

전자파 잡음을 이용한 전기설비 불량 검출장치 개발

Development of the Equipment for detecting the poor Power Facilities by receiving Electric noises

°이복규, 강성철

전력연구원 시스템·통신연구소(Tel:+82-42-865-5590; Fax:+82-42-865-7704; e-mail: bklee@kepri.re.kr

한국전력공사 (Tel:+82-02-3456-3286; Fax:+82-02-3456-3299; e-mail: kangsong@kepeco.co.kr

Abstracts There are various methods to detect the faulty electric facilities(esp, insulator) indirectly on power distribution lines at a certain distance apart. This paper describes the proto type equipment to detect a faulty insulator by receiving a electric discharge noises, which are generated with a periodicity of 120Hz.

Keywords Noise Detecting Equipment, Electric Noise, Faulty Insulator, Line Post Insulator, Ultra Noises

1. 서론

배전선로에서 전기설비의 불량(애자, 전선의 접촉불량) 여부를 진단하는 방법은 여러 종류가 있으며 불량 여부를 진단하는 여러 종류의 기기도 개발되고 있다. 특히 배전선로에서 불량애자를 검출하기 위한 방법은 간접 방식과 직접 방식이 있다. 간접 방식은 불량애자의 미스 간극(Micro gap)사이에서 발생하는 전기 방전에 의해 방사되는 노이즈를 검출하는 방법과 누설전류에 의해 가열되는 애자의 온도변화 상태를 체크하는 방법이 사용된다. 직접 방식으로는 애자 각각의 전위분포를 체크하는 분단 전압 방식이 있으며 이 방식은 작업원이 직접 분단전압 검출장치를 현수애자에 직접 접촉하여 불량애자를 검출하는 방법으로써 검출 정확도가 높아 현수애자의 불량여부를 검출할때 가장 많이 사용되나 LP(line post)애자에는 적용이 불가능한 단점이 있다.

표 1 불량애자 검출방식의 장단점

검출방법	장점	단점
간접 방식 (초음파수신기) 열센서방식 (적외선카메라)	<ul style="list-style-type: none"> 원격진단가능함 장치가 간단하고 가격저렴 원격진단 가능 외부잡음 영향이 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> 외부잡음 영향이 있음 현수애자에 적용불가능 불량여부 진단이 부정확 외부기상환경(온도 등)의 영향이 있음 현수애자에 적용 불가능
직접 방식 (Hot stick등)	<ul style="list-style-type: none"> 불량여부를 정확히 진단 	<ul style="list-style-type: none"> 작업원이 승주하여 충전부에 직접 접촉해야 함 현수애자에만 적용가능하고 LP애자, COS애자에는 적용불가

표 1은 검출방식별 장단점에 대해 설명하였으며 본고에서는 전자파 잡음 수신방식을 이용한 전기설비 불량검출기 개발에 대하여 기술한다.

2. 전자파 수신시험

2.1 노이즈 스펙트럼 및 패턴

불량애자로부터 발생하는 노이즈 주파수와 패턴 분석을 위해 한전의 여러 지사로부터 표 2와 같이 불량 상태별로 60 여개의 애자를 수집하고 그림 1과 같은 측정시스템을 구성하여 외부의 잡음을 차단하기 위해 한국전기연구소의 실드룸에서 전자파 수신시험을 하였다.

표 2 노이즈 분석을 위한 불량애자 Sample 및 수량

Status of fault	Numbers of samples	
	line post	cos
Fine crack	16	13
Contamination	16	2
Flash over	8	6
Total numbers	40	21

