

**불량 전력기에서 발생하는 누설 노이즈 검출장치 제작**

이종찬\*, 전윤정, 박주호\*, 김기대, 박형준, 윤양웅, 박대희  
 원광대학교 전기·전자공학부  
 (주) 남광산전

**Detector Manufacture about Leaky Noise Generated from Faulty Power Equipment**

Jong-chan Lee\*, Yun-jeon Jeon, Ju-hoo Park\*, Ki-dae Kim,  
 Hyung-jun Park, Yang-woong Yoon, Dae-hee Park  
 School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University  
 Namkwang Electric Industrial System

**Abstract** - In this paper, we manufactured the detector which is detecting the periodical distribution of arrival time about pulsed leaky noise. The frequency range were analyzed optimally pulsed leaky noise in detector design. With results, we can make the detector for leaky noise from the bad insulator.

**1. 서 론**

불량 전력기기를 측정하는 많은 방식이 연구되고 제품으로도 나와 있지만, 제한된 범위에서 사용되고 있으며 정확도가 낮아 사용할 수 없는 경우이다. 이러한 검출장치들이 정확도가 떨어지는 가장 큰 이유는 절연 불량에 따른 자료들이 정량적이지 못한 점이다. 절연 불량 정도가 어느 정도인지를 판별하기 위해서는 불량 또는 양품의 판단을 위한 객관적 기준을 만들어야 하고, 이 기준은 이론적 근거가 명확해야 한다.

일반적으로 절연이 불량할 때 나타나는 물리적 특징은 절연저항이 저하되고 고유진동 주파수가 변화된다. 이와 같은 현상들이 방전신호의 형태나 스펙트럼 분포에 영향을 주는 것으로 기인해 정성적 관계와 정량적 분석이 필히 선행되어야 한다[1~2].

본 연구에서는 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간 분포 주기성을 검출하여 절연 불량률의 유무를 판정할 수 있는 검출기를 개발하였다. 검출기 설계과정에서 최적으로 펄스화된 누설 노이즈를 검출하는 주파수대역을 분석하였으며, 누설 노이즈의 도착시간 주기성 실험을 수행하였다[3~6]. 도출된 결과를 이용하여 불량 전력기기 노이즈 검출장치를 제작하였다.

**2. 본 론**

**2.1 검출 주파수 대역 분석**

절연 불량 기기의 대상은 실험용 LP 애자를 사용하였다. 애자의 전압 인가는 2차측 최대, 출력이 30kV 인 고압 변압기를 이용하였다.

절연 불량에 의해 발생한 LP 애자의 누설 노이즈 신호는 그림 2와 같다. 그림 2는 누설 노이즈를 250 Mhz의 표본화율로 60 $\mu$ s(15,000 sample)동안 표본화한 데이터이다. 누설 노이즈 파형은 고주파잡음의 진폭이 지수함수의 형태로 작아지는 형태를 가지는데, 이는 지수함수의 펄스가 고주파잡음에 의해 변조된 것과 같은 형태를 나타낸다. 따라서 이러한 누설 노이즈를 복조 시키면 누설 노이즈는 하나의 지수함수 펄스로 될 수 있으며 이것은 도착시간 분포를 측정하는 기준이 된다.



그림 1 실험용 애자의 구조물

그림 3은 누설 노이즈에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸다. 스펙트럼분석 결과는 누설 노이즈의 주파수대역이 애자의 절연저항의 크기에 따라 다소 변화를 보인다. 따라서 주파수 대역과 무관하게 불량 전력기기를 검출할 수 있는 검출기를 설계하려면 절연 불량으로 발생하는 누설 노이즈의 공통된 대역을 결정하여야 하고 이를 위해 도미넌트 주파수 빈도를 측정하였다.

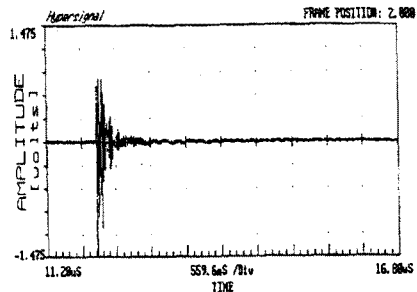


그림 2 불량한 LP애자에서 발생한 누설 노이즈

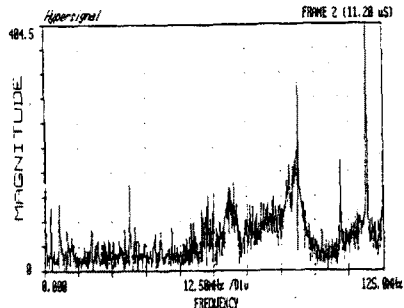


그림 3 불량한 LP애자에서 발생한 누설 노이즈의 주파수 스펙트럼

그림 4는 절연저항에 따른 애자의 종류별 도미넌트 주파수의 빈도를 도시한 것이다. LP애자에 대한 주된 주파수의 빈도는 절연저항이 500M $\Omega$  이하일 경우는 20~30MHz의 대역에서 가장 높은 빈도를 나타내며, 절연저항이 1G $\Omega$  이상일지라도 외관상 오손이 되었을 경우에도 역시 불량한 특성을 보여서 20~30MHz의 대역에서 가장 높은 빈도를 나타내고 있다.

