

피뢰기 누설전류 분석장치를 이용한 ZnO 피뢰기의 누설전류 변화 분석

김영춘*, 문선호*, 오정환*, 김재철*, 이영길**
* 송실대학교 전기공학과, ** 아시아계전(주) 연구소

The Leakage Current Analysis of ZnO Arrester Using Leakage Current Dete

Young-Chun Kim*, Sun-Ho Moon*, Jung-Hwan Oh*, Jae-Chul Kim*, Young-Gil Lee**
* Dept. of Electrical Engineering Soongsil Univ. ** ASIA R&D Co.

Abstract - In this paper, we developed a diagnosis device for ZnO arrester to detect on-line leakage current and acquire data from the power distribution system. The arrester is important power equipment used in power transmission and distribution systems to protect the generator and the main transformer from surge and overvoltage.

First of all we developed a diagnosis device for ZnO arrester leakage current.

And then we detect the total leakage current by the developed device without disconnecting the arrester ground wire and analysis the 3rd order harmonic by Fast Fourier Transform(FFT) to diagnose the ZnO arrester deterioration,

With measuring the total current and the resistive current of power distribution system in operation, we analysis the trend of resistive current component in the total leakage current.

We expect the result will be promote the method to protect electrical utility and customer from accident.

1. 서 론

피뢰기는 전력시스템에서 발생하는 서지나 과전압을 방지하고 발전전기를 보호하는 중요한 역할을 담당하는 장비로서 1980년 이후부터는 비직선성이 우수한 산화아연(ZnO) 피뢰기가 실용화되어 현재에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있는 실정이다. 하지만 열화된 상태의 피뢰기가 전력설비에 그대로 설치되어 있다면 보호장치로서의 역할을 다하지 못할 뿐 아니라, 불량 피뢰기의 폭발로 인한 인적, 물적사고 원인을 제공할 수도 있는 실정이다[1]. 따라서 피뢰기로 인한 사고를 줄이고 보호기기로서 피뢰기의 역할을 충분히 발휘하도록 피뢰기의 열화유무를 판정 가능한 장치가 필요하다.

본 논문에서는 ZnO(산화아연)피뢰기의 열화 유무를 파악하기 위하여 피뢰기 누설전류 분석장치를 실제 운영중인 배전설비에 설치하여 누설전류의 변화경향을 연구하도록 하였다.

본 논문에서 사용한 피뢰기 누설전류 분석장치는 피뢰기의 누설전류 중 열화지표가 되는 저항분전류를 측정하는 장치로서 피뢰기와 접지선에 흐르는 전(全)누설전류를 검출하여 주파수 분석(FFT)을 통해 열화 정도의 지표가 되는 저항분(제3고조파) 전류를 측정하는 장치이다[1].

피뢰기 누설전류 분석장치를 실제 운영중인 배전설비에 설치하기 위한 장치의 유용성을 검증할 수 있도록 실증실험을 실시한 후 실제 운영중인 배전설비에 설치하여 데이터를 취득하였다.

취득한 데이터는 1996년 7월에서 1997년 6월까지의 데이터로 피뢰기 누설전류 분석장치를 통하여 자료구조(data-base)화 하였다. 취득한 데이터에는 장치가 설치된 피뢰기의 주위 온도와 누설전류의 실효치 및 각 고조파성분(기본주파수 성분, 3고조파 성분 등)을 포함하도록 하여 누설전류의 변화경향을 손쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

피뢰기 누설전류 분석장치를 1년여에 걸쳐 실제 운영중인 배전설비에 설치하여 누설전류의 경향을 조사한 결과 기존 장치보다 광범위하고 정확한 정보를 수집할 수 있었으며 지금까지 구체적인 언급이 없었던 피뢰기 누설전류 변화경향을 파악할 수 있었고, 이를 통하여 본 논문에서 사용한 장

치의 유용성을 검증할 수 있었다.