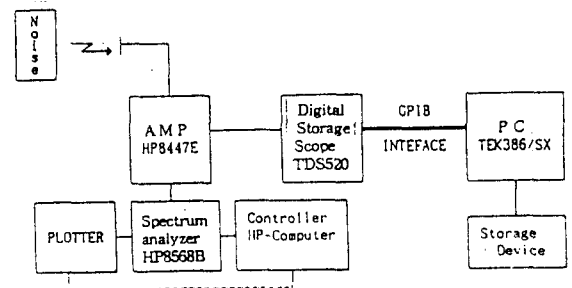


그림 1 잡음패턴 및 스펙트럼 측정시스템

배전계통에서 실제로 사용하는 13200V의 고전압(22.9KV 배전계통에서 선로-접지간 전압)을 불량한 LP 애자에 가압했을 때

그림 2 와 같은 주파수 패턴의 잡음이 발생하였다. 이 잡음은 250MHz 샘플링 속도에서 60 μ sec동안 샘플링한 노이즈 패턴이다. 이 패턴은 지수적으로 감소하는 pulse가 잡음주파수에 의해 변조된 형태로 애자의 종류에 무관하게 비슷한 형태의 잡음패턴을 보였다. 따라서 애자에서 발생하는 잡음은 지수함수적으로 감소하는 임펄스성 잡음을 볼 수 있으며 아래에서 이 잡음을 수신하여 어떻게 시제품을 구현했는가를 설명한다.

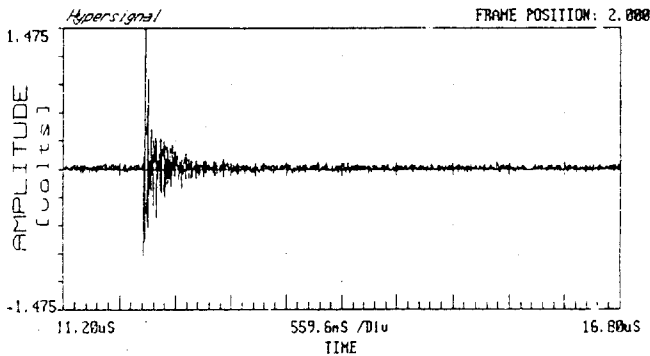


그림 2 LP애자에서 방사된 잡음패턴

2.2 Dominant 노이즈 발생주파수

노이즈 스펙트럼중 발생빈도가 높은 주파수를 선택하기 위해 digital storage scope 를 사용하여 잡음을 측정하고 GPIB 인터페이스를 통하여 PC에 저장한 후 노이즈 스펙트럼 분석을 하였다. 그림 3과 그림 4 는 10MHz에서 100MHz대에서 노이즈 발생빈도를 나타낸다. 잡음은 넓은 주파수 대역에 걸쳐서 분포되었지만 LP애자에서는 20~30MHz의 잡음이 다른 주파수대 보다 많이 나타났고 COS애자에서는 30~40MHz대에서 잡음이 많이 발생하였다.

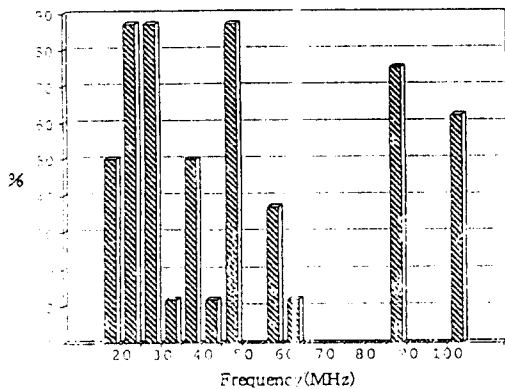


그림 3 LP애자(절연저항 500M Ω 이하)로 부터 방사되는 주파수대별 노이즈 발생빈도

따라서 전자과 잡음을 이용한 전기설비 불량검출장치의 시제품 제작시 30MHz대의 고주파 잡음을 검출하도록 하였다.

