

배전용 애자장치의 열화특성 및 선로사고와의 상관관계에 관한 연구

김 태원\* , 신 정훈, 박 성택  
한국전력공사 전력연구원

A Study on the Relation of Fault in Distribution Line by Insulator deterioration

Tae-Won Kim\* , Jeong-Hoon Shin, Seong-Taek Park  
Korea Electric Power Research Institute

Abstract

In General, Distribution Line is largely effected by temprature, humidity and natural system's condition. The power system network , particularly fault of power distribution system connected to consumer would cause a magnificent effect to the society. And then Improvement in living conditions and increase in the industrial production brought by the development in economy and new technology, in due course, ask more and reliable electric energy. In this paper, we will describes that the effecttion of deterioration in Insulator and its relation of fault in power system

1. 서론

수용가를 연결하는 배전선로는 다양한 부하 분포와 그 특성에 의하여 조기에 그 사고를 예측하여 예방한다는 것은 용이한 일이 아니며, 실제로 선로에 사고가 발생한후 사후 조치에 의하여 영구 및 순간고장등의 성격에 따라 복구조치가 이루어 지고 있는 실정이다. 배전선로에 발생하는 정전사고는 50%이상인 원인 불명사고로 순간정전이 대부분이며[1], 이는 대부분 애자의 순간오손 또는 장기적인 열화에 따른 Flash Over에 의한 것이다. 배전선로에 부착된 절연물의 특성은 절연재료가 가지는 고유의 특성외에 기상조건 및 주위환경등의 돌발적인 변화등에 의해 의존하며, 이러한 여러 가지 원인에 의해 예측치 못한 사고로 진전된다. 본논문에서는 선로에 부착된 애자의 절연특성변화를 중심으로

배전선로 고장진전의 역학적 메카니즘과 정전사고 발생과의 관계 및 주파수 Data의 분석 및 사고 의존성등을 분석하여 선로의 동적인 특성을 검토하며, 실증시험에 따른 결과를 제시한다.

2. 실험장치 및 시험방법

실계통 선로에서의 애자의 열화에 따른 전압 전류 신호의 취득을 위하여 그림 1.과 같은 시험장치를 구성 하였으며, 시료의 가압에 사용된 전원은 22.9kV고장D/L의 상용선로를 분기하여 자체 제작한 가압장치를 이용, 원격으로 1차측 DS를 ON후 2차측 접지 DS를 ON시켜 전압을 인가하였다.[2] 그림 2는 시험에 사용된 실시험 장치이며, 그림 3.은 시험에 사용된 고장의 상용선로이다.

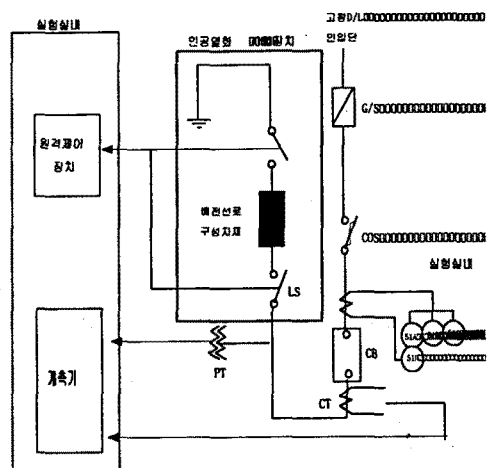


그림 1. 단선 계통도 (고장정후 검출 시험장)