그림 5는 누설 노이즈를 펄스화 하였을 경우 도착 시간 분포에서 특정한 패턴을 나타냈다. 절연 불량에 따른 열화정도에 따라 누설 노이즈의 발생구간( $t_w$ )이 변화하지만, 도착시간 분포가 120Hz (8.3ms)의 주기성을 가졌다. 즉, 절연저항이 낮아지면 전파발생전압의 영역이 넓어지고, 전파발생구간에서 발생하는 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간분포의 중심은 8.3ms(120Hz)였다. 또한 도착시간분포의 중심은 애자의 열화정도에 따라 8.3ms보다 작게 나타나므로 도착시간분포의 주기성은 절연불량을 판단할 수 있는 중요한 파라미터가 된다. 이상의 결과로 누설 노이즈 검출장치의 최적 수신대역은 20~30MHz이고, 발생주기가 120Hz(8.3ms)인 주파수 성분을 검출해야 했다.

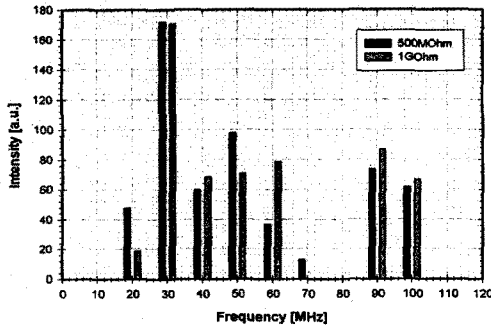


그림 4 LP애자의 도미넌트 주파수 빈도 : 절연저항 500 $\Omega$ 이하, 절연저항 1G $\Omega$ 이상

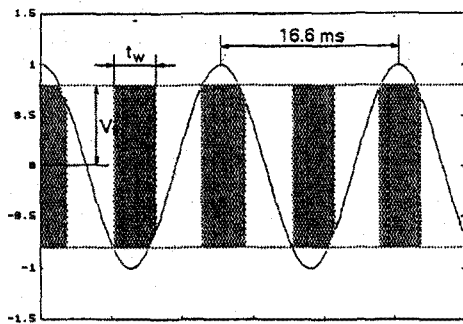


그림 5 누설 노이즈의 발생구간( $t_w$ ) 및 발생전압 ( $V_{th}$ )

## 2.2 검출 장치 제작

전력기기의 누설 노이즈에 의한 열화과정 분석 결과로 절연이 파괴된다는 것은 절연저항이 낮아지는 것으로 해석될 수 있다. 또한, 절연저항의 값에 따라 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간 분포패턴은 특정패턴의 단계적 변화를 거치게 된다. 따라서 PLL(Phase Locked Loop)을 중심으로 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간 분포패턴을 균 주기성으로 검출할 수 있도록 설계 및 제작하였다.

그림 6은 제작한 누설 노이즈 검출기의 구성도이며, 전파 수신부, 자동이득조정부, 포락선 검출기 및 필터, 주기성 판정부로 구성되어 있다.

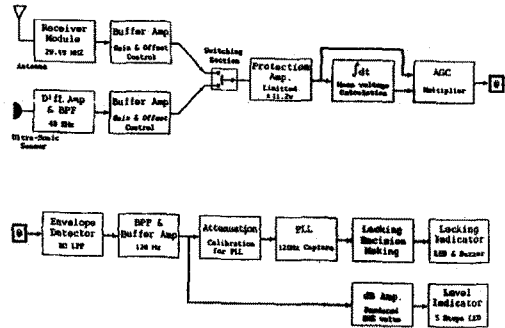


그림 6 누설 노이즈 검출기의 구성도

### 2.1.1 전파 수신 회로

누설 노이즈는 넓은 대역의 주파수 스펙트럼분포를 가지며, 이를 수신하기 위해서는 광대역 증폭기를 사용하거나, 특정 도미넌트 주파수대역의 동조수신기를 사용해야 한다. 광대역 증폭기를 사용할 경우, 수신기에서 높은 성능을 얻으려면 저잡음 증폭기(LNA)를 채용하여야 하고 또한 수신 안테나의 크기도 대체적으로 커지게 된다. 이에 반해 동조수신기를 사용하였을 경우에는 누설 노이즈의 도미넌트 주파수대역만 올바르게 결정하면 수신기의 성능이나 수신안테나의 크기 등에서 큰 장점이 있다. 누설 노이즈의 전파 수신부는 동조수신기를 사용하였고, 수신 안테나는 수평모드 해리컬 안테나를 사용하였다. 수신안테나의 사용은 검출기를 사용하는 지역에 따라서 무지향성의 안테나와 단일 지향성을 가진 안테나를 사용할 수 있는데, 본 검출기에서는 무지향성의 안테나를 사용하였다.