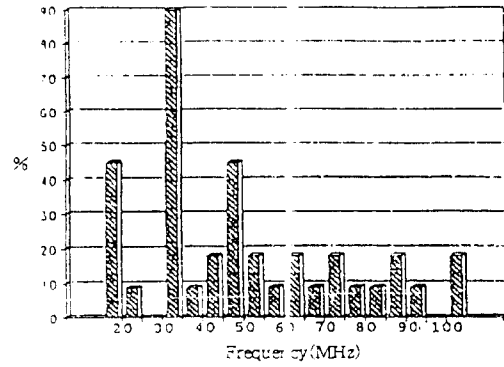


그림 4 COS애자(절연저항 500M Ω 이하)에서 방사되는 주파수대별 노이즈 발생빈도

3. 노이즈 발생의 주기성 검토

AC고전압이 불량애자에 가해졌을 때 그림 5에서 구간 A~B에 고주파 잡음이 발생한다. 잡음은 모든 주파수대에 걸쳐서 랜덤하게 발생하지만 상용주파수의 2 배인 120Hz의 주기로 발생한다. 불량애자는 불량정도에 따라 그림 5의 A점 전압 이상에서 방전하기 시작하고 B점 전압이하에서 방전이 정지한다. 이러한 특성을 이용하여 불량애자로부터 발생하는 잡음을 검출하는 2가지 방법을 고려할 수 있다. 하나는 어떤 정해진 주파수대(예, 30MHz)에 있는 잡음을 검출하되 120Hz의 주기성이 있는 잡음을 검출하고 다른 하나는 그림 2 에서와 같은 임펄스성 잡음의 발생시간 간격별로 카운트하여 잡음이 발생하지 않는 구간(그림 5의 B~C 구간)을 간접적으로 측정하는 것이다. 이러한 2 가지 방법을 동시에 구현함으로써 불량애자로부터 발생하는 고유의 잡음을 검출할 수 있고 또한 불량애자의 절연저항을 간접적으로 추정 할 수 있다.

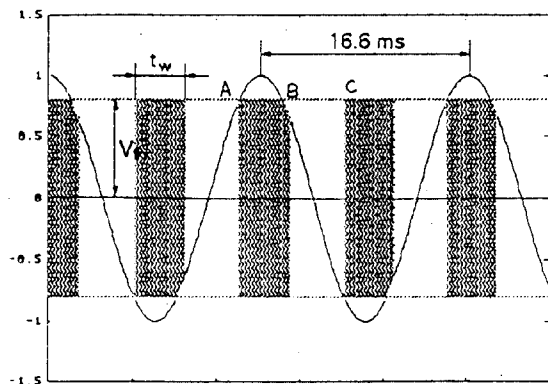


그림 5 방사전압의 발생구간(t_w) 및 발생전압(V_{th})

4. 시제품 제작

앞에서 불량애자의 발생빈도가 높은 잡음주파수와, 잡음의 120Hz 주기성 및 잡음이 발생하지 않는 구간을 측정하는 방법에

대하여 논하였다. 이러한 잡음의 특성을 고려하여 전기 잡음으로부터 불량애자 검출을 위한 시제품을 제작하였으며 그 구성도는 그림 6과 같다. 고주파 수신기는 발생빈도가 높은 30MHz대의 잡음을 수신하도록 하였으며 또한 전기설비가 절연이 파괴되면 초음파를 발생하기 때문에 40KHz의 초음파 잡음도 수신토록 하였다. 30MHz은 가정용 cordless 전화기에서 사용하는 주파수로서 검출기 사용시 외부잡음의 영향이 적으며 40KHz의 초음파 수신은 전력각을 적게 함으로써 초음파 발생개소를 탐색할 수 있다.

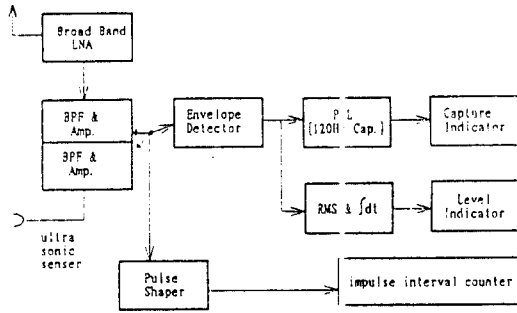


그림 6 전기설비로부터 발생하는 전자파 잡음수신기

그림 6에서 안테나에 의해 수신된 잡음은 증폭되어 Band pass 필터를 거쳐 포락선 검출기에 입력된다. 포락선 검출기의 출력잡음에서 120Hz 주기성이 있으면 잡음의 세기와 잡음이 검출됐다는 램프가 작동한다. 또한 임펄스 인터벌 카운터에서 잡음과 잡음사이의 시간 간격별 잡음발생회수를 검출하여 애자의 절연저항 정도를 대략적으로 추정하게 하였다.

