

컴퓨터를 이용한 피뢰기 누설전류 분석장치 개발

*이영길^o *오정환 *김재철 **한민구 ***오계환 ***이복규

*숭실대학교 전기공학과 **서울대학교 전기공학과 ***KEPCO

Development of arrester leakage current detector using computer

*Y. G. Lee *J. H. Oh *J. C. Kim **M. G. Han ***G. H. Oh ***B. G. Lee

*Soong Sil Univ. **Seoul National Univ. ***KECPO

Abstract

In this paper, the results of development of arrester leakage current detector using micro computer are described. This detector is based on harmonic analysis of the leakage current by FFT. For low sensitivity to disturbance, this device used optical fiber. This will be a great benefit of detecting deterioration ZnO arrester.

1. 서 론

전력계통에서 발생하는 여러가지 이상진압(너서지, 개폐서지)으로 인하여 변압기, 개폐기, 절연지지물 등 전력기기에 피해를 주는 일이 자주 일어나고 있다. 피뢰기(arrester)는 이러한 유해한 이상진압을 흡수해 전력기기의 절연파괴사고를 미연에 방지하는 중요한 보호장치이다. 전력기기 보호용으로 설치되어 있는 피뢰기의 정상동작을 확인하고 이상유무를 판정하는 감시 장치가 없기 때문에 열화된 피뢰기가 전력기를 보호하지 못하고, 특히 불량피뢰기의 폭발로 전력기기 보호용으로 설치된 피뢰기가 오히려 사고 원인을 제공하여 전력기기의 파손을 유발하는 경우가 빈번하다.

1980년 이후부터 비직선성이 우수한 산화아인형(ZnO)피뢰기가 사용되고 있는데, 이 피뢰기가 여러가지 이유로 인하여 열화되면 피뢰기의 누설전류가 증가하는 것으로 발표되어 있다^[3]. 따라서, 피뢰기의 누설전류를 분석함으로서 피뢰기의 열화 유무를 판정할 수 있다.

기존의 제 3고조파 전류 검출방식의 누설전류 측정기는 전(全) 전류나 저항분 전류치를 지시계로 표시하는 방법이 있다. 지시계 형 측정기는 단순히 그 때의 전류값을 표시하므로 누설전류 변화의 경향과 전류치의 보관 및 관리 등을 전혀 할 수 없었다.

본 논문에서는 이러한 아날로그식 매타 방식이 아닌 컴퓨터를 이용하여 피뢰기의 누설전류를 분석함으로서 대이타의 처리 및 분석, 보관을 정화하고 신뢰성 높게 구현할 수 있도록 하였다. 피뢰기의 누설전류를 측정 하는 방법에는 여러가지가 있으나 본 논문에서는 피뢰기 열화로 증가하는 저항분전류인 제 3고조파 성분의 증가 경향을 이용한 제 3고조파 전류분석 방법을 이용하였다. 측정시에도 환선에서 측정하기 편리한 클램프 C.T를 사용하였고, 피뢰기가 설치된 곳에서의 고전압, 대전류의 환경에서도 잡음의 영향을 적게하기 위해 광파이비를 이용하였다. 또한 현장

에서의 실무자들이 손쉽게 운반이 가능하고 누설전류를 측정할 수 있는 휴대형과 중앙에서 상시 감시를 할 수 있는 온라인(on-line)형으로 구성하였다. 본 논문에서는 피뢰기 누설전류 분석장치의 구성과 관련 소프트웨어 및 모의실험결과를 설명하고자 한다.

2. 피뢰기 열화 판정

1) ZnO 소자의 등가회로

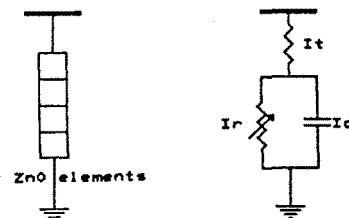


그림 1. ZnO 피뢰기 등가회로

ZnO의 등가회로는 그림 1과 같이 표현된다. ZnO의 임계충간의 사이가 일종의 콘덴서와 같은 용량성을 가짐으로, 교류 전압을 하면 용량분 전류가 흐른다. 피뢰기가 열화시에는 결정입과 임계충간의 표면에 형성된 쇼트키(Schottky)장벽이 변형하기 때문에 그 결과 누설전류가 증가하는 것으로 알려져 있다.