그림 2. 인공열화 시험장치의 외관 및 원격제어 장치

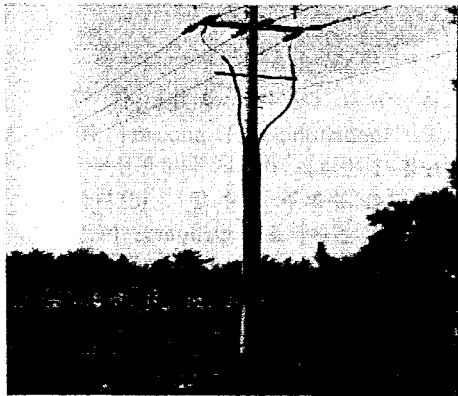


그림 3. 시험에 사용된 고장D/L

NC	차재명	mA	Watt	Meas %PF	Corr% PF	Cap ind
1	LP	0.850	8.082	95.03	95.03	70.1
2	"	0.238	0.187	7.86	7.86	63.0
3	"	0.239	0.161	6.73	6.73	63.1
4	"	0.304	1.197	39.36	39.36	74.1
5	"	0.252	0.220	8.72	8.72	66.5
6	현수	0.093	0.037	3.99	3.99	24.2
7		0.091	0.025	2.73	2.73	24.2
8		0.097	0.062	6.35	6.35	25.7
9		0.099	0.045	4.53	4.53	26.2

그림 4. 시료의 %PF

본 연구에서 사용된 시료는 Doble Test를 통해 %PowerFactor를 측정하고(그림 4) 그 온도도에 따라 차례로 시료를 장착하여 전압 및 전류의 변화 추이를 분석하되 주위환경에 따른 영향등을 감안하여 측정당시의 온습도를 부기하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 5, 6, 7, 8.로 알 수 있듯이 시료의 절연내력이 떨어질수록 시료의 표면에서 보이는 Scintillation은 더욱 강열해지고 Time Domain 상에 나타나는 파형

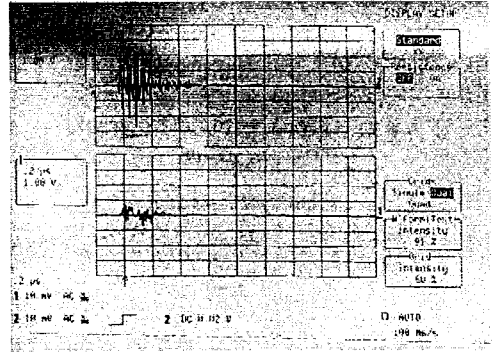


그림 5 현수애자 1의 누설전류파형

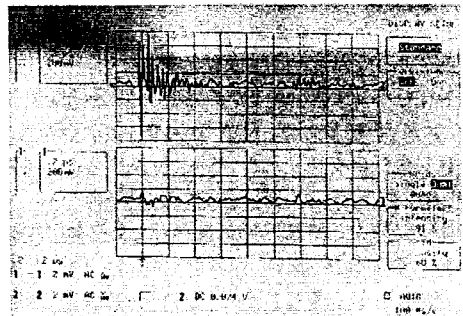


그림 6 현수애자 2의 누설전류 파형

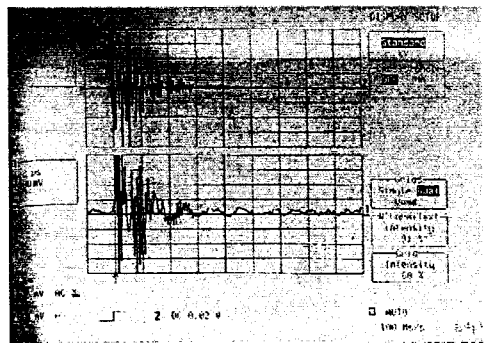


그림 7 현수애자 3의 누설전류 파형

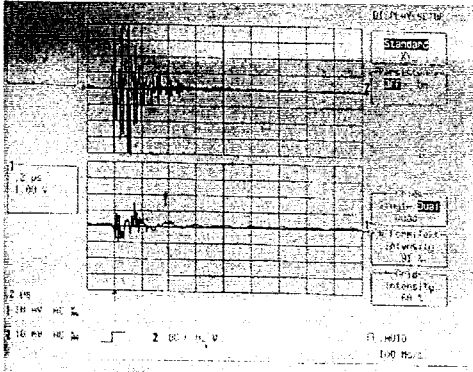


그림 7 현수애자 4의 누설전류 파형

은 발생주기가 점점 더 짧아진다. 대체로 시료의 표면에서의 Tracking 은 Scintillation의 주기가 짧아지고 누설전류의 크기가 크질수록 절연파괴점이 가깝다.[3] 그림 9의 주파수 Domain에서 알 수 있듯이 Scintillation 초기에는 기본파를 제외한 광범위한 범위에 걸쳐 간헐적으로 나타났던 고조파 성분들이 절연내력의 저하가 심할수록 두드러지게 나타난다.

