

피뢰기 진단을 위한 저항분 누설전류의 새로운 측정기법

길경석, 한주섭, 송재용, 박대원, 서황동
한국해양대학교 전기전자공학부

New Measurement Technique of the Resistive Leakage Current for Arrester Diagnosis

G. S. Kil, J. S. Han, J. Y. Song, D. W. Park, H. D. Seo
Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime University

Abstract

Resistive leakage current following arresters is an important indicator of ageing, but total leakage current and its harmonic analysis are widely used in diagnosing arrester soundness because of difficulties in measuring resistive leakage current.

In this paper, we proposed a new method for measuring resistive leakage current, which is quite different from the conventional methods such as a self-cancel method and a synchronous rectification method.

The proposed method is based on that the magnitudes of resistive leakage currents are equal at the same voltage level. To confirm the possibility of the proposed method, we fabricated a leakage current measurement device and designed an analysis program that can analyze resistive leakage current.

Comparing with other methods, this technique does not need a complex circuitry and is very simple to complete.

keywords : resistive leakage current, diagnosing arrester, measurement device, analysis program

1. 서론

피뢰기는 전력계통에서 외부의 이상전압으로부터 중전기기나 선로를 보호하는데 있어 기술적, 경제적으로 가장 우수한 장치이다. 그러나 피뢰기의 열화로 인한 전력계통사고가 많은 부분을 차지하므로 피뢰기의 열화를 진단하고 열화된 피뢰기를 사전에 교체하여 전력공급의 무중단 운영을 실현함으로써 전력계통사고로 인한 경제적 손실을 감소시킬 수 있다.

피뢰기 진단기술로는 운전중 피뢰기를 흐르는 누설전류를 측정·분석하는 방법이 일반적으로 사용되며 특히, 저항분 누설전류의 크기는 피뢰기 진단에 있어 중요한 지표이다. 그러나 전체 누설전류

중에서 저항분 누설전류를 측정하는 방법은 복잡한 하드웨어의 구성과 알고리즘이 요구되어 피뢰기 진단에는 전체 누설전류의 최대값과 실효값, 제3고조파 누설전류의 최대값 및 전체누설전류의 고조파 분석을 이용한 방법이 광범위하게 사용되고 있다.

본 연구에서는 피뢰기 진단에 있어 중요한 파라미터인 저항분 누설전류의 새로운 측정기법에 대하여 제안하였다.

이론적 해석으로부터 알고리즘을 설계하고, 온라인 상태에서 피뢰기 소자를 흐르는 전체누설전류와 인가전압을 측정하여 분석하였다. 실험결과로부터 저항분 누설전류의 크기와 파형을 정확하게

분석할 수 있었으며, 하드웨어와 알고리즘이 간단하여 실적용도 쉬울 것으로 기대한다.

2. 저항분 누설전류의 측정원리

전체 누설전류 중에서 저항분 누설전류를 검출하는 방법은 동기정류법과 자기소거법이 있으며, 이들 방법은 모두 전압의 영점에서 용량분 누설전류에 해당하는 정현파를 생성시켜 전체 누설전류에서 용량분 누설전류를 제거하는 것이다. 따라서 위상 검출에 약간의 오차가 있어도 저항분 누설전류 측정에 큰 오차를 포함하게 된다.

본 연구에서는 기존 방법과는 다른 새로운 방식의 저항분 누설전류 검출기술로써 피뢰기에 인가되는 전압의 크기가 같은 점에서는 저항분 누설전류의 크기가 같기 때문에 등전위점에서의 저항분 누설전류를 검출할 수 있다는 원리이다.

그림 1에 인가전압과 피뢰기를 흐르는 누설전류의 파형 예를 나타내었다.

