

Labview를 이용한 배전용 폴리머애자의 누설전류 측정 및 분석 프로그램 개발

조성수*, 한상옥**

Development of data acquisition and analysis program modules for leakage current of polymeric insulators using the Labview software

Seong soo Cho*, Sang Ok Han**

*Korea Electric Power Research Institute, **Chungnam National University

Abstract - This paper presents a data acquisition and analysis program modules that has been developed using the Labview program.

These program modules can use to acquire and analyze leakage current data of insulator under different contamination conditions. The experimental hardware made up salt fog chamber, AC/DC power supply, transducer (shunt resistor), measurement devices and PC with the GPIB(General Purpose Interface Bus).

And analysis program modules can calculate pulse level count, accumulated charge, average leakage current, power spectrum, and harmonics.

The result of applying these analytical program modules to polymeric insulator is available for evaluation of leakage current characteristic of outdoor insulators.

발하였으며, 프로그램은 개발 및 수정이 용이하고 호환성 및 확장성이 우수한 Labview를 이용하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치의 구성

2.1.1 Test chamber의 구성

오손상태에서 배전용 애자의 누설전류 특성을 측정·분석하기 위해 IEC 61109를 근간으로 표 1과 같은 사양의 test chamber를 구성하였다.

표 1. Test chamber의 사양

항 목	세부 사양	비 고
재질	철골 및 FRP	
치수	2,000×2,000×1,500(H) mm	IEC 61109
전원	DC 60 kV, AC 220/13200 V	
최대시료수	10원	
고압부싱	누설거리 1,000 mm(테프론)	
인가	염무 및 주수(IEC 61109),	
스트레스	DC 및 AC 전압	

1. 서 론

송배전 선로에 사용되는 애자는 주로 자기 및 유리에 자였으며, 1950년대 이후 고분자 재료기술 및 공정기술의 발달로 인해 고분자 애자가 개발되어 보급되었고 선진 외국에서는 이미 30년전부터 폴리머애자에 대한 연구를 통해 장기신뢰성 평가방안을 확립하였다. 국내에서는 1973년 철도청에서 전철화 구간에 적용하였으며, 한전의 경우 90년대 중반부터 수만개의 폴리머애자를 수입하여 배전선로에 시사용 중에 있고 복합 가속열화 챔버를 구축하여 폴리머애자의 장기신뢰성을 평가하기 위한 연구를 진행 중에 있다.

애자는 사용기간 동안 항상 전기적·기계적 스트레스의 영향을 받고 있으며, 사용환경에 따라 오염물질에 크게 노출되어 있는 경우 열화는 더욱 가속되게 된다. 자기애자는 표면장력이 크기 때문에 침수 특성을 가지고 있으므로 염분이나 오염물질에 오손된 상태에서 습윤되면 누설전류가 증가하고 부분방전이 발생하게 된다. 누설전류와 부분방전으로 열의 발생이 반복되어 축적되면 소재 간의 열팽창계수 차이로 인하여 계면탈리 현상이 일어나거나 크랙이 발생하게 되고 그 부위에 전계가 집중되어 최종적인 절연파괴에 이르게 된다. 또한 고분자 애자는 자기애자보다 결합이 약하기 때문에 상대적으로 쉽게 열화될 수 있으며, 표면이 오염되면 누설전류가 증가하고 부분방전이 발생하는 현상은 정도의 차이가 있을 뿐 자기애자와 유사하나 이때 발생하는 열로 인하여 표면이 화학적으로 분해됨으로써, 표면에 탄화도전료가 형성되는 트래킹 현상이 발생하게 된다. 이때 형성된 탄화도전로는 계속적으로 누설전류를 증가시키면서 확대되어 최종적인 절연파괴에 이르게 된다.

따라서, 본 논문에서는 애자의 열화와 직접적으로 관련된 누설전류를 열화인자로 선정하여 fog chamber 내에 설치된 애자의 누설전류 측정 및 분석프로그램을 개

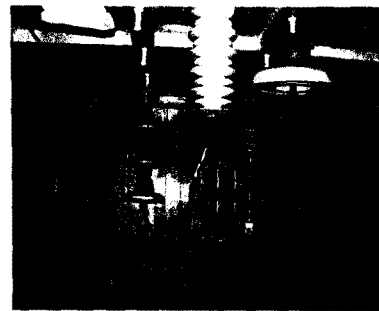


그림 1. Test chamber 내부

2.1.2 GPIB를 이용한 측정시스템 구성

Labview 프로그램에서는 외부 소스로부터 데이터를 수집할 때 기본적으로 다음과 같은 4가지 방식으로 구성하게 된다.

