

## 배전용 불량애자에서의 전자파 부분방전 검출장치 개발

강창원<sup>1</sup>, 송일근<sup>2</sup>, 김주용<sup>3</sup>, 이병성<sup>4</sup>, 강대수<sup>5</sup>  
 (주)피에스디테크, <sup>2</sup>전력연구원, <sup>3</sup>천안공업대학

### Development of the partial discharge detecting equipment using electromagnetic wave in deteriorated insulator

C.W.Kang, I.K.Song, J.Y.Kim, B.S.Lee, D.S.Kang

**Abstract** - The clack of Insulator, which results from internal or external surges such as electrical, mechanical, and thermal stress, might cause ground fault and a power failure without proper repairs. In order to minimize losses caused by a short-term or long-term power failure, it is necessary to detect the deteriorated insulator as early as possible. To do so, we will develop a new device, which can detect and trace an deteriorated insulator by monitoring its physical change the variation of frequency spectrum. This device will do so by finding a Periodic wave sharp (120 Hz), a peculiar wave generated by defused electricity.

### 1. 서 론

배전 기자재는 운전되는 순간부터 경년열화가 진행되기 때문에 사고 방지를 완벽하게 하는 것은 현재의 기술로는 불가능하다고 볼 수 있다. 때문에 사고를 조기에 예방하는 기술을 개발하여 과학적이고 체계적인 점검방법을 현장에 적용할 필요가 있다. 현재 고장애자를 검출하기 위한 장비개발이 선진국에서는 활발히 추진되어 일부는 상용화되고 있지만 검출 감도가 떨어지고 주위 노이즈(Back Ground Noise)와의 구분해석이 미흡하여 오진의 경우가 많아 전주 위에 올라가 육안점검에 의존하고 있는 실정이다. 방전에 따른 빛이나 음향, 열등의 검출은 현장적용에 많은 어려움이 있어 현재까지 실용화가 극히 미미하다고 볼 수 있다. 때문에 선진국에서는 전자파 대역을 검출하여 고장 애자를 검출하는 기술이 활발히 연구되고 있으며 국내에서도 전력연구원을 비롯한 일부 학계에서 연구 수행 중에 있다. 현재까지 연구된 내용을 보면 고장애자에서 발생하는 전자파는 스펙트럼분석결과 특정 주파수대역에서 집중적인 방사전자파가 검출되었으며 방사전자파가 일정 주기성을 갖는 파형임을 규명하였다. 본 연구개발에서는 고장애자에서 발생하는 전자파 주파수 스펙트럼을 통해서 발생빈도가 가장 높은 주파수 대역을 찾고, 방전 일정 주기를 갖는 방전펄스를 검출하여 고장애자 검출 및 추적장치를 개발하고자 한다.

