

8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수와 크기가 ZnO바리스터의 수명에 미치는 영향

(Effects of the Injected Number and Amplitude of 8/20 [μ s] Impulse Current on the Life of ZnO Varistors)

이복희* · 이 봉

(Bok-Hee Lee · Feng Li)

요 약

본 논문에서는 임펄스전류의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 수명에 미치는 영향에 관한 것으로 뇌임펄스전류가 ZnO바리스터의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 8/20 [μ s]임펄스전류가 인가되기 전후 ZnO바리스터의 상용주파수 교류전압에 대한 저항성 누설전류와 손실전력을 측정하였다. 그 결과 8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수가 증가함에 따라 ZnO바리스터에 흐르는 저항성 누설전류는 증가하고 통과시간은 길어졌다. ZnO바리스터의 수명은 뇌임펄스전류의 크기와 인가횟수에 대해서 평가하는 것이 바람직하다.

Abstract

This paper presents the effects of the injected number and amplitude of impulse current on the service life of ZnO varistors for low voltages. To analyze the effects of lightning impulse currents on the performance of ZnO varistors, the measurements of resistive leakage current and power dissipation at the power frequency ac voltage before and after the injections of the 8/20 [μ s] impulse currents were made. As a consequence, the duration and amplitude of resistive leakage current flowing through ZnO varistor were increased with increasing the number of injections of the 8/20 [μ s] impulse currents. It is desirable that the service life of ZnO varistors should be evaluated as a function of the number and amplitude of lightning impulse current.

Key Words : Zinc oxide(ZnO) varistor, Leakage current, 8/20 [μ s] impulse current, Surge simulator system, Life of ZnO varistor

1. 서 론

최근 초소형 반도체 소자를 사용한 전자기기에 뇌서지의 침입에 의한 피해를 방지하기 위하여 서지보호소자로 산화아연(Zinc oxide: ZnO)바리스터가 많이 사용되고 있다. ZnO바리스터는 전류용량이 비교

* 주저자 : 인하대학교 전기공학과 교수
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-860-7398
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2006년 9월 12일
1차심사 : 2006년 9월 20일
심사완료 : 2006년 10월 13일

적 낮으나 동작전압이 낮고 응답시간이 빠르며, 비선형특성이 우수하여 서지전압을 정확하게 차단한다. 또한 정상운전 상태에서는 거의 누설전류가 흐르지 않을 뿐만 아니라 동작의 신뢰성이 높고 소형으로 가격이 저렴하므로 서지흡수소자로 가장 많이 사용된다.

낙뢰발생으로 인하여 전원선에 다양한 크기의 뇌서지가 침입될 수 있다[1-3]. 상용주파수 전원전압이 인가된 상태에서 뇌서지, 개폐서지 및 과전압으로부터 전자기기를 보호하기 때문에 오래 사용하게 되면 ZnO바리스터는 입사한 서지전압에 의해 성능이 저하한다. 최근에는 전기설비분야에서는 ZnO바리스터소자의 물성적 특성보다는 서지보호기의 효과적인 적용기법과 보호특성의 합리화, 안전성 확보를 위한 누설전류의 검출과 수명에측 등에 대한 연구가 진행되고 있다[4-7].

따라서 본 논문에서는 뇌서지의 크기와 인가횟수가 전원회로용 ZnO바리스터소자의 수명에 미치는 영향을 정확하게 분석하기 위하여 파두시간/파미시간이 8/20 [μ s]인 임펄스전류를 동작개시전압이 430 [V]인 바리스터 소자에 인가한 다음 상용주파수 전압 220 [V]를 인가하여 바리스터에 흐르는 누설전류를 측정/분석하였다. 또한 임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류와 용량성 누설전류를 분석하였다. 임펄스전류의 크기에 따른 파괴되기까지의 인가횟수를 측정하여 ZnO바리스터의 수명을 평가하고 검토하였다.

2. 실험

2.1 실험계 구성

뇌서지전류의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 전기적 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 임펄스발생장치와 누설전류측정 장치를 구성하였다. 상용주파수 전원전압에 의해서 ZnO바리스터에 흐르는 누설전류의 측정회로도들 그림 1에 나타내었다.

본 실험에서 사용한 임펄스전류발생장치 ECAT (Expert Computer-Aided Testing)에서 발생한 조합파를 ZnO바리스터에 인가하여 동작하게 되면 8/20 [μ s] 임펄스전류가 흐르게 된다. 즉 뇌서지 전

압이 입사하여 ZnO바리스터가 동작하게 되면 뇌서지전류로 변환됨으로써 실제의 뇌서지 현상과 매우 흡사한 실험조건으로 된다.