### 2.1.2 자동 이득 조정 회로

전파 수신회로의 출력은 수신거리에 따라 민감하게 변화하므로 각각의 회로에 대한 증폭기 출력이득을 조정할 필요가 있다. 본 검출기에서는 Multiplier 방식의 자동 이득 조정 회로를 채용하였다. 그 결과 수신거리에 따른 검출기의 오동작을 방지할 수 있었다.

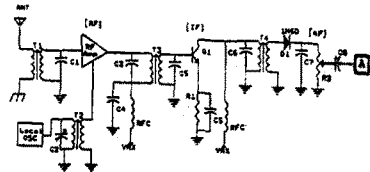


그림 7 전파 수신 회로

### 2.1.3 포락선 검출 및 필터 회로

자동이득조정회로를 거친 신호는 그 형태상 전파 또는 초음파수신회로의 형태와 다르지 않다. 즉 누설 노이즈는 펄스 신호의 형태를 가지고, 주기성을 검출하기 위해 포락선 검출기를 사용하였다.

### 3. 결 론

본 연구는 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간 분포 주기성을 검출하여 절연 불량 유무를 판정할 수 있는 검출기를 개발하였다. 검출기 설계과정에서 최적으로 펄스화된 누설 노이즈를 검출하는 주파수대역을 분석하였으며, 누설 노이즈의 도착시간 주기성 실험을 선행하였다. 도출된 결과를 이용하여 불량 전력기 노이즈 검출장치를 제작하였다.

1) LP 애자가 열화 되어 절연이 파괴될 때까지는 방전에 의한 누설 노이즈가 특정한 20~30MHz 주파수 스펙트럼을 갖았다.

2) 누설 노이즈를 펄스화 하였을 경우 도착시간 분포에서 특정한 패턴을 나타냈다. 절연 불량 애자는 열화정도에 따라 누설 노이즈의 발생구간( $t_w$ )이 변화하지만, 도착시간 분포가 120Hz (8.3ms)의 주기성을 가졌다.

본 연구에서 개발된 검출장치는 펄스화된 누설 노이즈의 도착시간 분포에 대한 통계적 분석과 절연저항과의 관계를 정량적으로 분석한 후 도출된 것이므로 명확한 이론적 근거를 가지고 있다. 이론적 근거를 이용한다면 절연 열화정도 뿐만 아니라 정상 전력기의 절연 품질을 정량화하는 측정장비 개발에 기여할 것으로 사료된다.

본 연구는 1999년 산학연 지역 컨소시엄 사업에 의해 수행되었습니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Donald L. Snyder, "Random Point Process", Wiley Interscience, 1975
- [2] Howard M., "Design of Phase-Locked Loop Circuits", Beril, 1982
- [3] Leen Cohen, "Time-Frequency Distributions", Proceedings of the IEEE, Vol.77, No.7, 1989
- [4] Joseph J. Carr, "Secrets of RF Circuit Design", McGraw-Hill, 1991
- [5] E. Oran Brigham, "The fast fourier transform and its applications", Prentice-Hall, 1988
- [6] Jae S. Lim, Alan V. Oppenheim, "Advanced Topics in Signal Processing", Prentice Hall, 1988

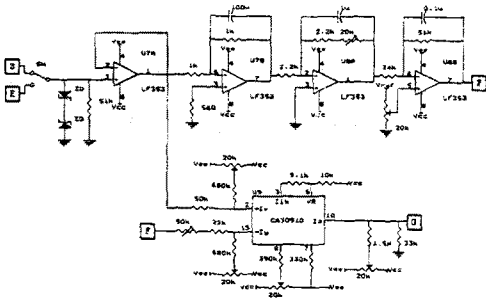


그림 8 자동 이득 조정 회로

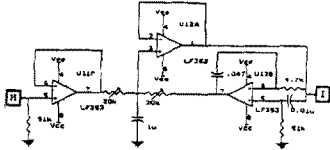
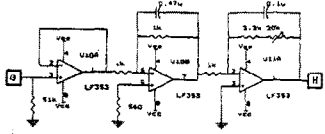


그림 9 포락선 검출 및 대역 통과 필터(120Hz)회로

그림 10은 제작된 검출기 사진이다. 성능을 시험하기 위하여 그림 1과 같은 시험 장치를 구성하였다. 애자에 인가되는 전압은 최대 30kV 고압 변압기를 사용하였다. 애자의 절연저항을 측정하여 정상애자에 인가되는 전압과 상대적으로 낮은 전압을 인가함으로써 애자의 절연이 불량해지는 단계별 실험을 하였다.

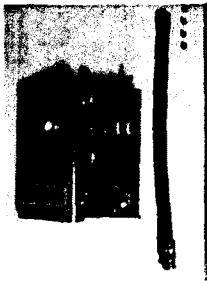


그림 10 제작된 검출기 사진

이러한 실험결과에서 제작된 검출기는 불량 초기의 단계에 있는 애자에 발생하는 전파를 약 10 m 정도의 거리에서 수신하여 검출할 수 있는 성능을 보였다. 이는 전주간의 거리가 약 50 m 내외이고, 또한 불량초기의 단계에 있다는 점을 고려하면 대체로 양호한 결과라 할 수 있다.