

## 부분방전 전자파 측정용 광대역 주파수 분석 시스템 개발

### The Development of wide frequency analyzing system by partial electric discharge electromagnetic-wave Receiver

박 두 용\* · 신 영 진\*  
(Doo-Yong Park · Young-jin Shin)

**Abstract** - This system is monitors the degree of aging happened at the electric machine. It detects electromagnetic wave generated from the insulator when the voltage is applied to the machine. By analyzing the internal and external factors make the electric, mechanic, or thermal characteristics of the electric machinery deteriorate the electric insulation and eventually cause the partial electric discharge. The continuous partial electric charge accelerates the insulation aging and the insulation breakdown happens at last. This system consists of the relays connected with 10 sensors (40 total) detecting the partial electric discharge, the temperature, the server, and the program analyzing and storing the data.

**Key Words** : 부분방전, 전자파 측정, 주파수 분석, 전력기기 진단

#### 1. 서 론

전력시설을 구성하는 각종 전력기기들은 장기간에 걸쳐 여러 가지 요인에 의하여 열화가 진행되며, 이를 방지할 경우 사고이행에 이를 수 있고 그 피해는 심각하다. 따라서 각종 전력기기들의 열화현상을 예측하고 진단하는 계측기들이 개발되었고 사용 중이다. 고압패널배전반 내에 설치된 전력기기들은 배전반의 특성상 감시 및 점검이 용이하지 않기 때문에 사고의 위험성을 항상 지니고 있으며, 실제로도 배전반 화재사고가 흔치않게 발생한다.

본문에서는 이러한 패널배전반 내에 설치된 전력기기들의 열화진행 현상을 실시간으로 감시할 수 있는 진단시스템에 대하여 그 원리 및 실험결과에 대하여 논하고자 한다.

#### 2. 열화 검출원리

열화는 전력기기들의 전기적, 기계적 또는 열적 특성이 내부요인이나 외부의 환경적 요인에 의해서 약해지는 것으로, 특히 전기적 특성이 약화 즉 절연성능의 약화를 말한다. 이러한 절연열화에 의해 전력기기의 여러 부위에서는 부분방전(Partial Electric Discharge) 현상이 발생하고, 지속적인 부분방전으로 인해 열화는 더욱 가속되어 최종에는 절연과피에 이르게 된다.

초기 부분방전은 지속성 과전압개폐서지, 낙뢰서지 등의 이상 고전압과 특히 절연체중의 이물질, 보이드, 절연체

내·외의 반도체 층과 절연체간의 층 격리에 의한 Gap, 설치 중에 받는 스트레스에 의해 발생한 크랙 등에서 발생하며, 이 방전이 되풀이 되므로 서서히 절연체가 침식되어 최종적으로 절연과피에 이르게 된다.

이러한 부분방전은 반드시 전자파의 방사를 수반하므로 이들 전자파를 측정/분석하여 부분방전의 정도, 즉 열화진행 정도를 진단할 수 있다. 방사되는 전자파는 부분방전의 형태나 발생위치, 기기종류에 따라 특성(주파수 및 방전강도)이 크게 달라지는데 이러한 방전전자파의 주파수 범위는 수백 kHz에서 수백 MHz에 걸쳐 광대역에 분포한다.

그러나 기존의 측정방법들은 이러한 광대역의 전자파를 측정하지 못하고 특정주파수만을 측정하여 열화판단의 기준으로 사용했기 때문에 그 신뢰도가 높지 않았다. <Table 1>에 기존 부분방전 측정방법과 그 문제점을 나타냈다.