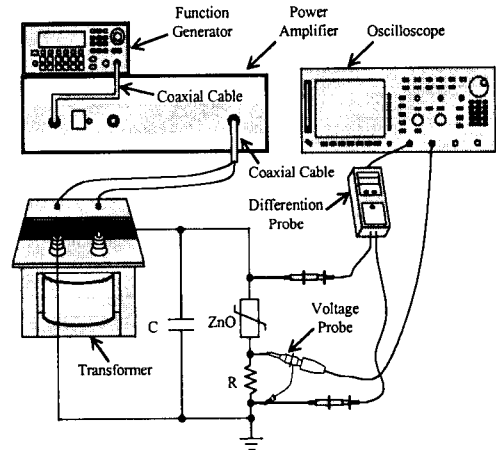


그림 1. 상용주파수 교류전압에 의해 ZnO바리스터에 흐르는 누설전류측정을 위한 실험회로
Fig. 1. Test circuit for measuring the leakage current flowing through ZnO varistor under power frequency ac voltages

일반 전원선의 전압을 적용하면 전압변동에 따른 영향이 포함될 수 있으므로 그림 1에 나타낸 바와 같이 누설전류측정회로는 함수발생기를 이용하여 상용주파수 교류전압을 인가하였다. 함수발생기의 출력전압을 전력증폭기와 변압기를 이용하여 220 [V]까지 증폭시키는 안정화된 전원공급회로를 구성하였다. 그리고 변압기 출력측에 노이즈제거용으로 커패시터를 병렬로 접속시켰으며, 바리스터에 흐르는 미세한 누설전류는 검출용 저항 R을 이용하여 측정하였다.

2.2 측정 및 방법

본 연구에서는 동작개시전압이 430 [V]이고, 임펄스에 대한 제한전압이 1 [kV]인 상용의 ZnO바리스터를 사용하였다. 서지시뮬레이션시스템 ECAT를 이용하여 시료 ZnO바리스터에 8/20 [μ s] 임펄스전류를 인가하여 뇌서지 입사에 따른 ZnO바리스터의 성능저하와 수명의 평가를 모의하였다. ECAT시스템

8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수와 크기가 ZnO바리스터의 수명에 미치는 영향

의 소프트웨어를 이용하여 컴퓨터로 8/20 [μ s] 임펄스전류의 크기, 극성, 인가시간간격을 실험조건에 따라 설정하게 된다. 또한 실제 사용 중인 바리스터에는 다양한 크기의 뇌서지입사를 모의하기 위하여 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 [kA_p]인 8/20 [μ s]임펄스전류를 시료 바리스터에 1분 간격으로 인가하였다. 열적 안정성과 주위온도로 냉각되도록 임펄스전류를 인가시킨 후 30분이 경과한 후에 220 [V] 상용주파수 교류전압의 인가에 따른 누설전류를 측정하였다[8].

바리스터 단자전압은 고전압 차동프로브(BW 25 [MHz], 감쇠율 1/1000, 최대입력 AC 4.4 [kV])로 측정하였으며, 누설전류는 검출용 저항 R 의 단자전압을 능동형 FET프로브 (BW 1 [MHz], 감쇠율 1/10, 최대전압 ± 15 [V])로 측정하였다. 고전압 차동프로브와 능동형 FET프로브로 검출된 신호는 디지털 오실로스코프 (BW 500 [MHz], 2.5 [GS/s] 2채널)로 관측하였다. 또한 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 인가전압과 누설전류의 곱으로 전력손실을 산출하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 ZnO바리스터의 제한전압 특성

조합과 임펄스전압에 ZnO바리스터의 제한전압과 방전전류의 파형의 예를 그림 2에 나타내었다. ZnO 바리스터는 동작개시전압에 이르기 전에는 입자 사이의 계면의 임피던스에 의해 전류가 거의 흐르지 않으며, 동작개시전압 이상에서는 작은 전압변동에도 대단히 큰 전류의 변화가 일어나는 비선형 저항 특성이 나타난다. 제한전압은 리드선 인덕턴스의 영향으로 동작개시 후 약간 상승하는 파형을 나타내었으며, 전류는 전형적인 단락전류의 형상으로 나타났다.

시료 ZnO바리스터의 $I-V$ 특성곡선을 그림 3에 나타내었으며, 동작개시전압 이상에서는 대단히 큰 방전전류가 흐르더라도 ZnO바리스터의 비선형 저항 특성에 의하여 제한전압의 변동은 비교적 작게 나타났다[1].