- ① PC 내장형 plug-in DAQ board
- ② GPIB(General Purpose Interface Bus) board
- ③ VXI(VMEbus eXtensions for Instrumentation)
- ④ Serial port(RS232 port)

본 논문에서는 계측장비를 GPIB 인터페이스로 PC와 연결하여 측정시스템을 구성하였으며 연속적인 누설전류의 측정을 위해 Fluke 8840A multimeter를, 누설전류 파형의 측정을 위해 Lecroy 500 Mhz digital oscilloscope를 사용했다.

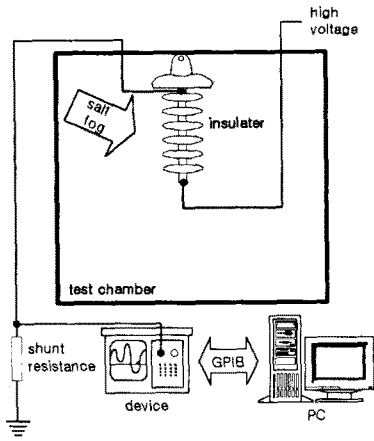


그림 2. GPIB를 이용한 누설전류 측정시스템

2.2 Labview를 이용한 분석프로그램 개발

애자의 누설전류 분석법은 가장 널리 이용되는 평균 누설전류 추이 분석을 비롯해 다양한 방법으로 연구되고 있다. 본 논문에서는 다양한 기법으로 누설전류를 분석하는 방법을 종합하여 분석기법별로 모듈화 된 Labview 프로그램을 개발하였으며, 개발된 프로그램은 사용자 편의를 위해 사용자가 친숙한 윈도우 환경에서 실행되며 각종 분석결과 파일은 스프레드시트 형식으로 저장되어 프로그램에서 제공되지 않는 분석기법을 적용할 수 있도록 호환성을 확보하였다.

2.2.1 펄스 카운트 및 축적전하 계산 프로그램

디지털 멀티미터로 측정된 애자의 누설전류 데이터는 raw data만으로도 의미가 있지만, 데이터의 분별력을 높이기 위해 일정한 펄스레벨을 설정하고 그 합계를 분석하는 펄스 카운트법과 시간경과에 따른 축적전하량을 계산하여 축적전하량의 추이를 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

펄스의 발생은 애자표면에서 발생하는 부분방전과도 관계되므로 펄스 카운트의 분석결과를 이용해 간접적으로 애자의 부분방전 해석에 이용할 수도 있다.

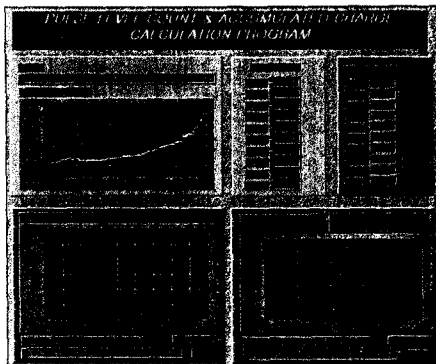


그림 3. 펄스카운트 및 축적전하 계산 프로그램

2.2.2 Power spectrum 및 고조파 분석

Power spectrum 및 고조파 분석을 위해서는 누설전류의 파형을 측정해야 하므로 오실로스코프를 이용한 측정 프로그램에서 수집한 데이터를 FFT 및 DFT 변환을 통해 주파수 분석을 수행한다. 이 분석방법은 누설전류의 최대 실효치가 거의 동일하여도 기본 주파수(60 Hz)의

스펙트럼이나 기수 고조파의 크기가 상대적으로 큰 경우에 효과적이며, 이것은 절연물 표면에서 부분방전이 발생하여 누설전류가 비선형적으로 변하기 때문에 나타나는 현상으로 주파수 스펙트럼 분석이나 고조파 분석으로 판별할 수 있다.²