5. 기능시험

5.1 120Hz 성분을 가진 잡음검출

불량애자에서 13000V의 전압을 가하고 10m정도 떨어진 장소에서 시제품으로 초음파 잡음 및 고조파 잡음을 검출하였다. 그림 7과 그림 8은 시제품의 Envelop detector 출력부에서 측정된 잡음 스펙트럼이다. 그림 8에서 120Hz의 주기성을 갖는 잡음이 아주 강하게 나타내고 있으며 초음파 잡음도 수신하여 측정된 결과 그림 8과 비슷한 스펙트럼 분포를 보였다. 그림 9는 자동차 잡음 스펙트럼이며 120Hz 주파수대에서 두드러지게 잡음이 세지 않음을 보였다. 따라서 본 기기는 오로지 전기설비로부터 발생하는 잡음만 수신하고 기타 잡음은 무시할 수 있는 기능이 있다.

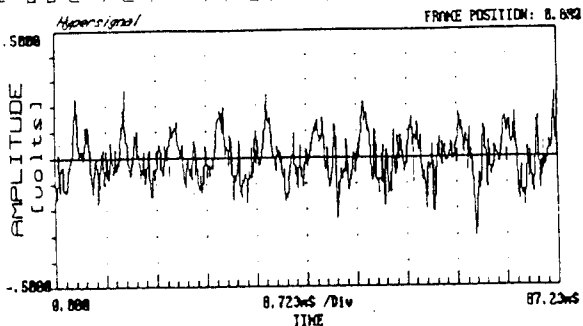


그림 7 불량애자로 부터 수신된 잡음스펙트럼(Time domain)

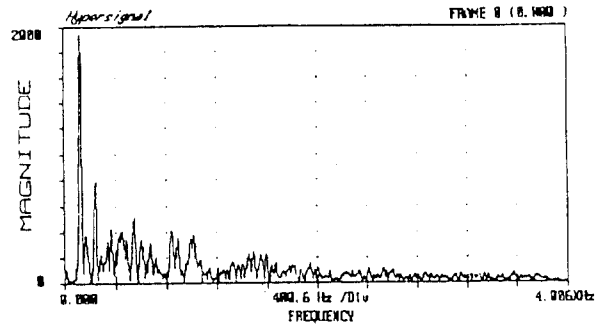


그림 8 불량애자로 수신된 잡음스펙트럼(Frequency domain)

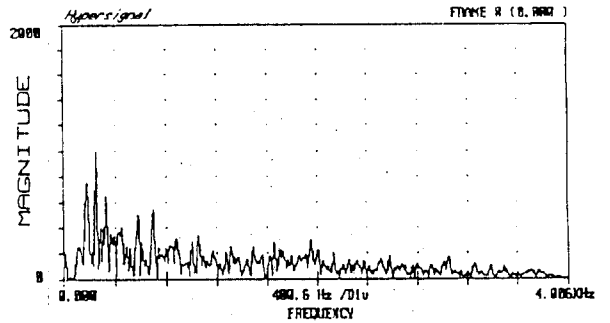


그림 9 자동차로 부터 수신된 잡음스펙트럼(Frequency domain)

5.2 잡음펄스 발생시간 간격별 Pulse Counting

AC의 고전압이 불량애자에 인가될 때 절연저항이 낮으면 낮을수록 AC전압 곡선상의 낮은 전압에서부터 전자파를 발생한다. 그림 10과 그림 11은 펄스 발생 시간 간격별 펄스발생수를 카운팅한 결과의 그래프이다. 잡음펄스 카운팅은 불량한 LP애자에 13200V의 고전압을 가하고 10m 이격된 거리에서 하였다. 이 그림에서 2개의 곡선이 존재하는데 왼쪽 커브는 포아슨 분포를 나타내고 오른쪽 곡선은 정규분포를 나타내고 있다. 절연저항이 낮을수록 정규분포 곡선의 중앙부분이 왼쪽으로 이동함을 보이고 있으며 펄스 발생 간격별 펄스수량 분포곡선 상의 정규분포 중앙 포인트와 애자의 절연저항 관계를 그림 12에 나타냈다.

