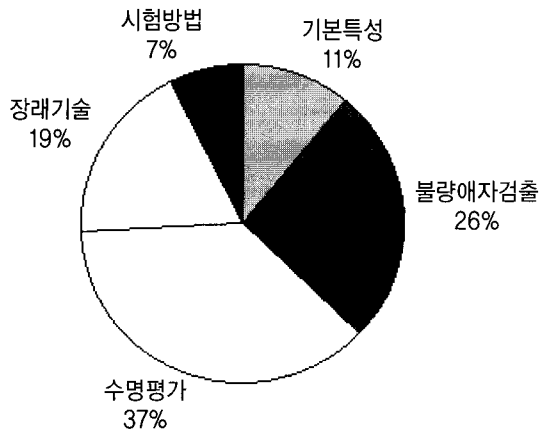


그림 12. 북미 및 유럽 대학연구기관의 애자관련 연구항목.

사와 대학연구기관에서 최근 진행 중이 애자관련 연구항목의 추세를 보여주고 있다. 수명평가기술과 함께 진단기술(보수기술, 불량애자검출)에 관하여 가장 많은 연구를 진행 중에 있으며, 대표적인 연구사례로는 캐나다 HQ에서의 전계분포측정 및 온도측정, 미국 EPRI의 온도 및 코로나 검출, 프랑스 EDF의 온도 검출 및 전계측정에 관해 연구 등을 꼽을 수 있다. 향후 연구과제로 on-line 열화진단법, 누설전류모니터 시스템, 적외선 카메라 부분방전검출 기법 등을 제시

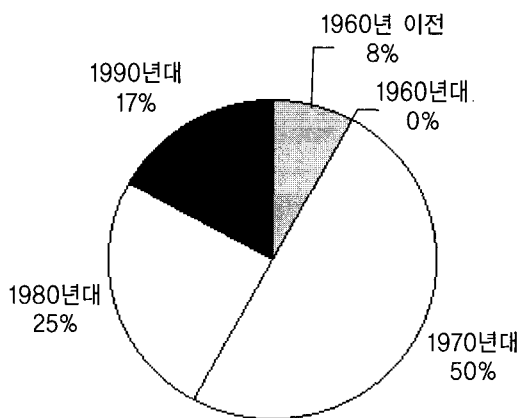


그림 13. 선진국의 애자관련 연구개시 시기.

하고 있다.

한편 그림 13에 보이는 것과 같이 기술선진국들의 폴리머애자에 관한 연구의 경험은 우리의 그것에 비해 매우 오래된 것으로 Queensland대학의 경우 1960년 이전에 이미 애자에 관한 연구를 시작하였을 뿐 아니라 대부분 1970년대부터 연구를 시작하여 기초기술을 축적하고 있으며, 국내에서도 추후 기술의존성과 경제적 설비운영을 위한 진단기술 개발이라는 측면에서 이 분야에 대한 활발한 연구가 수행되어야 세계적인 경쟁력을 가지는 기반기술 및 핵심기술을 확보할 수 있을 것이다.

4.2 국내현황

국내 현황을 살펴보면, 송배전선로의 규모가 커지게 됨에 따라 배전계통에서 절연물로 사용되고 있는 자기재 애자 및 폴리머애자의 사용량이 매년 증가하고 있다. 자기재 애자의 경우 연평균 고장율이 0.025%로 다량의 애자들이 섬락고장을 일으키고 있다. 또한 폴리머 애자의 경우 자기재 애자와는 달리 시간의 경과와 더불어 표면이 열화되는 것을 피할 수 없다는 것이 경험상 나타나고 있다.

특히 폴리머애자는 기존의 자기애자에 비교하여 여러 가지 장점이 있으므로 전세계적으로 사용이 증가하고 있으며, 국내선로에서도 1994년 폴리머애자가 도입된 이후 5년 정도의 시사용기간을 거쳐 1999년부터는 종래 주종을 이루던 자기재 애자를 급속한 증가세로 대체되고 있어 이에 대한 연구의 필요성도 함께 중요해지고 있다.