2) 피뢰기 열화 요인

ZnO 소자의 성능에 영향을 주는 요인으로는 연속 사용 운전 진압, 단시간 교류 과전압 등의 전압 스트레스, 환경 조건으로는 온도 스트레스, 그리고 너서지, 개폐서지 전압 등의 흡수에 따른 서지 전류 스트레스가 겹쳐서 가해진다. 이상의 여러 스트레스 때문에 피뢰기가 서서히 열화하게 된다.

3) 피뢰기 열화 판정

피뢰기에 흐르는 누설전류를 분석해 보면 용량분전류와 저항

분 전류로 나눌 수 있다. 용량분 전류는 피뢰기의 열화 유무와 관계없이 거의 일정하며 저항분 전류는 피뢰기 열화에 따라 전류값이 커지게 된다. 저항분 전류 중에서 주파수 분석을 통해 관찰해 보면 제 3고조파 성분이 가장 민감하게 변화하는 것으로 나타나 있다. 본 연구에서는 전체 누설전류와 저항분 전류인 제 3고조파 성분을 분석하고 변화상태를 추정함으로써 피뢰기의 열화 진진 상태를 판정할 수 있도록 하였다.

3. 누설전류 분석장치

1) Hardware 구성

분석장치의 전체 블럭도는 그림 2와 같다. 데이터 취득부는 일반적인 구조로 되어 있으나, 누설전류를 측정하는 부분의 C.T는 상당히 미약한 전류가 흐르므로 외부 전계에 의한 잡음의 영향을 줄이기 위해 광파이버(optical fiber)를 이용하였다. 앰프의 개인은 80dB 이상으로 설계하였고, 피뢰기가 설치되는 곳이 아외인 점을 감안하여 온도변화에 강한 OP-amp를 선정하였다.

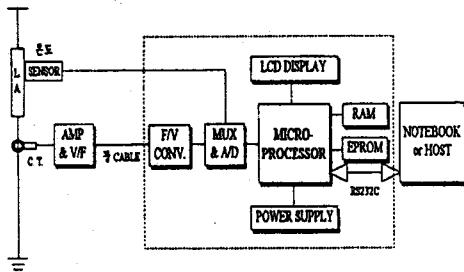


그림 2. Hardware 구성도

마이크로 프로세서는 원칩 8097를 이용하였다. 8097 원칩 마이크로 프로세서는 다기능 고성능 16bit CPU로 휴대형 분석장치 및 상시감시용 분석장치에 기본적으로 필요한 필수적인 기능을 포함하고 있다. 분석용으로 메인 프로그램이 탑재되어 있는 노트북(note-book) 컴퓨터와는 RS-232C 시리얼통신을, 호스트(HOST) 컴퓨터와의 통신을 위해서는 광(光)RS-232C 시리얼통신을 이용하였다. A/D 컨버터는 8097 원칩에 내장되어있는 8채널 10bit 분해능의 변환기를 사용하였다. 또한 분석장치의 표시기로는 LCD 디스플레이를 사용하였다. 피뢰기에 흐르는 누설전류는 온도에도 많은 영향을 받으므로 온도에 따른 누설전류의 분석을 위해 온도 센서를 부착해 온도에 따른 피뢰기의 누설전류치를 보정하도록 하였다. 그림 3은 개발한 피뢰기 누설전류 분석장치의 외관이다.

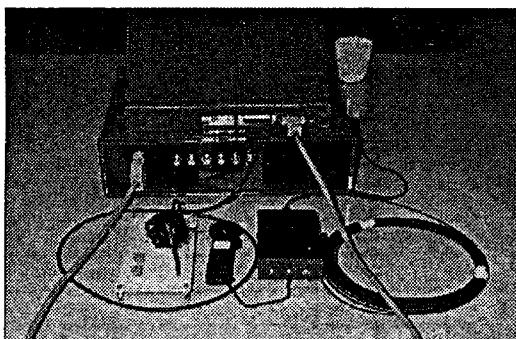


그림 3. 분석장치 외관

2) Software 구성

누설전류 분석프로그램의 주요 기능은 다음과 같다.