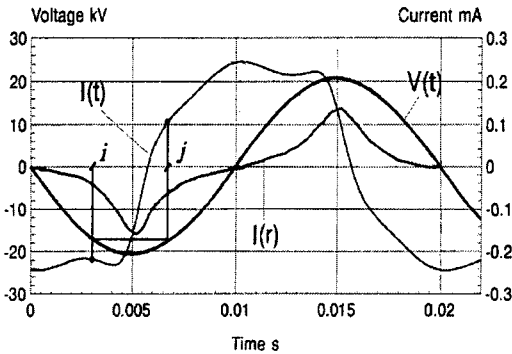


그림 1 인가전압과 누설전류의 파형

그림 1의 전체 누설전류 파형 $I(t)$ 에서 인가전압 $V(t)$ 가 같은 순간 i 와 j 에서 전체 누설전류는 그 점에서의 저항분 누설전류와 용량분 누설전류의 합이므로 다음 식과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} I_r(i) + I_c(i) &= I(i) \quad [\mu\text{A}] \\ I_r(j) + I_c(j) &= I(j) \quad [\mu\text{A}] \end{aligned} \quad (1)$$

이 때 i, j 에서

$$V(i) = V(j) \quad [\text{V}] \quad (2)$$

이면

$$\begin{aligned} I_r(i) &= I_r(j) = I_r \quad [\mu\text{A}] \\ I_c(i) &= -I_c(j) \quad [\mu\text{A}] \end{aligned} \quad (3)$$

가 된다.

따라서 식 (1)과 식(3)으로부터

$$I_r(i) + I_r(j) = I_c(i) + I_c(j) \quad [\mu\text{A}] \quad (4)$$

이며,

$$2I_r = I_c(i) + I_c(j) \quad [\mu\text{A}] \quad (5)$$

가 되어 i 와 j 점에서의 저항분 누설전류는 다음과 같다.

$$I_r = \frac{I_c(i) + I_c(j)}{2} \quad [\mu\text{A}] \quad (6)$$

즉, 전압이 같은 두 점(i, j)에 대응하는 전체 누설전류의 값으로부터 저항분 누설전류를 산출할 수 있으며, 각 점에서의 크기를 연속적으로 나타내면 저항분 누설전류 파형도 나타낼 수 있다.

3. 누설전류 측정장치

저항분 누설전류의 분석을 위해서는 인가전압과 전체누설전류의 동시 계측이 필요하다.

인가전압은 고전압 프로브(P6015A, Tek.)로 측정하였으며, 전체누설전류는 그림 2와 같이 본 연구에서 제작한 클램프형 영상변류기에 증폭회로와 필터를 부가한 장치를 사용하였다.

본 누설전류 측정장치의 감도는 $5 [\text{mV}/\mu\text{A}]$ 이며, 측정범위는 $50 [\mu\text{A}] \sim 2 [\text{mA}]$ 이다. 또한 전원고조파에 의한 영향을 최소화하기 위하여 설계한 저역통과필터의 차단주파수는 $2.8 [\text{kHz}]$ 이다. 측정된 신호를 받아들이기 위한 데이터 취득장치(DAQ; 12bit 200 kS/s)는 입력임피던스가 $250 [\text{k}\Omega]$ 으로 낮기 때문에 고전압프로브와 누설전류 측정장치의 출력임피던스를 DAQ의 입력 임피던스에 정합시키기 위하여 전압버퍼(입력임피던스 $10 [\text{M}\Omega]$, 출력임피던스 $50 [\Omega]$)를 사용하였다. 그러므로 누설전류 측정장치의 출력에 연결되는 관측기기의 입력 임피던스에 관계없이 측정이 가능하다.

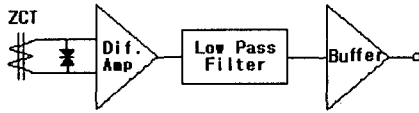


그림 2 누설전류 측정장치의 구성

그림 3에 피뢰기의 전체 누설전류 측정을 위한 실험계의 구성을 나타내었다.