<Table 1> 부분방전 측정법

방법	원 리	문 제 점
특정 주 파 수 수신법	특정대역의 주파수만을 수신하여 판별하는 방법	광대역에서 발생하는 부분방전 전자파를 선별하기 어렵다
복수의 안테나로 수신하는 방법	피측정 전력기기와 떨어진 곳에 제2의 안테나를 설치하여 비교 감산하는 방법	부분방전 전자파 수신용 안테나에 수신된 노이즈의 판별이 어렵다
위 상 추 출 법	피측정 전력기기의 인가전압의 위상을 추출하여 정극과 부극에 동기하는 고주파만을 선별하고 측정하는 방법	피측정 전력기기의 전원이 단삼일 경우 우월하나 3상일 경우 판별 어렵다

\* 準 會 員 : 전력연구원 선임연구원

\*\* 正 會 員 :

\*\*\* 正 會 員 :

接受日字 : 2004年 10月 20日

最終完了 : 2004年 10月 20日

### 3. 무선전자파(RF) 수신회로 구성

부분방전에 의한 전자파를 측정하기 위한 회로를 아래 (그림 1) 과 같이 구성하고 계기를 제작하였다. 이 회로를 통하여 부분방전전자파를 계수화 시킬 수 있다.

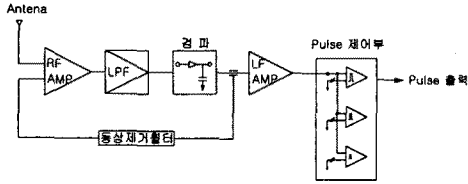


그림 1 전자파(RF) 측정회로

이 회로의 구성은 다음과 같다. 절연

- ① 안테나 선정 : 로딩코일 방식 안테나로 수신감도를 낮추고 동기 주파수로 수신대역 중 저역 쪽에 동기시켜 고주파부의 수신을 둔화시킴으로써 고주파 노이즈의 유입을 막고 근거리 수신을 용이하도록 하였다.
- ② 고주파증폭(RF AMP) : 고역통과필터 (HFP)가 내장된 소자를 사용하여 100kHz 이하의 노이즈는 수신하지 않도록 하였다.
- ③ 피크 값 검파회로(LPF) : 일상적으로 수신되는 Low Level의 잡음을 걸러냄으로써 Base 노이즈를 차단하였다.
- ④ 동상제거필터 : 검파회로 후단으로부터 초단 고주파 필터부로 간접 부(-)귀환을 설치하여 노이즈와 부분방전 신호를 확실히 구별할 수 있도록 하였다.
- ⑤ 노이즈가 제거된 전자파신호는 저주파증폭을 거쳐 정형펄스 생성부로 인입된다.
- ⑥ 정형펄스의 생성은 전자파의 방전량(Peak Value)에 크기에 따라 3단계로 나뉘어지며, 이 정형펄스를 Count하여 부분방전량의 세기로 나타낸다.

### 4. 실험장치 및 방법

실험은 고압밀폐배전반을 모사한 차폐 Box 내에서 부분방전 전자파측정 회로의 3가지 주요 성능을 확인하기 위해서 실시하였다.

첫째, 광대역 전자파 수신능력 측정실험으로, 수MHz에서 수백MHz 범위의 다양한 전자파 수신을 확인하기 위하여 RF Generator를 사용하였다.

둘째, 전압변화에 따른 전자파변화량 측정성능으로 전력조정기와 고압트랜스를 사용하여 시험편에 인가되는 전압을 조정하였다.

셋째, 모사 밀폐 Box내의 센서설치 위치에 따른 전자파수신 성능으로, 다양한 배전반 내부구조에 따른 센서설치위치의 차이에 의한 전자파수신 성능의 변화 즉, 안테나의 방향성을 확인하기 위해 총 8대의 센서를 Box 내 각각 다른 위치에 동시에 설치하였다.

그림 2는 시험장치 구성도로서 차폐 Box내에 센서, 고압트랜스, RF Generator 및 시편이 설치되어 있고, 8개의 센서로부터 Data를 취합하여 PC에 전송할 수 있는 Controller와 전압조정기 및 PC등으로 구성되었다.