- 풀다운(Pull-Down)메뉴 방식
- 총누설 전류치 표시
- 저항분 전류치(제 3고조파 성분) 표시
- 경향 분석
- 관리치 검색 기능
- 온도 보상 기능
- 경고 메세지
- 자가 진단 기능
- 통신 프로그램

프로그램을 내용별로 보면 사용자 인터페이스 관련 메뉴 프로그램, 각종 실시간 파형 및 수치해석결과를 표시하는 그래픽 관련 프로그램, 각종 파형분석결과를 시간대 별로 화일에 저장하는 화일관련 프로그램, A/D 변환 관련 프로그램으로 나눌 수 있다. 사용자 인터페이스 관련 프로그램은 운영을 용이하게 하기 위하여 풀다운방식을 이용하고, 한글 라이브러리를 사용하여 한글화하였다. 그래픽 관련 프로그램은 전류파형의 실제 파형 및 FFT 분석 결과를 보여 준다. 데이터 저장 프로그램은 각종 입력신호에 대하여 실효치 및 제 3고조파, 제 5고조파, 제 7고조파별로 취득일로부터 분, 시, 일, 월, 년별로 평균치가 저장되어 누설전류 변화의 흐름을 쉽게 알 수 있도록 나타내었다.

(데이터 처리)

C.T.에 의해 검출된 미소전류는 전압으로 변환되고, 앰프를 통하여 A/D 컨버터에 입력된다. 이때 샘플링 시간은 97μs로 50ms 동안 512개의 데이터를 입력하였다.

■ 실효값 계산

주파수 분석 및 실효값을 계산하기 위하여 입력된 신호로부터 바이어스 성분을 제거해야 한다. OFFSET제거를 거쳐 실효값을 계산하기 위한 방법은 다음의 과정에 따른다.

■ OFFSET제거

C.T.에 의해 입력된 신호는 앰프를 거쳐 증폭을 하고 가산기에 의해 신호의 래벨을 올리게 되는데, 이때 DC성분이 포함된 신호로 되어 버린다. 이 DC성분을 제거하기 위해 먼저 신호의 평균값을 구하고 그 평균값을 각각의 샘플데이터에서 빼주면 바이어스가 제거된다. 이에 대한 설명을 수식으로 나타내면 다음 식(1) 및 식(2)와 같다.

$$\text{MEAN} = \frac{1}{N} \sum X_i \quad (1)$$

$$X_{mi} = X_i - \text{MEAN} \quad (2)$$

여기서, X_i : 샘플데이터

MEAN : 샘플데이터의 평균

X_m : 바이어스가 제거된 샘플데이터

■ 실효값의 계산

측정된 신호에 대한 실효값은 바이어스를 제거한 샘플데이터

에 대해 각각의 데이터를 제곱한 것의 평균을 구하고, 그 값에 제곱근을 취한다. 이에 대한 수식은 식(3)으로 나타내었다.

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i X_{ni}^2} \quad (3)$$

여기서, N : 측정된 데이터의 샘플갯수
 X_{ni} : 바이어스가 제거된 i 번째 샘플데이터

■ FFT

입력된 데이터로 부터 주파수 분석을 위해 cooley-Turkey의 알고리즘에 따라 주파수 스펙트럼을 구한다. 수식으로 나타내면 식(4)와 같다.

N 개의 데이터 $x(0), x(1), \dots, x(N-1)$ 에 대한 푸리에 변환은

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W^{kn} \quad k=0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

여기서, $W = \exp(-i 2\pi/N)$

단, 데이터수 N 은 2의 제곱수이어야 한다.

4. 모의 실험

피뢰기에 흐르는 누설전류는 정상상태시에는 수십 μA ~수백 μA 가 흐른다. 모의 실험 장치에 피뢰기에 흐르는 전류치와 비슷한 양(60Hz, 300 μA)의 전류를 흐르게 하고 개발한 누설전류 측정기를 이용하여 데이터를 분석한 모습을 그림 4에 나타내었다. 3주기의 입력 파형 모습과 전진류의 실효치(RMS)와 그때의 주파수 분석을 통한 각 고조파별의 크기를 나타낸 모습이다.