그러나 아직은 폴리머애자 도입의 초기단계로, 연구의 방향 역시 한전 전력연구원, 전기연구원 등을 비롯한 연구기관들이 주로 폴리머애자의 수명평가와 장기신뢰성 평가에 관한 연구를 수행하였거나 수행 중에 있고, 전력연구원의 경우 1998년-2001년(36개월)에 걸쳐 “배전용 폴리머애자의 신뢰성 평가 및 운영기준 제정” 연구를 수행하여 그 결과를 발표한 바 있다.

이에 비해 애자의 진단기술에 대한 연구는 매우 미미한 실정으로 극히 최근인 2002년 전력연구원의 연구기획 조사사업으로 “배전용 현수애자 진단기술개발 사전조사 연구”를 수행한 바 있으며, 그 결론부에



표 9. 국내 배전급 자기재 현수애자 및 LP 애자의 점검방법(한국전력공사 자료).

점검 방법		특 징	
설치전 점검		자기재 애자의 경우 표준구매시방서 개장(안) (ES 131) 5항에 의거해 외관검사	
설치후 점검	육안점검법	이상유무 육안점검, 필요시 승주하여 점검 지역별 교체기준 설정	
	불량 애자 검출 방법	분담전압 측정법	네온램프식 : 점등 않을 때 불량처리 전압지시식 : 애자에 걸리는 분담전압 측정
		메거측정법	대기습도 70% 이상일 경우에 절연저항 측정, 1,000MΩ 이하일 경우 불량처리
		전계검출식	전계강도가 급격히 저하된 애자 불량처리
		적외선 진단법	비정상적 온도상승 애자 불량처리
		잡음진단법	비정상적 잡음(전자파) 발생 애자 불량처리
특별점검		필요에 의해 자체적으로 시행 대기온도 35도 이상에서 소나기 등에 의한 기온급감 대기온도 영하15도 이하인 경우 폭설(30cm이상) 3-4일간 강풍이 계속된 오손등급 C급 이상 해안지역	
정밀검사		필요하다고 판단될 때 전력연구원 전력계통 연구실 배전기술그룹에 의뢰	

서도 '국제적으로 다수 진단장치가 개발되어 있으나 아직까지는 애자의 결함을 완벽하게 검출해 내는 진단기술이 부재한 현실이고 폴리머애자의 표면열화상태를 판정하여 열화된 애자를 진단하는 것이 중요한 과제' 라고 결론짓고 있다.

현재 한전에서 사용되는 애자류의 점검방법은 설치전 점검, 설치후 점검, 특별점검, 정밀점검 등으로 구분하여 시행하며 표9와 같이 정리할 수 있다. 이 표에서도 확인할 수 있듯이 국내의 경우에도 애자의 점

검을 거의 숙련자의 경험에 의한 육안점검 위주이고 그 이외의 방법이 보조적으로 시행되고 있는 실정이다. 따라서 증가추세에 있는 전력용 폴리머애자에 대응하는 적절한 진단기술 개발이 시급히 요청되고 있다.

5. 결론

이 글에서는 최근 실용화단계에서 중요성이 부각되고 있는 전력용 폴리머애자에 대한 현황과 진단, 그리고 향후 전망에 대해 간략하게 통계적 자료를 중심으로 살펴보았다.

폴리머 애자는 기존 자기재애자에 비해 우수한 장점을 가지고 있기 때문에 선진국에서는 20여년 전부터 사용량이 급속히 증가하고 있다. 또한 국내에서도 이러한 장점과 경제성 및 작업성에 대한 인식이 확대됨에 따라 한국전력을 중심으로 전철, 고속철도 분야에 폴리머 애자가 주요절연설비로써 입지를 굳혀나가고 있으며, 2005년도 이후 전체애자의 80이상을 차지하게 될 전망이다.

