

누설전류에 의한 ZnO피뢰기의 열화진단장치 개발

*오정환^o *이영길 *김재철 **한민구 ***오계환 ***이복규
 *숭실대학교 전기공학과 **서울대학교 전기공학과 ***KEPCO

Development of deterioration arrester detector by leakage current

*J. H. Oh *Y. G. Lee *J. C. Kim **M. G. Han ***G. H. Oh ***B. G. Lee
 *Soong Sil Univ. **Seoul National Univ. ***KEPCO

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. The change of leakage current is the recognized measure of deterioration. For low sensitivity to disturbance, this device used optical fiber. This will be a great benefit of detecting deterioration ZnO arrester.

1. 서론

피뢰기(arrester)는 전력계통에서 발생하는 서지나 과전압을 방지하고 발전전기를 보호하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 종래의 피뢰기는 직렬궤과 비직선성 탄화규소(SiC)소자로 구성되어 있지만, 1980년 이후부터는 비직선성이 우수한 산화아연(ZnO)피뢰기가 실용화 되어 현재에 이르기까지 말변전소를 비롯하여 송배전선로등 광범위하게 산화아연형 피뢰기가 채용되고 있는 실정이다. 하지만 열화된 피뢰기가 계통상에서 그대로 설치되어 있다면 보호장치로서의 역할을 못할 뿐 아니라, 불량 피뢰기의 폭발로 오히려 사고 원인을 제공하여 전력기기의 파손을 유발하기도 한다. 따라서 피뢰기로 인한 사고를 줄이고 피뢰기의 역할을 충분히 발휘하도록 피뢰기의 열화유무를 판정하는 기법이 절대적으로 중요하리라 생각한다.

ZnO피뢰기의 열화판정에는 몇가지 항목이 있으나 그중에서 소자특성에 의해 피뢰기에 흐르는 누설전류에 의한 판정방법이 유효하며, 이 누설전류를 분석함으로써 피뢰기의 열화판정 근거를 마련할 수 있다.

기존의 누설전류 측정방법은 단순히 누설전류의 전(全)전류나 저항분 전류치를 지시계로 표시하는 방법이었다. 이것은 누설전류의 경향분석이나, 제조 특성상 상이한 누설전류에 대한 고려가 전혀 없을 뿐 아니라 데이터 관리의 어려움이 많았다.

본 연구에서는 아날로그 메타방식 대신 컴퓨터를 이용하여 측정기를 구성함으로써 데이터 보관 및 처리를 정확하고 신뢰성 높게 구현하였다. 특징으로는 각피뢰기마다 관리번호를 부여하여 데이터베이스(data-base)화 하였으며, 피뢰기마다 관리치를 두어 열화 검색기능을 갖추도록 하였다. 또한 현장에서 실무자들이 사용하기 쉬운 휴대용과 중앙에서 상시감시를 할 수 있는 온라인(on-line)용으로 구성하였다. 그리고 피뢰기가 설치된 고전압, 대전류의 환경에서도 외부의 잡음에 강하도록 광파이버(optical-fiber)기술을 이용하였다.

2. ZnO피뢰기의 열화기구와 진단기술

1) ZnO 피뢰기의 등가회로

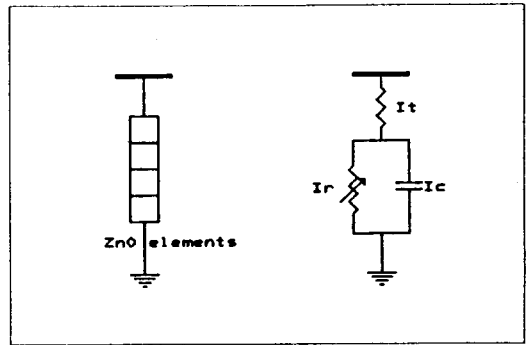


그림 1. ZnO피뢰기의 전기적 등가회로

ZnO피뢰기의 전기적 등가회로는 그림 1과 같다. Ic는 ZnO소자의 입계층간에 흐르는 용량성 전류이고, Ir은 소자열화시 결정입과 입계층간의 표면에 형성된 쇼트키(Schottky)장벽의 변형으로 인한 누설전류를 나타낸 것이다. 즉 Ir의 증가는 소자열화를 나타내는 지표이다.