정상 시료에 1.5 [kA_p]보다 작은 임펄스전류를 100 회 이상 인가하여도 누설전류의 크기는 거의 변화가

없었으며, 인가하는 임펄스전류의 크기가 작을수록 소자가 파괴되는데 소요되는 인가횟수가 증가하였다. 반면에 5 [kA_p] 이상의 큰 전류를 인가하면 한 번에 바리스터가 파괴되었으므로 본 연구에서는 1.5~4.5 [kA_p]범위의 8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수에 따른 ZnO바리스터의 전기적 특성에 대하여 분석하였다.

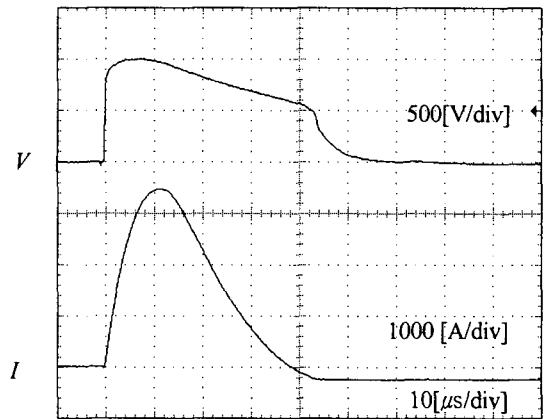


그림 2. 시료 ZnO바리스터의 제한전압과 방전전류 파형
Fig. 2. Waveforms of limiting voltage and discharge current of the test ZnO varistor

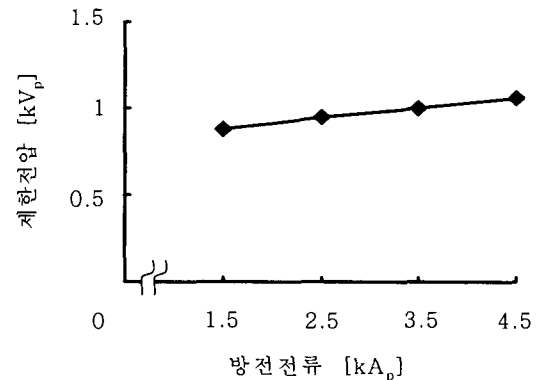
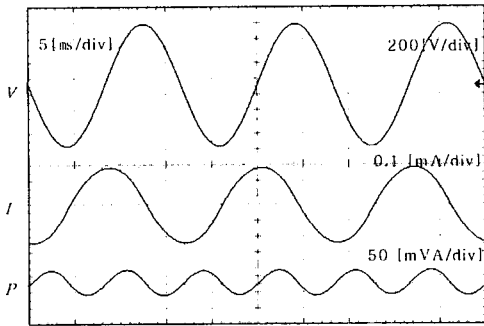


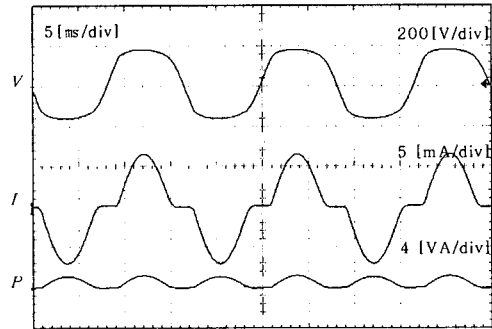
그림 3. 시료 ZnO바리스터소자의 $I-V$ 곡선
Fig. 3. $I-V$ Curve of the test ZnO varistor

3.2 임펄스전류의 인가횟수에 따른 ZnO 바리스터의 누설전류의 변화

정상 ZnO바리스터에 상용주파수 전압 220 [V]를 인가하였을 때의 인가전압, 총 누설전류 및 전력손



(a) 정상 소자



(b) 2.5 [kA_p], 8/20 [μs] 임펄스전류 43회 인가 시료

그림 4. 인가전압, 누설전류와 손실전력 파형

Fig. 4. Waveforms of the applied voltage, leakage current and power dissipation

실 파형의 예를 그림 4 (a)에 나타내었다. 총 누설전류가 인가전압보다 위상이 거의 90 [°] 앞선 것을 알 수 있다. 이는 ZnO바리스터의 전기적 특성에 대한 모델등가회로를 이용하면 설명이 가능하다. ZnO바리스터의 등가회로일 경우, 일반적으로 커패시터와 비선형저항의 병렬회로로 표현된다. 그러므로 ZnO 바리스터에 흐르는 미소한 누설전류는 식 (1)과 같이 인가전압보다 위상이 90 [°] 앞선 정현파인 용량성 누설전류 (I_c)와 인가전압과 동위상인 비정현파의 저항성 누설전류 (I_r)의 합으로 이루어져 있다. 동작개시전압 이하에서 ZnO바리스터는 이론적으로 무한대의 저항을 가지므로 대부분 용량성 누설전류만 흐르므로 총 누설전류가 인가전압보다 위상이 거의 90 [°] 앞선다[9].