2. 피뢰기의 열화기구와 진단기술

2.1 ZnO 피뢰기의 전기적 등가회로

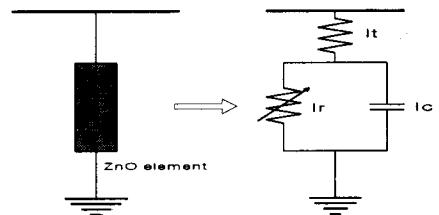


그림 1. ZnO 피뢰기의 전기적 등가회로

ZnO의 전기적 등가회로는 그림 1과 같이 표시된다. 그림 1에서 Ic는 ZnO 소자의 입계층간에 흐르는 용량성 전류이고, Ir은 소자 열화시 결정입과 입계층간의 표면에 형성된 쇼트키(Schottky) 장벽의 변형으로 인한 전류를 나타낸 것이다. 본 논문에서 감시하는 항목은 Ir전류로서 ZnO 피뢰기 열화유무의 지표가 된다. It는 Ic전류와 Ir전류를 합성한 전(全)누설전류이다[1-3].

2.2 ZnO 피뢰기의 열화요인

ZnO 소자를 열화시키는 주된 요인은 연속 사용 운전 전압, 단시간 교류 과전압, 온도 스트레스, 서지나 개폐서지 흡수에 따른 전류스트레스 등으로 볼 수 있으며 다음과 같이 정리할 수 있다[1-3].

- 연속사용 운전 전압에 의한 열화
- 단시간 교류 과전압에 따른 열화
- 서지 흡수에 의한 열화
- 온도에 따른 누설전류의 변화

2.3 피뢰기 열화 판정

피뢰기에 흐르는 전(全)누설전류는 용량분 전류와 저항분 전류로 나눌 수 있다. 용량분 전류는 피뢰기의 열화 유무와 관계없이 거의 일정하며 저항분전류는 피뢰기 열화에 따라 전류값이 커지게 된다. 저항분전류는 전(全)누설전류를 주파수 분석을 통해 관찰해 보면 제 3고조파 성분이 가장 민감하게 변화요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 전(全)누설전류 중 저항분전류인 제 3고조파 성분을 분석하고 변화상태를 추정함으로써 피뢰기의 열화 진단 상태를 판정할 수 있도록 하였다[1-3].

2.4 누설전류에 의한 열화진단 기술의 장점

- 전(全)누설전류와 저항분전류를 운전 상태에서 측정할 수 있음
- 전압요소가 없기 때문에 취급이 간단
- 지시계기에 의한 측정과 관측장치에 의한 파형 관측이 가능.
- 누설전류 검출시에 외부 단로 불필요

3. 피뢰기 누설전류 분석장치

3.1 Hardware 구성

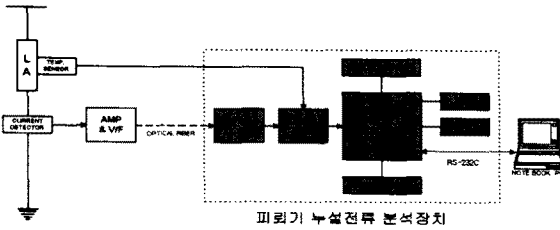


그림 2. 피뢰기 누설전류 분석장치의 전체 블록도

분석장치의 전체 블록도는 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 광섬유(optical fiber)를 이용하였다[4-6].

마이크로 프로세서는 one-chip 8097를 이용하였다. one-chip 8097 마이크로 프로세서는 다기능 고성능 16bit CPU로 피뢰기 누설전류 분석장치에 기본적으로 필요한 필수적인 기능을 포함하고 있을 뿐 아니라 가격이 싸고 장치 개발에 필요한 도구들 구하기 쉬우므로 개발시간을 줄일 수 있는 장점이 있다[7].