2) ZnO 피뢰기의 열화요인

ZnO소자의 열화 요인중에서 가장 주된 것은 다음과 같다.

- 연속 사용 운전전압
- 단시간 교류 과전압
- 온도 스트레스
- 뇌서지, 개폐서지 휴수에 따른 전류 스트레스

3) 누설전류에 의한 ZnO피뢰기의 열화진단

ZnO피뢰기의 열화진단시 정확성, 감시의 용이성, 적용의 가부 등의 관점에서 누설전류에 의한 진단이 가장 유효하며, 이방법에 의해 초기열화 및 말기열화의 판정도 가능하다.

4) 저항분 전류에 의한 열화진단

그림 1에서 ZnO소자의 열화에 의해 전(全)누설전류가 증가하는데, 용량분 전류는 온도상승과는 관계가 없는 것으로 알려져 있으므로 저항분 전류 즉, Ir을 감시함으로써 초기열화 검출과 함께 내부 절연불량과 흡수에 의한 절연저하도 감지가능 하다.

5) 제3고조파 전류 검출에 의한 저항분 전류 검출

일화의 지표가 되는 저항분 전류를 검출하는 방법은 여러 가지가 있는데, 대표적인 방법으로는 •3상 Vector Cancel방식 • 제3고조파 검출방식 • 동기정류방식 • 자기 Cancel방식 • Watt loss에 의한 방식 등이다.

본 연구에서는 제3고조파 검출방식을 이용하였으며, 이방식의 특징으로는 다음과 같다.

- 총누설전류와 저항분 누설전류를 운전상태에서 측정가능
- 전압요소가 없기 때문에 취급이 간단
- 관측장치에 파형관측이 가능
- 누설전류 검출시 외부 단로를 필요로 하지 않음

3. 누설전류 분석장치 개발

1) Hardware 개발

분석장치는 제3고조파 전류검출 방식에 적합하도록 센서 및 하드웨어를 구성하였다. 그림 2에 분석장치의 전체 개요도를 나타내었다.

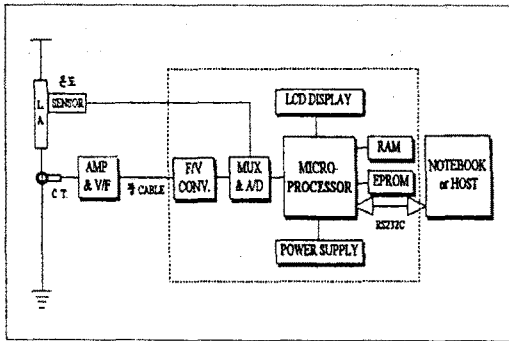


그림 2. 분석장치의 전체 개요도

각 부분별 기능 및 특징을 요약하면 다음과 같다.

- C.T : 환상상태에서 측정가능한 클램프형
- AMP&V/F : CT로 검출된 전류를 증폭하고 광케이블로 전송
- 광(光)케이블 : 전류신호를 배선장치까지 전송
- F/V : 주파수로 변환된 신호를 원래의 신호로 복원
- MUX & A/D : 다채널로 들어오는 신호 분리 및 디지털화
- MICRO PROCESSER : 다기능,고성능 16BIT 원칩 8097
- DISPLAY : 측정기 자체의 메시지 출력을 위한 LCD
- RS-232C : 노트북 및 호스트로 데이터 전송용 시리얼 포트

그림 3은 개발한 분석장치의 외관을 나타낸 것이다.