$$I_t = I_r + jI_c \quad (1)$$

그림 4 (b)는 ZnO바리스터에 피크값이 2.5 [kA_p] 인 8/20 [μs] 임펄스전류를 43회 인가한 시료에 상용 주파수 전압 220 [V]를 인가하였을 때 흐르는 누설전류의 파형을 나타내었다. 이때 용량성 누설전류보다 저항성 누설전류가 더 크며 동시에 파형이 비대칭적으로 나타났다.

이는 입계층의 경계면에서 각각의 전위장벽이 독립적으로 변형되기 때문이다. 임펄스전류가 흐르는 동안 역바이어스와 순바이어스의 전위장벽의 높이

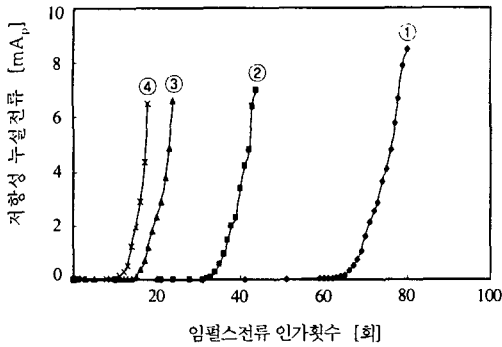
는 변형된 것을 볼 수 있다[10].

3.3 임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류와 용량성 누설전류의 특성

상온에서 피크값이 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 [kA_p]인 8/20 [μs] 임펄스전류를 인가시킨 시료 바리스터에 대해 임펄스전류의 크기에 따른 상용 주파수 교류전압 220 [V]에 대한 저항성 누설전류의 크기와 임펄스전류 인가횟수의 상호 관계를 나타내는 측정결과를 그림 5에 나타내었다.

정상 바리스터에 상용주파수 전압 220 [V]를 인가하면 그림 4 (a)에서와 같이 주로 용량성 누설전류가 흐르지만 그림 5에서와 같이 정상 바리스터에 8/20 [μs] 임펄스전류를 여러 번 인가하면 어느 인가횟수부터 저항성 누설전류가 급속히 증가하여 용량성 누설전류보다 더 많이 흐르게 되며 최종적으로 소자가 파괴된다. 그러나 바리스터에 인가되는 임펄스전류의 크기에 따라 저항성 누설전류 크기의 변화가 서로 다른 양상을 나타낸다. 즉 1.5 [kA_p]인 8/20 [μs] 임펄스전류를 인가할 경우, 61회 인가되면 저항성 누설전류가 급속히 증가하였다. 64회 인가되면 용량성 누설전류의 피크 값보다 저항성 누설전류의 피크값이 더 커졌으며, 69회 인가되었을 경우 저항성 누설전류가 1 [mA_p] 이상이 흘렀다.

8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수와 크기가 ZnO바리스터의 수명에 미치는 영향



① 1.5 (kA_p) 임펄스전류, ② 2.5 (kA_p) 임펄스전류
③ 3.5 (kA_p) 임펄스전류, ④ 4.5 (kA_p) 임펄스전류

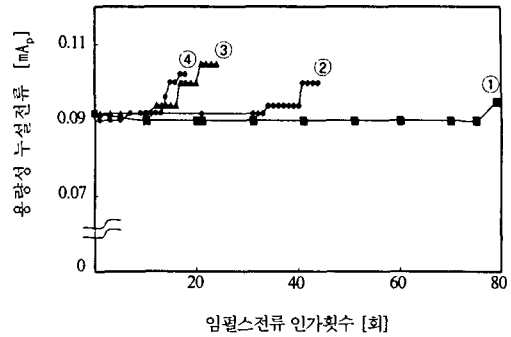
그림 5. 8/20 [μ s]임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류

Fig. 5. Resistive leakage currents according to the number of injection of 8/20 [μ s] impulse currents