이와 같이 국내외적으로 배전급 뿐 아니라 송전급에까지 폴리머애자의 사용이 증가하고 있는 추세로 인해, 열화된 애자에 대한 진단기술 개발은 기술적 측

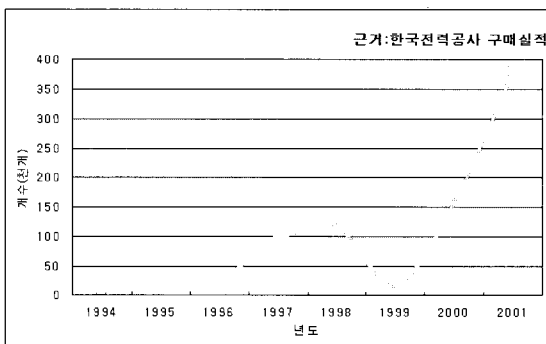


그림 19. 국내 배전급 폴리머애자 적용현황.

면에서 뿐 아니라 경제성을 고려하여서도 매우 중요한 연구과제가 될 것으로 사료된다.

감사의 글

“본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력 공학공동연구소(R-2003-B-104) 주관으로 수행되었습니다.”

참고 문헌

- [1] CIGRE WG 22.03, “Worldwide service experience with HV composite insulators”, ELECTRA, No. 191, p. 27, 2000.
- [2] 電氣協同研究會, “架空送電用有機がいしの現状と今後の展望”, 電氣協同研究, 第56卷, 第1, 2000.
- [3] L. Xidong, W. Shaowu, F. Ju, and G. Zhicheng, “Development of composite insulators in China”, IEEE Trans. on Dielectrics and Elec. Insul., Vol. 6, p. 586, 1999.
- [4] G. H. Vaillancourt, S. Carignan, and C. Jean, “Experience with the detection of faulty composite insulators on high voltage power lines by the E-field measurement method”, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 13 p. 661, 1998.
- [5] T. Kikuchi, S. Nishimura, M. Nagao, K. Izumi, Y. Kubota, and M. Sakata “Survey on the use of non-ceramic insulators”, IEEE Trans. on Dielectrics and Elec. Insul., Vol 6, p. 548, 1999.
- [6] 김신철, 김태영, “국내외 현수애자의 적용동향 및 기술동향”, 전기학회지 제48권 12호, 1999.
- [7] G. H. Vaillancourt and P. Bilodeau, “Diagnostic testing of composite insulators used on series compensation platforms in Hydro-Quebec”, Conf. Proceedings of 11th International Symposium on High Voltage Engineering, London, England, 1999.
- [8] 박강식, 이병성, 한상옥, 이덕출, “Composite insulator의 적용 및 진단기술 현황”, 전기학회지 제48권 12호, 1999.

- [9] H. M. Schneider, J. F. Fall, G. Karady, and J. Rendowden, “Non-ceramic Insulator for Transmission Lines”, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, p. 2214, 1989.
- [10] 조한구, “폴리머 절연물의 장, 단기 신뢰성을 위한 표준화 평가기술”, 글로벌스텐다드, 4월, 2001.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 이준호

- ◆ 학력
 - 1985년 서울대 공대 전기공학과 공학사
 - 1987년 서울대 대학원 전기공학과 공학석사
 - 1992년 서울대 대학원 전기공학과 공학박사
- ◆ 경력
 - 1993년 - 1994년 일본 전력중앙연구소 전력부 객원연구원
 - 1999년 독일 University of Siegen 방문교수
 - 2001년 - 2002년 미국 MIT 고전압연구실 방문연구원
 - 1994년 - 현재 호서대 전기공학부 교수

성명 : 이병성

- ◆ 학력
 - 1993년 충남대 공대 전기공학과 공학사
 - 1995년 동 대학원 전기공학과 공학석사
- ◆ 경력
 - 1995년 - 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원

성명 : 이재봉

- ◆ 학력
 - 1993년 전남대 공대 전기공학과 공학사
 - 1995년 동 대학원 전기공학과 공학석사
 - 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
- ◆ 경력
 - 1995년 - 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임보연구원

성명 : 권태호

- ◆ 학력
 - 2000년 충남대 공대 전기공학과 공학사
 - 2003년 동 대학원 전기공학과 공학석사
- ◆ 경력
 - 2003년 - 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 위촉연구원