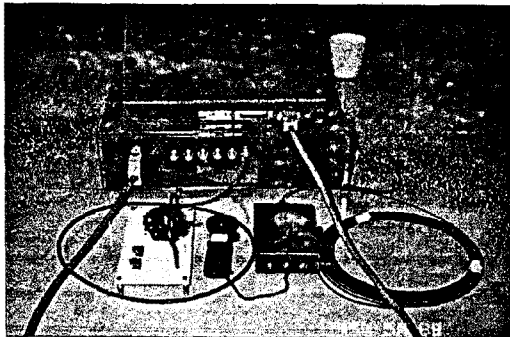


그림 3. 개발한 분석장치의 외관

2) 분석 알고리즘

개략적인 분석절차는 다음과 같다.

- ① C.T에 의한 누설전류 검출
- ② 광케이블에 의한 신호전송
- ④ 노트북 또는 호스트로 데이터 전송
- ⑤ 분석프로그램에 의한 데이터 분석
- ⑥ 결과 데이터 출력 및 저장

3) 분석관련 이론

A/D 컨버터에 입력된 신호는 샘플링 시간을 97μs로하여 50ms동안 512개의 데이터를 입력처리하였다.

3-1) 실효값 계산

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

■ OFFSET제거

$$MEAN = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (1)$$

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

여기서, X_i : 샘플데이터

MEAN : 샘플데이터의 평균

X_m : 바이어스가 제거된 샘플데이터

■ 실효치 계산

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{mi}^2} \quad (3)$$

여기서, N : 측정된 데이터의 샘플개수

X_{mi} : 바이어스가 제거된 i번째 샘플데이터

3-2) FFT

각고조파 분석을 위해 주파수 스펙트럼을 구한다.

N개의 데이터 $x(0), x(1), \dots, x(N-1)$ 에 대한 푸리에 변환

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

$$W = \exp(-i2\pi/N)$$

단, 데이터수 N은 2의 제곱수이어야 한다.

4) Software 개발

분석장치에 적합하도록 함께 개발한 분석용 프로그램의 특징은 다음과 같다.

- 풀다운(Pull-Down)메뉴 방식
- 총누설 전류치 표시
- 저항분 전류치(제 3고조파 성분) 표시
- 데이터 저장 및 경향 분석
- 관리치 검색 기능
- 온도 보상 기능
- 경고 메시지
- 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. 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.

4. 실험 결과

실증실험에 앞서 분석장치의 정확도를 위해 검증실험을 실시하였다.

1) 전(全)전류 검증실험

분석장치의 실효값 검증용 한 결과를 그림 4에 나타내었다.

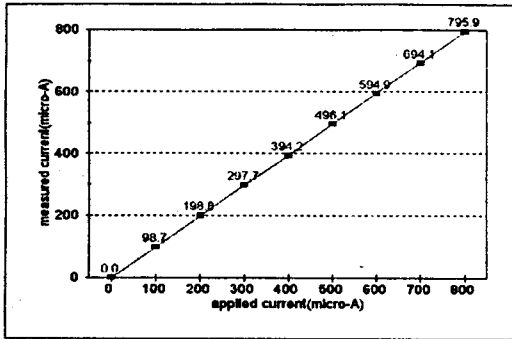


그림 4. 전(全)전류 캘리브레이션 결과

그림 4에서 A/D컨버터의 양자화 오차 및 잡음에 의한 오차를 감안한다면 만족할 정도의 정밀도를 나타냄을 알 수 있다.

2) 피뢰기 전압 인가 실험

배전선로에 설치되었다가 교체된 교체품 A,B 두 개의 시료에 전압을 인가하면서 측정하였다. 그림 5는 피뢰기에 전압을 인가한 회로와 시험방법을 나타낸 것이다. 실험에 사용한 시료의 정격은 18kV이며, 약 8년간 설치되었던 피뢰기이다.