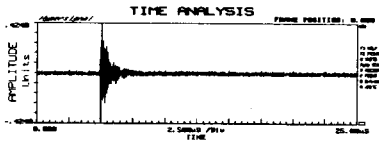
### 2. 본 론

#### 2.1 애자 열화에 의한 방전 전자파대역 분석

#### 2.1.1 방전 전자파대의 주파수 대역 분석

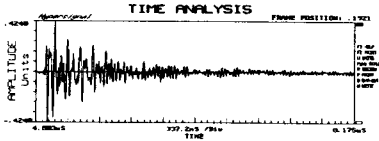
열화가 진행된 애자에서 나타나는 특징적인 현상은 절연저항이 저하되고 방전 주파수대역이 변화된다. 즉 방전 신호의 형태나 스펙트럼 분포에 영향을 준다. 애자의 절연파괴 과정을 분석해 보면 열화가 진행되는 순간부터 전자파가 방출되어 절연이 파괴될 때까지 방전에 의한 전자파는 광대역의 불규칙적인 주파수 스펙트럼을 갖는다. 이러한 방전 전자파를 펄스화 하였을 경우 이들의 발생시간에서 어떠한 특정한 패턴을 나타낸다. 특정패턴을 갖는 펄스파, 즉 방전전자파의 발생시간 분포를 나타내는 알고리즘에 의해 열화된 애자의 불량정도를 검출할 수 있다. 이를 위해서는 펄스화된 방전전자파의 발생시간 분포패턴과 열화된 애자의 절연저하 관계를 분석할 필요가 있다. 또한 최적의 전자파 대역의 특징주파수(Dominant Frequency)를 선정하기 위해서 많은 불량 애자의 주파수 분포도를 찾을 필요가 있다. 지금까지의 연구에서는 열화된 애자에서 방출되는 방전 전자를 검출해 주파수 대역을 분석한 결과 30MHz대역에서 발생빈도가 가장 많았다. 주파수 스펙트럼에서는 0~200MHz까지 광대역으로 나타나지만 이들 주파수 스펙트럼의 1주기 주파수 대역은 20~30MHz, 50~60MHz 대역에서 주기성을 갖는 분포빈도가 가장 많았다. 특징주파수(Dominant Freq.)는 신호에 대한 광대역 전력스펙트럼을 배경잡음과 비교할 때 현저한 전력차를 갖는 대역을 말한다. 일반적으로 신호의 주파수대역 분석을 위해서는 계측장비(Spectrum Analyzer, Digital Storage Scope등)에서 획득한 신호에 대한 스펙트럼 강도를 측정하면 되지만 이 경우 신호의 통계적 특성에 주의하여야 한다. 즉 변조파 등과 같은 결정론적 신호(Deterministic Signal)의 경우에는 계측장치로부터 즉시 거의 정확한 결과를 얻을 수 있으나 임의적 신호(Abrupt Signal)의 경우에 있어서는 신호의 통계적 특성이나 배경잡음과의 연관성, 계측장비의 성능과 특성에 따라 많은 변화를 보이게 된다. 신호가 가진 주파수대역 분석에는 극단적 오차까지도 생길 경우가 있다. 따라서 이러한 경우의 주파수 스펙트럼 측정에는 충분한 표본화율(Sampling Rate)로 요구되는 대역을 확보하여 신호를 획득하고 획득한 신호에 대하여 Periodgram 또는 Modeling 방법에 의한 스펙트럼 추정을 시도하여야 한다. 참고로 불량애자 방사전자파의 경우 10차 AR(Auto-Regressive) Modeling에 의한 스펙트럼 추정을 하였다.

- 1) 배경 잡음과 방사전자파 신호의 획득
  - 광대역 안테나 및 증폭기 사용
  - LeCroy LC334A Digital Scope사용 (Sampling Rate : 500MHz)
- 2) 배경잡음에 대한 분석 및 통계적 Model 설정
- 3) AR Modeling 및 AR계수 산출
- 4) AR계수에 의한 역 필터링



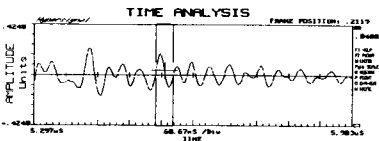
\*방사전자파 신호

(500MHz Sampling Rate, 15000 Sample)



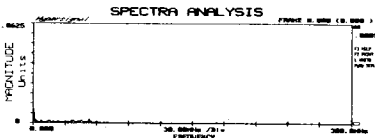
\*방사전자파 신호(Zoom)

[실제 관찰신호는 신호의 앞부분에서 매우 불규칙한 양상을 보이고 후위로 갈수록 안정되는 경향이 있음]

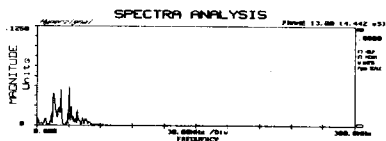


\*방사전자파 신호(Zoom)

[신호 중반부의 측정 : 그림에 나타낸 두 개의 수직 커서 폭은 33.3(ns)이며 이는 30(MHz)의 주파수 성분을 가지고 있음을 나타낸다. 물론 이는 제로교점의 통계적 분석에 의해 특징주파수로 해석 가능하다.]

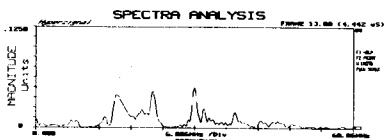


\*배경잡음신호의 스펙트럼

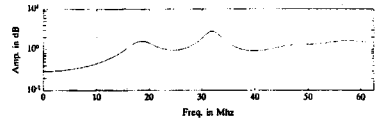


\*방사전자파신호의 스펙트럼

(FFT(Hamming Window) 처리결과)



\*방사전자파신호의 스펙트럼(Zoom)



\*방사전자파신호의 AR 스펙트럼

그림 1. 불량애자에서의 특정 주파수 대역 측정 방법

## 2.2 방전전자파의 도착 주기성 모의 실험

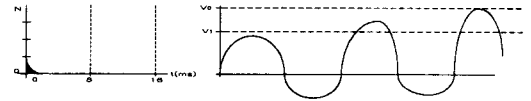


그림 2. 애자 내부의 초기열화단계

(Ripple성 전압변화에 의해 전파발생 : 임계 전압 초과시 펄스 발생)