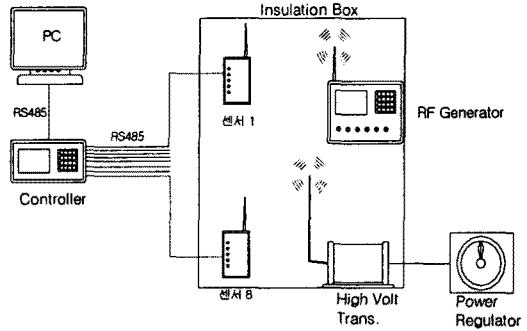


그림 2 시험장치 구성도

센서와 Controller 사이, Controller와 PC간의 Data 교환은 RS485 통신을 사용했고, 센서의 전원은 Controller에서 공급 되도록 하였다. 그림 3에 Controller 구성도를 나타냈다.

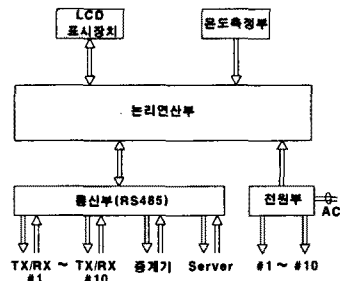


그림 3 Controller 구성도

시험조건은 광대역 RF수신실험의 경우 RF주파수는 10MHz에서 700MHz까지 조정하였고, RF강도는 1에서 11dBm 범위내에서 조정하였다.

전압변화에 따른 방전전자파 측정실험의 경우 시편에 인가하는 전압을 0에서 최대 8 kV까지 조정하였다.

센서에 의해 측정된 전자파의 크기는 다음과 같이 정의된 수식 EPPS로 정량화시켰다.

$$EPPS(Equilibrium Pulse per Second) = \frac{\alpha LPPS + \beta MPPS + \lambda HPPS}{3\tau}$$

$\alpha, \beta, \lambda$  : weighting factor

$\tau$  : time factor

LPPS : Low(Level) Pulse per Second

MPPS : Middle(Level) Pulse per Second

HPPS : High(Level) Pulse per Second

## 5. 시험결과

본 논문에서 제안된 무선 전자파 수신회로에 따라 제작된 센서의 성능시험을 실시한 결과를 다음에 요약하였다.

광대역 RF수신 성능시험의 경우, 그림 4에 나타난 것과 같이 RF 강도 10dBm 이내에서는 Test 한 전 주파수영역에서 Linear한 센서출력 특성을 나타냈다.

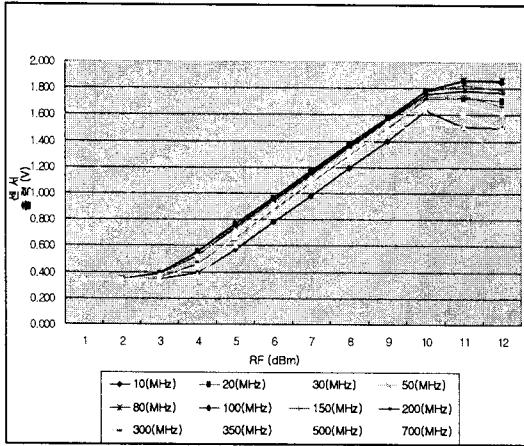


그림 4 RF 변화에 따른 센서 출력특성

특히 3dBm 이하의 RF강도 에서는 주파수에 관계없이 거의 일정한 값을 나타냈다. 이는 실제 대부분의 부분방전 전자파강도가 매우 미약한 것(3dBm 이하)을 고려하면 본 회로의 광대역 전자파 수신 성능이 안정적임을 보여주고 있으며, 전압변화에 따른 전자파측정 결과를 그림 5에 나타냈다.