3.2 프로그램의 구성

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

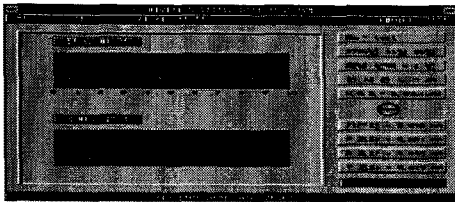


그림 3. 피뢰기 누설전류 분석화면

피뢰기에 흐르는 누설전류는 정상상태에서는 수십 μ A ~ 수백 μ A가 흐르는 것으로 알려져 있다. 그림 3 모의 실험 장치에 피뢰기에 실제로 흐르는 전류치와 비슷한 양(60Hz, 300 μ A)의 전류를 흐르게 하고 개발한 누설전류 측정기를 이용하여 데이터를 분석한 모습을 나타낸 것으로 3주기의 입력 파형 모습과 전(全)누설전류의 실효치(RMS)와 그 때의 주파수 분석을 통한 각 고조파별의 크기를 나타낸 모습이다

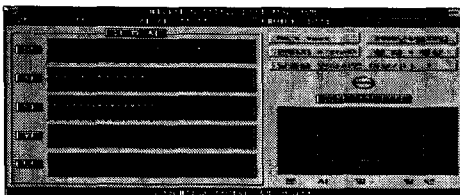


그림 4. 누설전류 경향 분석화면

그림 4 누설전류의 실효치(전(全)전류)와 제 3고조파,

제 5고조파, 제 7고조파를 각 시간 별로 저장된 데이터로 부터 경향분석을 위한 프로그램 화면으로 분단위부터 단단위까지 경향을 나타내도록 하였다. 측정된 각 전류치의 변화 경향을 감시하면 피뢰기의 열화유무를 판정할 수 있으며, 프로그램에서 관리치를 설정하여 전류값이 관리치에 이르면 경고 메시지를 출력하도록 하였다.

4. 피뢰기 누설전류 분석장치의 실증실험

본 논문에서 사용한 피뢰기 누설전류 분석장치의 유용성을 검증하기 위해서 배전선로에 설치되었다가 교체된 교체품 피뢰기 A, B 두 개의 시료에 전압을 인가하면서 저항분전류를 측정하였다. 본 실증 실험에 사용한 피뢰기의 정격은 18kV이며, 약 8년간 설치되었던 피뢰기이다.

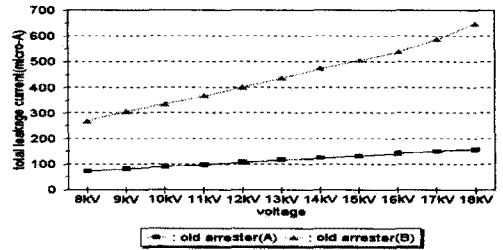


그림 5. 시료 A, B의 전(全)누설전류 실험 결과

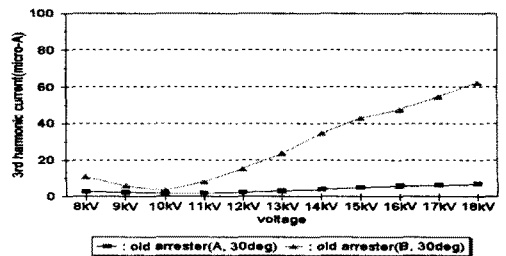


그림 6. 시료 A, B의 저항분전류 실험 결과

그림 5와 그림 6은 교체품 피뢰기 A와 B에 대한 전(全)누설전류와 저항분전류인 제 3고조파의 크기를 비교해 본 것이다. 똑같이 설치되었다가 해체된 피뢰기이나 전(全)누설전류 및 저항분전류의 크기가 많은 차이를 나타낼 수 있다. 누설전류의 크기로 보아 아직 심하게 열화가 되지는 않은 것으로 보이나 B피뢰기는 저항분전류가 크게 나타나고 있으므로 서서히 열화가 진행되고 있는 것으로 추정된다.