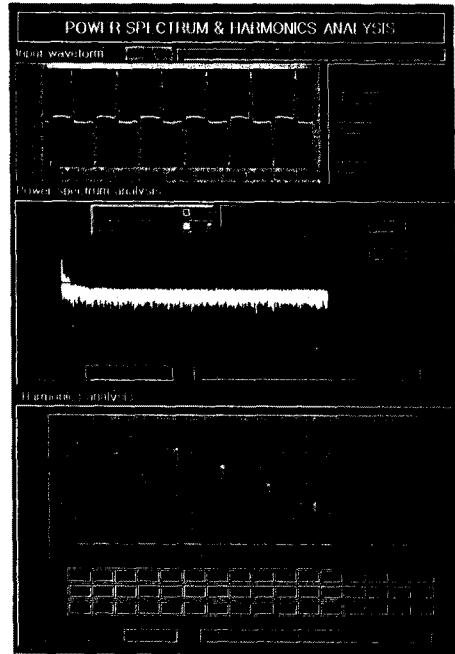


그림 4. Power spectrum 및 Harmonics 분석 프로그램

2.2.3 평균 누설전류 계산 (Resampling 프로그램)

측정된 raw data가 너무 방대하거나 데이터의 편차가 심해 누설전류 변화추이를 관찰하기 곤란할 경우 측정데이터 구간별(100 샘플 평균, 1,000 샘플 평균 등) 평균치를 계산해서 누설전류 변화의 경향을 파악할 수 있다. 또한 측정된 파형데이터의 sample rate이 필요이상으로 과도하게 높아 데이터 처리의 어려움이 있을 경우 본 프로그램을 이용하여 구간 평균치를 구하거나 sample rate을 낮출 수 있다.

2.3 실험결과

개발된 누설전류 측정 및 분석 프로그램을 이용하여 폴리머애자 및 자기애자에 대한 누설전류 데이터를 측정하고 분석하였다. 펄스 카운트 계산은 raw data를 이용하였고, 평균 누설전류와 축적전하량 계산은 10 샘플구간 평균치의 데이터를 이용하였다. Power spectrum 및 고조파 분석은 자기애자의 누설전류 파형을 이용하였으며, 시료가 열화되기 이전의 상태이기 때문에 고조파 함유율은 높지 않게 나타났다.

2.3.1 폴리머애자의 누설전류 측정 및 분석결과

오손농도에 따른 폴리머애자의 누설전류 특성을 알아보기 위해 오손액은 증류수, 0.1 wt% NaCl, 0.5 wt% NaCl, 1.0 wt% NaCl을 사용하였으며, 누설전류 측정 프로그램으로 측정된 데이터(그림 5)와 분석 프로그램으로 분석한 결과(그림 6 ~ 그림 8)는 다음과 같다.

1 μ A이하의 펄스에서는 증류수가, 10~15 μ A의 펄스에서는 0.1 wt% NaCl 용액이, 20~25 μ A의 펄스에서는 0.5 wt% NaCl 용액이, 30 μ A 이상의 펄스에서는 1.0 wt% NaCl 용액이 오손액으로 사용되었을 경우 펄스가 우세하게 나타나고 있었다.

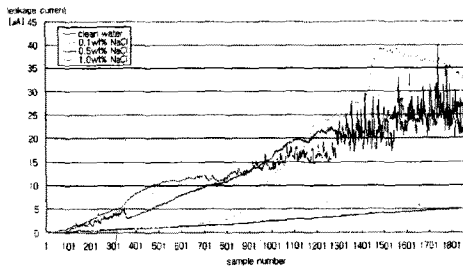


그림 5. 폴리머애자의 누설전류 raw data

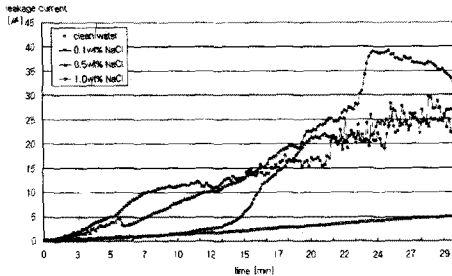


그림 6. 폴리머애자의 평균 누설전류의 변화추이 (10 샘플 평균치)

표 2. 폴리머애자의 펄스레벨 카운트 결과

pulse level [μA]	clean water	0.1 wt% NaCl	0.5 wt% NaCl	1.0 wt% NaCl
0.01	179	62	100	255
0.5	265	36	19	215
1	1391	218	340	409
5	24	157	264	85
10	0	567	250	112
15	0	340	204	84
20	0	308	507	142
25	0	141	174	123
30	0	28	1	84
35	0	4	0	349