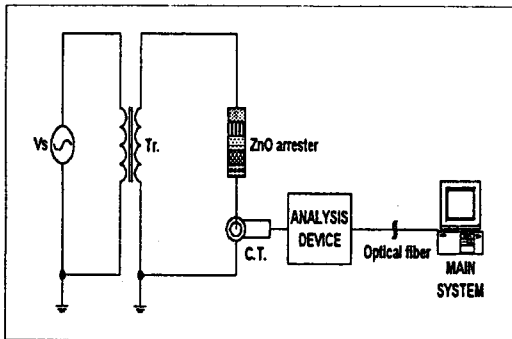


그림 5. 피뢰기 전압 인가 회로 및 시험방법

운전전압에서만 측정하는 것이 올바른 측정이지만 피뢰기 특성이 단시간에 변화하지 않을 뿐 아니라 강제열화의 방법도 없으므로 인가전압을 변경시키면서 특성을 시험하였다. 시간은 전압마다 1분씩 입력받아 평균치를 저장하였다.

그림 6은 시료 A,B의 전(全)전류에 대한 출력결과를 나타낸 것이다.

그림 7은 시료 A,B의 저항분 전류인 제3고조파의 출력 결과를 나타낸 것이다.

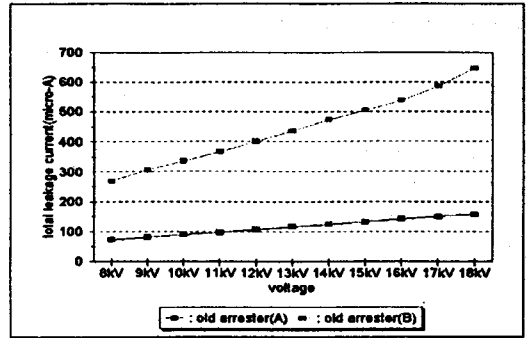


그림 6. 시료 A,B의 전(全)전류 실험 결과

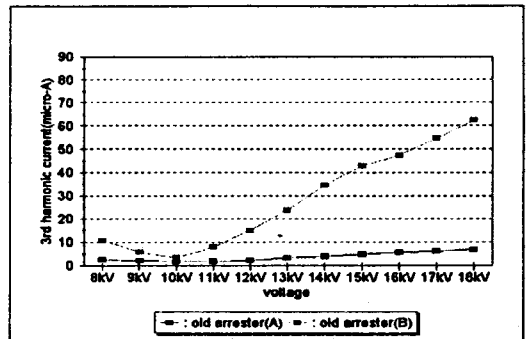


그림 7. 시료 A,B의 저항분 전류 실험 결과

5. 결론

본 논문에서는 피뢰기에 흐르는 누설전류를 분석하여 피뢰기 열화 유무를 판정하는 장치와 프로그램을 개발하였다. 실험을 통해 ZnO피뢰기의 열화 판정이 되는 전전류와 저항분 전류를 검출할 수 있음을 나타냈다. 하지만 좀더 정확한 피뢰기 열화 판정을 위해서는 누설전류의 크기를 어느 범위에서 관리하는가가 중요한 것으로 판단된다. 이를 위한 기초데이터 확립이 우리나라에 필요한 실정이고 좀더 많은 실험이 요구된다.

본 장치에서 좀더 정확한 측정을 하려면 전원측에 포함된 고조파 영향을 고려할 수 있는 개선된 측정기개발과 함께 전계의 영향으로 인한 누설전류의 오차를 충분히 감안해야 할 것이다. 아울러 본 장치를 이용하여 보수, 점검, 교체시 분석장치에 저장되어 있는 데이터를 이용하고, 또한 피뢰기 누설전류의 추이를 경년적으로 계속함으로써 ZnO피뢰기의 수명에서 검토에 충분히 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 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
- [2] *16-Bit embedded controllers*, Intel, 1990
- [3] *Application reference manual*, Analog Devices Inc, 1993
- [4] J. Lundquist, L. Stenstrom, A. Schei, B. Hansen, "New method of the resistive leakage currents of metal-oxide Delivery, Vol.5, No.4, November 1990