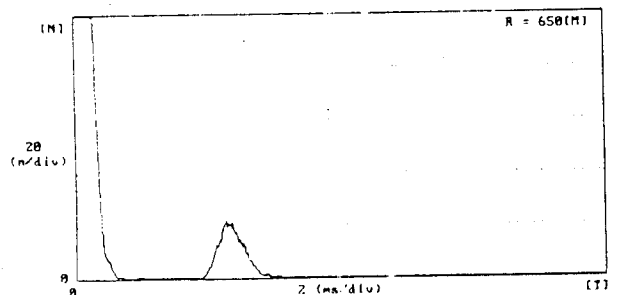


그림 10 펄스발생시간 간격별 펄스수량분포(R=650MΩ)

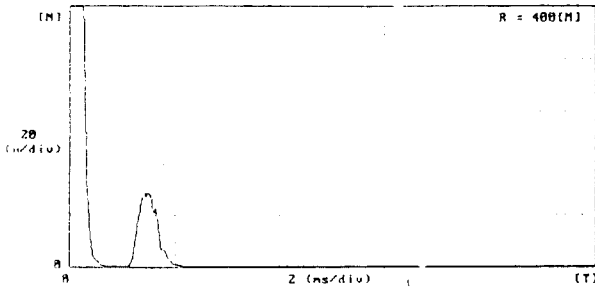


그림 11 펄스발생 시간 간격별 펄스수량분포(R=400M Ω)

[3] Joseph J. Carr, Secrets of RF Circuit Design, Mc Graw-Hill, USA, 1991, PP 125-170
 [4] Solution with speed, 1993-1994, Comlinear corporation, USA, 1994, Chap 3, PP 109-106
 [5] “배전선로 불량애자 검출장치 개발연구” 한국전력공사 전력연구원, 1994. 12

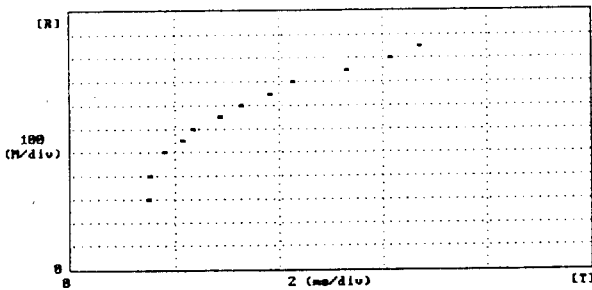


그림 12 절연저항과 펄스발생시간 간격별 펄스수량분포와의 관계

6. 결론

배전선로에서 전기설비의 불량(애자, 전선의 접촉불량등)여부를 검출하는 방법은 여러 가지가 있다. 기존의 전자파 잡음을 이용한 전기설비 검출방법은 단순히 잡음을 수신 증폭하여 사용하기 때문에 외부잡음(자동차잡음, 방송잡음등)이 존재할 때 검출 정확도가 낮고 사용이 불편하였다. 그러나 수신된 잡음중에서 120Hz의 주기성이 없는 잡음은 모두 제거하고 전기설비로부터 발생하는 잡음만을 검출함으로써 검출의 정확도와 편리성을 향상시켜 외국의 제품보다 성능이 우수한 것으로 판단된다. 또한 본 시스템은 잡음펄스 시간 간격별 pulse를 카운트하여 불량애자의 절연저항 추정방법을 시제품을 통해 구현함으로써 절연저항 간접 진단에 활용될 수 있다.

참고문헌

[1] Yakabe, Hiteo “Technology of Diagnostics of Power Distribution Facilities” Electrical Review, Japan, Vol 72, PP 25-30, 1987
 [2] The ARRL Handbook for Radio, American Radio League, USA, 1992, Chap 38, PP 1-16