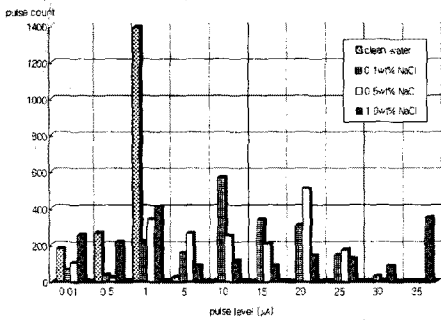


그림 7. 폴리머애자의 펄스레벨 카운트

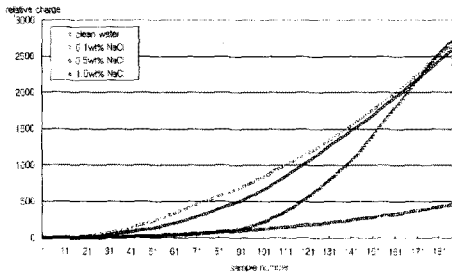


그림 8. 폴리머애자의 축적전하량 변화추이

2.3.2 Power spectrum 및 고조파 분석결과

열화되지 않은 시료는 파형의 변화를 볼 수 없기 때문에 가속열화 챔버에서 1500시간 동안 열화시킨 폴리머애자의 누설전류 파형을 분석해 보았다. 고조파 분석결과 제5고조파가 약 38% 정도의 점유비율을 보이고 있다.

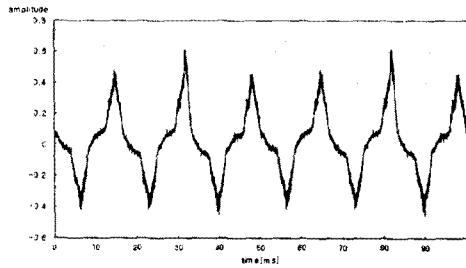


그림 9. 폴리머애자의 누설전류 파형

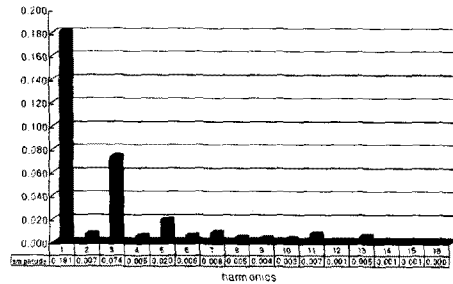


그림 10. 고조파 분석결과(기본파~16고조파)

3. 결 론

본 논문에서는 프로그램이 개발이 용이하고 호환성 및 확장성이 우수한 Labview 프로그램을 이용하여 배전용 애자의 누설전류를 측정하고 분석할 수 있는 프로그램을 다음과 같이 모듈별로 개발하였다.

1. 멀티미터 및 오실로스코프를 이용한 누설전류 측정 프로그램(GPIB 인터페이스)
2. 펄스 카운트 및 축적전하 계산 프로그램
3. Power spectrum 및 고조파 분석 프로그램
4. 평균 누설전류 계산 프로그램(resampling 기능포함)

개발된 프로그램을 활용하여 배전용 폴리머애자의 누설전류를 측정하고 분석한 결과, 다양한 기법으로 폴리머 애자의 누설전류 특성을 평가할 수 있음을 확인하였다.

향후 본 논문에서 개발한 프로그램을 근간으로 노트북용 DAQ 보드를 이용하여 계속장비 없이 아날로그 신호를 직접 측정, 분석할 수 있는 휴대용 측정시스템을 개발함으로써 실제 사용환경에서 운전되고 있는 절연재료의 장기 신뢰성 평가와 열화진단 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

【참 고 문 헌】

- [1] 한재홍 외, 배전용 폴리머애자의 신뢰성 평가 및 운용기준 제정(중간보고서), 한국전력공사 전력연구원, 2000년 4월
- [2] M. Sato, A. Nakajima, T. Komukai, Spectral analysis of leakage current on contamination insulators by auto regressive method, 1988 IEEE
- [3] Stephon A.Sebo, John D.sakich, Tiebin Zhao, Evaluation of leakage current pulse data of polymer insulator aging test, 1998 IEEE international conference, June 22-25, 1998