아직까지 국내에서는 열화에 대한 피뢰기 누설전류의 관리치가 확립된 것이 없는 상황이므로 교체품 A와 B에 대한 데이터로 정확한 열화 상태를 판단하려면 지속적인 실험을 통하여 이 부분과 관련된 좀더 많은 데이터를 수집해야 할 것으로 보인다.

5. 실제 운영중인 배전설비에 설치된 피뢰기의 누설전류 분석

본 논문에서는 피뢰기 누설전류 분석장치를 실제 운영 중인 배전설비에 설치하여 1996년 7월부터 1997년 6월까지 데이터를 취득하였다. 취득한 데이터는 맑은 날, 흐린 날, 비온 날로 구분하여 분석하였으며 본 논문에서 사용한 분류방법은 피뢰기의 누설전류가 일반적으로 알려진 온도 뿐만 아니라 주의 습도에 따라 서로 다르게 나타난 점을 고려하여 구분하였다.

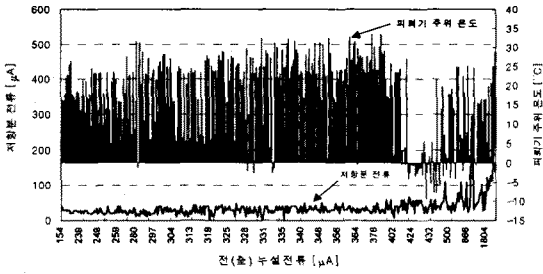


그림 7. 전(全)누설전류에 대한 저항분전류 크기

그림 7은 1년간 취득한 데이터를 전(全)누설전류에 따른 저항분전류의 크기로 나타낸 것으로 전(全)누설전류가 큰 폭으로 증가하지 않는 한 저항분전류가 직접적으로 증가하지는 않음을 알 수 있다.

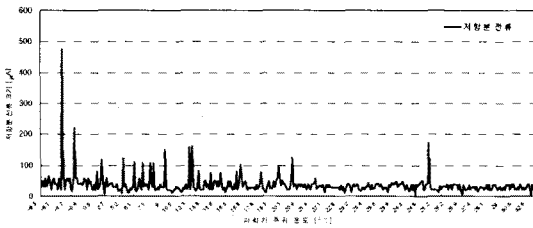


그림 8. 주위 온도에 따른 저항분전류 크기

그림 8은 피뢰기 주위 온도에 따른 저항분전류의 크기를 나타낸 것으로 일반적으로 피뢰기 내부의 온도가 증가하면 저항분전류가 증가하는 것으로 알려져 있으나 본 논문에서는 피뢰기 주변의 온도를 측정하여 구체적인 관계를 파악하기 어려웠다.

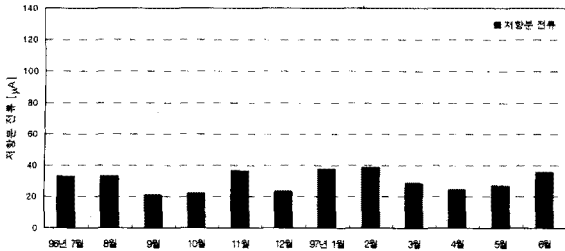


그림 9. 맑은 날의 월별 평균 저항분전류

그림 9는 맑은 날에 취득한 저항분전류의 변화를 나타낸 것이다. 맑은 날에 나타난 저항분전류는 흐리거나 비온 날의 저항분전류보다는 적은 값으로 나타났으며 1년간의 변화 경향이 근소하게 나타났다.