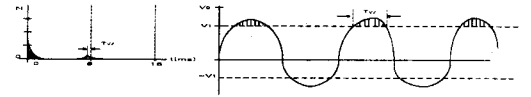


그림 3. 전파 발생구간 검출시작 단계

(정현파형의 전류치가 전자파로 발생 : 임계전압 초과)

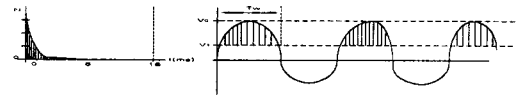


그림 4. 전파 발생구간 한계

(정현파형의 대부분 주기에서 전자파 발생 : 절연파괴 단계)

그림 2~4와 같이 애자의 절연저하가 진행될수록 전자파 발생 빈도가 커지게 된다. 이 전자파 발생구간에서 발생하는 펄스화된 방사전자파의 도착시간 분포의 중심은 8.3ms이며 이보다 작게 나타나는 경우는 애자의 열화정도가 심해지고 있다고 볼 수 있다. 따라서 도착시간 분포도를 보면 애자의 변화정도를 예측할 수 있다.

## 2.3.현장에서의 모의실험

개발된 시제품의 주파수 감도와 측정거리를 증가시킨 후 고창에서 현장 실험을 실시하였다.

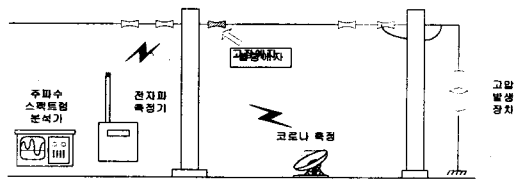


그림 5. 고압 발생장치 및 현수애자 설치 구성도

- ◎ 실험일자 : 2001. 02. 02
- ◎ 측정일소 : 고창 배전 실증 시험실
- ◎ 기상상태 : 맑음, 4℃, 62%, 미풍
- ◎ 측정조건
  - 옥외시험야드에 현장과 동일한 구조로 배전용 현수애자를 설치하고 3련 중 전원측 1개를 불량애자로 교체하여 검출가능성을 측정
  - 인가전압 : AC 13.2kV
  - 주변상태 : 765kV 전선 교체 작업으로 가압을 하지 않아 송전 잡음 없음.
- ◎ 시료
  - 불량애자 3개 설치, 각 상별로 3련의 애자 중 전원측 1개에 불량애자 설치
  - A상 불량 : 두부 punctuation
  - B상 불량 : 내부 관통 섬락
  - C상 불량 : 갓 1/2 파손

### 3. 결 론

고장애자에서 발생하는 방전전자파의 도착시간 확률분포 실험실 모의 실험 및 현장 실험에서 규명되었다. 하지만 현장실험에서와 같이 건전 상태에서 고장애자를 검출하는 감도증폭부문을 개량하게 되면 고장애자 및 발생위치를 탐지하리라고 생각된다. 이러한 실험을 근거로 장치 개발 중에 있으며 조기 실용화되도록 더욱 개발을 추진해 나갈 예정이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 전력 연구원, "배전설비 결함분석 기술" 1999.9.2
- [2] 일본전기평론, "배전 기자재의 열화 진단기술의 개발" 1995.12
- [3] 강대수, "절연체 열화에 의한 방전전자파의 특징 추론에 대한 연구". 천안공업대학 논문집, 2000
- [4] 전력연구원, "배전선로 불량애자 검출장치 개발에 관한 연구" 1993. 7.

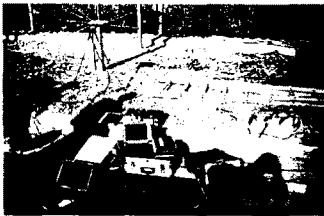
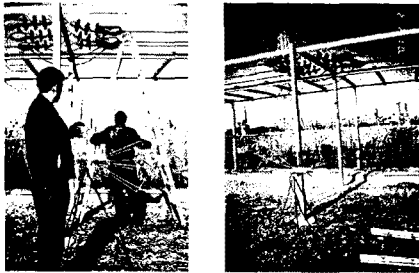


그림 6. 측정 모습

표 1. 측정 결과

구 분	시료조건	주파수 스펙트럼( MHz )			전자파 검출장치		
		A상	B상	C상	A상	B상	C상
건조 상태	2+1(+)	광대역	광대역	광대역	8.3ms초과	8.3ms초과	8.3ms초과
	1+1(+)	"	"	"	"	"	"
	0+1(+)	185-225	185-225	185-225	"	8.3ms이내	"
주수 상태	2+1(+)	185-225	185-225	185-225	8.3ms이내	8.3ms이내	8.3ms이내
	1+1(+)	"	"	"	"	"	"
	0+1(+)	"	"	"	"	"	"