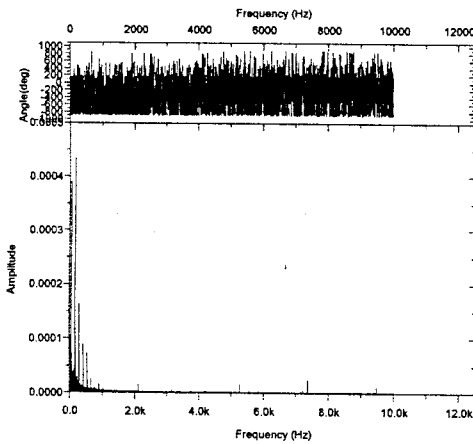


그림 9 애자(LP5)의 누설전류 파형과 FFT분석결과 (Angle, Magnitude)

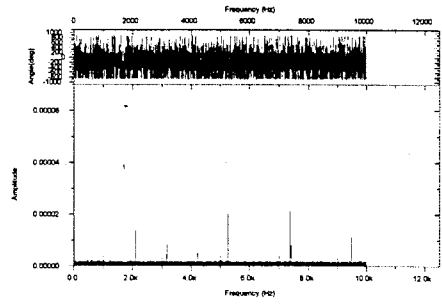


그림 10. 애자(LP1)의 누설전류 파형과 FFT분석결과 (Angle, Magnitude)

이는 고조파 방전의 초기에 나타난 성분들이 불꽃방전이 강렬해짐에 따라 확대 재생산 된 것이라 사료 된다.

본 시험에서 나타난 LP애자와 현수애자(2련)와의 절연내력을 비교하면 빗물등에 의해 오염된 경우, LP애자가 상대적으로 선로시험에서 절연내력이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 LP애자가 현수애자에 비하여 일단 절연열화에 의해 열적파괴로 진전되면 수분 및 오염물이 LP애자의 표면에서 내부로 흘러 들어가 도전성 경로를 형성하기 때문으로 사료되며, 특히 그림 11에서 시험조건이 이슬이 맺히는 새벽 시간대에 불꽃방전이 심하게 나타난 것은 LP애자의 내부에 스며든 미세한 수분입자가 원인이라 사료된다.

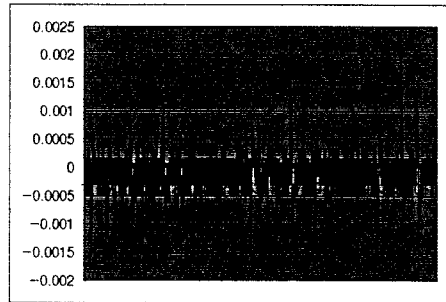


그림 11. LP애자의 누설전류파형 ( 새벽 05:00 )

동일한 시료에 대해선도 해빛이 있는 오전중에는 Scintillation이 현저히 줄어든 것은 내부에 침입한 수분의 증발에 의해 도전성 경로가 차단되었기 때문이라 생각된다.