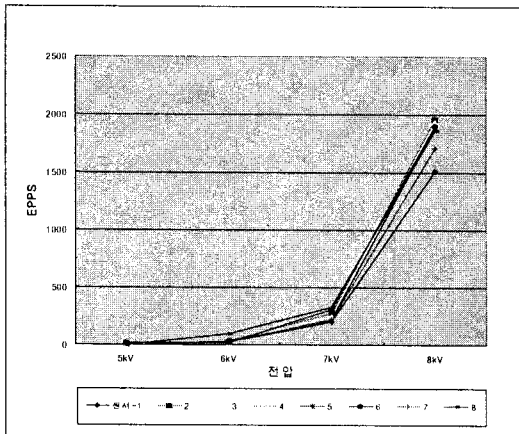


그림 5 전압변화에 따른 전자파(EPPS)수신 특성

시험전압이 증가함에 따라 방전량이 증가하고 이에 따라 측정된 전자파의 수도 일정하게 증가하는 것을 알 수 있다.

5kV 이하의 전압에서는 전자파가 거의 측정되지 않았는데 이는 회로의 저주파증폭 범위를 실제 산업현장 시험대상 고압배전반(6.9kV)의 전압을 기준으로 조정하였기 때문이다.

그리고 동시에 측정한 8개 센서 모두 그 설치위치에 관계없이 거의 비슷한 경향을 나타냈다. 이는 밀폐된 공간내에서, 본 센서가 방향성을 타지 않고 제 성능을 나타낸 것으로 실제 현장에 적용할 수 있었다.

상기의 센서 및 분석기 개발시험의 성공으로 프로그램 개발과 함께 현재 ○○화력발전소에 설치한 40개의 센서로부터 측정된 값을 트렌드그래프를 그림 6에 표시하였다.

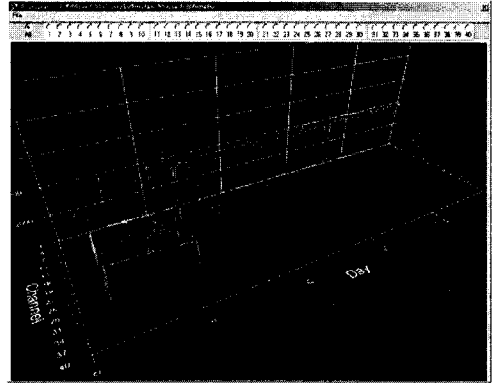


그림 6 40개 신호센서의 일일 트렌드 그래프

## 6. 결론

고전압 기기는 많은 사고발생의 위험을 갖고 있으나 기술상의 이유로 점검이 어려운 고압패널배전반 내의 전력기기의 열화진행 상태를 진단 및 사고발생을 방지하기 위하여, 열화상태의 지표인 부분 방전량을 간편하게 측정하기 위한 회로를 고안하였고 이를 토대로 센서를 제작하고 실험을 수행하고 그 결과 광대역주파수 범위의 방전전자파를 무선으로 수신할 수 있었다. 그리고 이를 토대로 산업현장에 적용 가능한 무인 감시시스템을 개발하였다.

본 시스템은 최근에 설치하여 운영하고 있으며 전력설비 고장에 대한 과학적이고 통계적인 관리가 가능하고, 점검의 사각지대를 해소할 수 있으며, 부분 방전량의 변화추이를 트렌드 그래프로 상시 감시하고 측정값에 대한 경보를 제시하여 전력설비 사고의 파급을 억제하고 기기의 수명을 연장할 수 있을 것으로 예상된다. 무엇보다도 전력기기의 사고예방 및 유지보수 비용의 절감면에서 큰 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] 김호열, 박두용, 신영진, "플랜트 최적화 패키지를 이용한 방전설비의 온라인 모니터링시스템 구축" 최종보고서, 116-148 p, 2004.8



박 두 용 (朴 斗 用)

- 전력연구원 I&C Group

- 선임연구원

Tel : 042-865-5376

Fax : 042-865-5304

E-mail : papiyon@kepcoco.kr