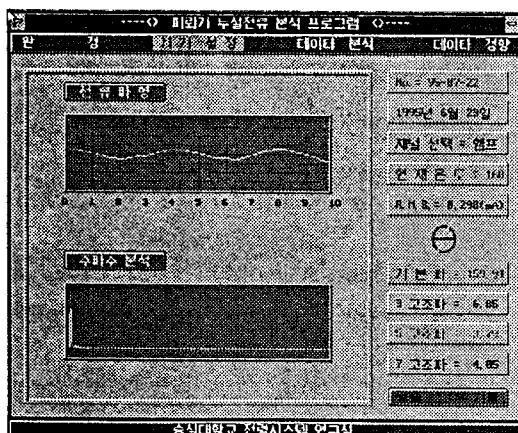


그림 4. 누설전류 분석화면

그림 5는 누설전류의 실효치(전진류)와 제 3고조파, 제 5고조파, 제 7고조파를 각 시간대 별로 저장된 데이터로 부터 경향분석을 위한 프로그램 화면이다. 분단위부터 년단위까지 경향을 나타나도록 하였다. 전류치의 변화 경향을 감시하면 피뢰기의 열화 유무를 판정할 수 있으며, 프로그램에서는 관리치를 설정하여 전

류값이 관리치에 이르면 경고메세지를 출력하도록 하였다.

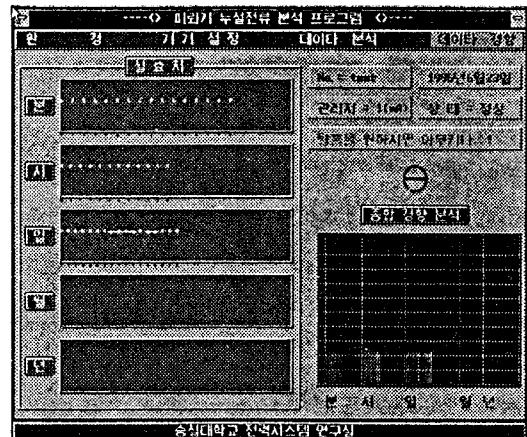


그림 5. 누설전류 경향 분석화면

5. 결 론

본 논문에서는 피뢰기에 흐르는 누설전류를 분석하여 피뢰기 열화 유무를 판정하는 장치를 개발하였다. 실험에서 미소전류를 검출하고 주파수 분석을 통한 각 고조파분석이 확인됨으로서 실제 피뢰기 적용에 있어서도 정확한 분석을 할 수 있다고 생각된다. 또한, 각 피뢰기마다 데이터를 관리함으로서 시간흐름에 따른 경향 분석을 정확히 할 수 있을 것으로 본다. 피뢰기에 의한 계통사고 조사를 보면 자연열화 및 뇌격에 의한 열화로 인한 사고건수가 상당수 차지하고 있는 관점에서 피뢰기의 열화를 미리 감지하고 대처 함으로서, 피뢰기로 인한 계통 사고를 상당수 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

이번에 개발한 피뢰기 누설전류 분석장치는 계통에서 발생하는 고조파의 영향을 감안하지 못했지만, 추후의 연구에서는 계통에서 발생하는 고조파를 제거하고 순수하게 피뢰기에 흐르는 누설전류만을 분석하여 보다 정확한 피뢰기 열화판정을 할 수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] R. G. Winch, *Telecommunication Transmission Systems*, McGraw-Hill Inc, 1993
- [2] J. M. Jacob, *Industrial control electronics*, Prentice-Hall, 1989
- [3] S. Shirakawa, F. Endo, H. Kitajima, S. Kobayashi, K. Kurita, K. Goto, and M. Sakai, "Maintenance of surge arrester by a portable arrester leakage current detector," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 3, No. 3, July 1988
- [4] *16-Bit embedded controllers*, Intel, 1990
- [5] *Application reference manual*, Analog Devices Inc, 1993
- [6] J. Lundquist, L. Stenstrom, A. Schei, B. Hansen, "New method of the resistive leakage currents of metal-oxide surge arrester in service" *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol.5, No.4, November 1990