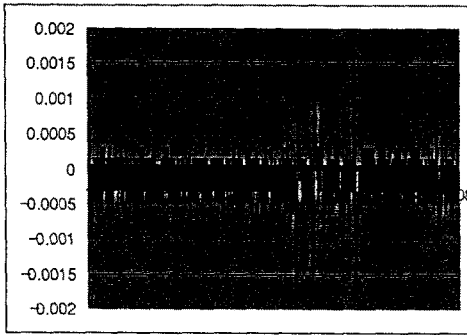


그림 12. LP애자의 누설전류파형  
(오전 11:20)

LP애자에 비해 현수애자의 Scintillation이 상대적으로 약하게 나타난 것은 애자의 취부조건상 LP애자의 경우에는 수직으로 취부되어 충전부에서 접지점간에 수분의 흐름이 원만하여 쉽게 도전성의 경로를 만들기 쉬우나 현수애자의 경우, 전력선과 수평구조를 이룸으로 접지점간 오염된 수분에 의한 도전성 경로를 이루기 어렵기 때문이라 사료된다.

#### 4. 실계통 사고이력과의 비교분석

다음 그림 13.은 1990년 - 1994년까지의 배전 설비별 사고이력을 정리해 놓은 것이다.[4]

연도	원인	자연파		낙뢰		제방량		기타		총계	총D/L 사고 수	사고 점유율	
		LP	현수	LF	현수	LF	현수	LP	현수				
'94	영구	61	86	11	27	48	240	55	115	175	468	3,500	19.14
	순시											12,526	5.65
'93	영구	46	116	13	36	60	405	31 (3)	122 (20)	150	681	3,572	23.88
	순시	38	135	12	50	44	370	104 (31)	241 (26)	198	796	14,408	7.41
'92	영구	26	34	19	26	29	9	14 (1)	41 (2)	88	191	1,394	21.52
	순시	28	84	20	53	38	187	68 (12)	190 (16)	154	514	11,522	7.23
'91	영구	6	24	4	8	37	92	18 (2)	39 (6)	65	163	1,527	20.96
'90	영구	5	32	1	12	16	215	5 (1)	33 (6)	27	263	1,606	25.03

그림 13. 22.9KV 가공배전선로 애자사고 일람표

○ 기간 : '90~'94, 영구사고 : 5분이상,  
( ) : 염진해

윗그림에서 알 수 있듯이 애자가 차지하는 사고중에서 현수애자가 차지하는 사고의 발생빈

도가 매우높게 나타나고 있고, 특히 통계에 의해 제작 불량에 의한 사고가 가장 높게 나타나고 있어 구조물의 절연내력 향상 및 품질관리가 사고방지를 위해 더 효율적인 방법임은 자명하다. 그럼에도 불구하고 본 실험에서는 일단 열화가 진전되어 절연물이 손상(LP애자의 실금발생 등)을 입게되는 경우의 선로에 미치는 영향은 LP애자쪽이 더 높은 것으로 나타나 절연물의 설치방법 및 애자장치의 구조등에 강하게 의존하는 것으로 나타났다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 실계통 상용선로를 이용한 배전용 절연재료인 애자의 오손도에 따른 전압, 전류 특성 및 Scintillation 의 형태등을 살펴보았다. 이 연구를 통하여 상용선로에 설치된 절연물은 일단 절연내력의 저하가 진전되어 절연물의 파손등에 이르면 설치구조 및 사용조건에 더 많이 의존하며, 특히 수직구조물의 경우 누설거리와 관계없이 빗물등 대기중의 오염에 따른 열화에 의한 사고발생확률이 더 높은 것으로 나타났으며, LP애자보다 현수애자가 절연과괴로 완전히 진전 되기까지 절연특성이 강하게 나타나 절연물의 누설거리뿐만아니라 절연물의 구조 및 사용조건에 특히 강하게 의존하는 것으로 나타났다.

#### 6. 참고문헌

- [1] 한전 계통운용처, '96고장통계
- [2] 박성택, 신정훈, 김태원, "배전선로 고장정후 예지시스템 개발 1차연구" 전력연구원, 1998
- [3] 김태원, "에폭시 복합재료를 이용한 고압 트래킹 특성개선" 부산대, 1994
- [4] 김상준, 박구범, 송일근, "배전용 애자류 품질확보를 위한 시험방법에 관한 연구" 전력연구원, 1996