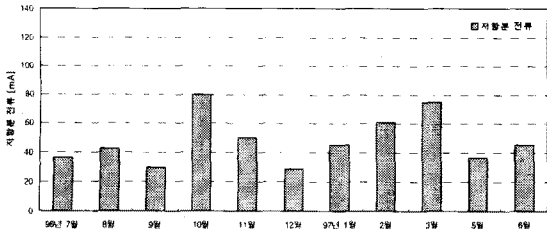


그림 10. 흐린 날의 월별 평균 저항분전류

그림 10은 흐린 날에 취득한 저항분전류를 나타낸 것이다. 흐린 날의 저항분전류는 맑은 날 보다는 크게 나타났으며 96년 10월, 11월 그리고 97년 2월, 3월에 다른 달보다 크게 나타났다. 하지만 특이한 변화경향을 찾기는 어려우며 좀더 많은 양의 데이터를 취득한 후에야 변화경향을 판단할 수 있으리라 생각된다.

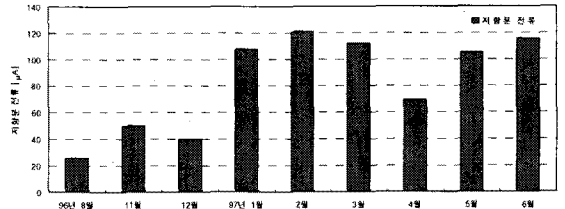


그림 11. 비온 날의 월별 평균 저항분전류

그림 11은 비온 날에 취득한 저항분전류를 나타낸 것이다. 비온 날의 저항분전류는 취득한 데이터중 가장 큰 값으로 나타났으며 데이터 취득기간에 걸쳐 증가하는 추세를 나타냈으나 좀 더 정확한 분석을 위해서는 좀더 오랜 기간에 걸친 데이터 취득이 필요하리라 생각된다.

6. 결론

본 논문에서는 피뢰기의 열화 유무를 판정하는 피뢰기 누설전류 분석장치를 사용하여 실제 운영중인 배전설비에 설치된 ZnO 피뢰기의 누설전류를 변화 경향을 분석하였다. 이를 위해 실제 운영중인 배전설비에 피뢰기 누설전류 분석장치를 설치하기 전에 교체품 피뢰기를 이용한 실증실험을 통해 ZnO 피뢰기의 열화판정의 근거가 되는 전(全)누설전류와 저항분전류를 검출할 수 있음을 입증하였다.

실제 운영중인 배전설비에 피뢰기 누설전류 분석장치를 설치하여 1996년 7월부터 1997년 6월까지의 ZnO 피뢰기의 누설전류를 분석하여 자료구조(data-base)화 하였다.

취득한 데이터를 분석해보면 데이터 취득기간을 통하여 전(全)누설전류가 증가하더라도 저항분전류는 이에 비례하여 증가하지는 않았으며 데이터 취득시의 기상조건 및 습도에 영향을 많이 받아 증가하는 것으로 나타났다.

본 논문에서 측정된 ZnO 피뢰기의 누설전류는 1년여에 걸쳐 취득한 것으로 ZnO 피뢰기의 보다 정확한 열화 상태를 파악하기 위해서는 본 논문에서 사용한 피뢰기 누설전류 분석장치와 같은 진단장비를 통하여 보다 오랜 기간에 걸쳐 누설전류를 지속적으로 측정할 필요가 있다고 생각된다.

[참고문헌]

- [1] 김재철 외, "누설전류에 의한 ZnO 피뢰기의 열화진단장치 개발", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 74-76, Nov., 1995.
- [2] 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.
- [3] J. Lundquist, L. Stenstrom, A. Schei, B. Hansen, "New method for measurement of the resistive leakage currents of metal-oxide surge arrester in service" *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol.5, No.4, November, 1990.
- [4] R. G. Winch, *Telecommunication Transmission Systems*, McGraw-Hill Inc, 1993.
- [5] J. M. Jacob, *Industrial control electronics*, Prentice-Hall, 1989
- [6] *Application reference manual*, Analog Devices Inc, 1993
- [7] *16-Bit embedded controllers*, Intel, 1990.