인가전압과 전체 누설전류는 데이터 취득장치 (DAQ; 12bit 200 kS/s)로 입력되며, 개인용 컴퓨터에서 저항분 누설전류를 분석한다.

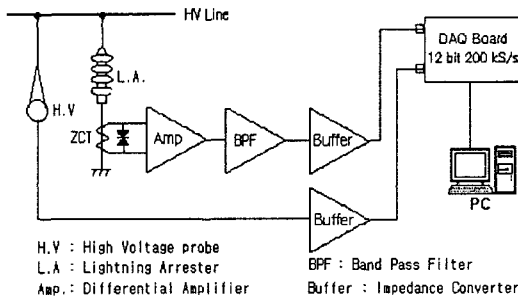


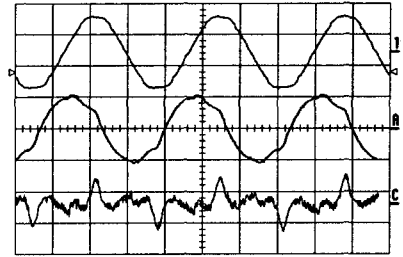
그림 3 실험계의 구성

4. 측정 및 분석

그림 4는 그림 3의 실험계에서 피뢰기 소자에 운전전압을 인가하였을 때, 전압과 누설전류의 파형을 나타낸 것이다. 피뢰기 소자에 인가되는 전압은 실효값 2.6[kV]이며, 이 때 전체 누설전류의 최대값은 810[uA]로 측정되었다. 그림 4에서 채널 C는 자기소거법에 의하여 분석된 저항분 누설전류의 파형을 나타낸 것이며, 최대값은 510[uA]이다.

그림 5에는 본 연구에서 제안한 새로운 측정기법을 이용하여 그림 4의 전체 누설전류에서 저항분 누설전류를 분석하여 나타내었다.

입력된 인가전압과 전체 누설전류 신호로부터 식(1)~(5)를 적용하여 분석한 결과 저항분 누설전류의 최대값은 530[uA]로 자기소거법과는 20[uA] 정도의 차이가 있었다. 이는 자기소거법에서 전압영점에서 정현 소거과를 발생하는데, 누설전류 파형만으로 위상을 검출하므로 수도 정도의 위상차가 발생하는데 따른 오차로 생각된다.



Ch.1 인가 전압 [5kV/div, 5ms/div]
Ch.A 전체 누설전류 [800uA/div, 5ms/div]
Ch.C 저항분 누설전류[500uA/div, 5ms/div]

그림 4 인가전압과 누설전류의 파형

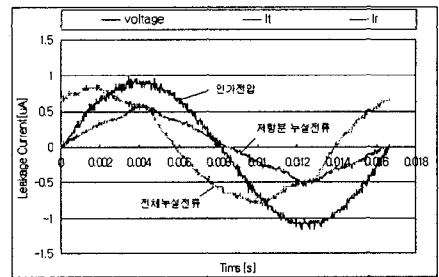


그림 5 분석된 저항분 누설전류의 파형 예

5. 결론

본 연구에서는 피뢰기 진단에 있어 중요한 진단 지표인 저항분 누설전류의 새로운 측정기법에 대하여 기술하였다.

저항분 누설전류의 분석을 위하여 고감도 누설전류 측정장치를 설계·제작하였으며, 측정된 전체 누설전류로부터 자기소거법과 본 연구에서 제안한 방법으로 저항분 누설전류를 분석·비교하였다.

누설전류의 크기를 일정시간 간격으로 샘플링하여 저장하고, 그 결과로부터 저항분 누설전류를 분석하기 때문에 자기소거법에 비해 계산과정이 간단하고 오차없이 정확한 분석이 가능한 특징이 있다.

참고 문헌

[1] S.Shirakawa et al., "Maintenance of surge arrester by portable arrester leakage current detector", IEEE Transaction on Power Delively, Vol.3, No.3, pp.998~1003, 1988