피크값이 2.5 [kA_p]인 8/20 [μ s]임펄스전류를 인가할 경우, 32회 인가되면 저항성 누설전류가 급속히 증가하며, 34회 인가되면 용량성 누설전류의 피크 값보다 저항성 누설전류의 피크 값이 더 커졌으며, 37회 인가되었을 경우 저항성 누설전류가 1 [mA_p] 이상이 흘렀다. 또한 3.5 [kA_p]인 임펄스전류를 인가할 경우, 13회 인가되면 저항성 누설전류가 급속히 증가하며, 15회 인가되면 용량성 누설전류의 피크 값보다 저항성 누설전류의 피크 값이 더 커졌으며, 18회 인가되었을 경우 저항성 누설전류가 1 [mA_p] 이상이 흘렀다. 4.5 [kA_p]인 임펄스전류를 인가할 경우, 9회 인가되면 저항성 누설전류가 급속히 증가하며, 11회 인가되면 용량성 누설전류의 피크 값보다 저항성 누설전류의 피크 값이 더 커졌으며 14회 인가되었을 경우, 저항성 누설전류가 1 [mA_p] 이상이 흘렀다[11].

더불어 ZnO바리스터에 인가되는 8/20 [μ s]임펄스전류가 피크값이 클수록 바리스터가 더 빨리 파괴되었고 파괴 전의 저항성 누설전류의 피크 값은 인가한 임펄스전류의 크기가 작을수록 더 컸다.

반면에, 용량성 누설전류는 8/20 [μ s]임펄스전류의 인가 전후 거의 변화가 없다. 8/20 [μ s]임펄스전류의 크기별로 바리스터에 인가하였을 경우 용량성 누설전류와 인가횟수의 관계를 그림 6에서 나타내었다.



① 1.5 (kA_p) 임펄스전류, ② 2.5 (kA_p) 임펄스전류
③ 3.5 (kA_p) 임펄스전류, ④ 4.5 (kA_p) 임펄스전류

그림 6. 임펄스전류 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 측정결과

Fig. 6. Measured results of capacitive leakage current according to the number of injection of impulse currents

8/20 [μ s]임펄스전류를 크기별로 인가한 4개의 바리스터에 흐르는 용량성 누설전류는 미소하게 증가를 하였으며, 임펄스전류가 클수록 약간 증가하는 양상을 나타내었다. 하지만 이러한 변화는 아주 미소하고 바리스터가 파괴되기까지 최대로 증가하더라도 그 크기가 110 [μ A_p]정도이므로 바리스터의 열화에 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

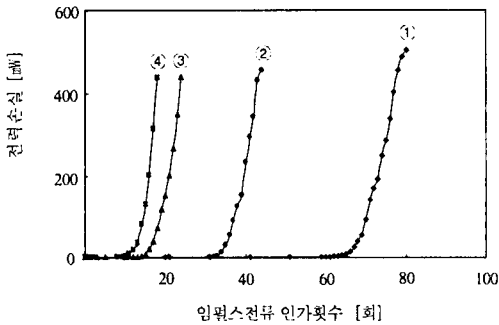
3.4 임펄스전류의 인가횟수에 따른 전력 손실의 특성

상온에서 정상 운전 중인 ZnO바리스터에 일정한 크기와 횟수의 뇌서지가 침입하면 ZnO바리스터의 양단에 인가된 상용주파수 전압에 의하여 저항성 누설전류가 흐른다. 따라서 정상 운전 중인 ZnO바리스터에 전력손실이 발생하여 점차 열화되어 정상적으로 동작하지 못하여 보호하고자 하는 회로 또는 소자에 영향을 미치거나 더 나가서는 화재를 유발시킬 위험성도 있다.

뇌서지가 침입함에 따라 ZnO바리스터의 전력손실을 알아보고자 이를 모의하여 ZnO바리스터에 상온에서 크기가 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 [kA_p]인 8/20 [μ s]임펄스전류를 3분 간격으로 4개의 시료 바리스터에 인

가시켰을 경우, 임펄스전류의 크기에 따른 상용주파수 교류전압 220 [V]에 대한 전력손실과 임펄스전류 인가횟수의 상호 관계를 그림 7에 나타내었다.

전력손실의 측정은 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 인가전압과 누설전류의 곱으로부터 산출할 수 있다. 본 연구에 사용한 4개의 시료 바리스터에 8/20 [μ s] 임펄스전류를 크기 별로 인가시킨 다음 교류전압 220 [V]를 인가하였을 때 임펄스전류의 인가횟수가 증가함에 따라 전력손실은 점차 증가하였다.



① 1.5 [kAp] 임펄스전류, ② 2.5 [kAp] 임펄스전류
③ 3.5 [kAp] 임펄스전류, ④ 4.5 [kAp] 임펄스전류

그림 7. 8/20 [μ s] 임펄스전류 인가횟수에 따른 전력손실
Fig. 7. Power dissipation according to the number of injection of 8/20 [μ s] impulse currents

3.5 임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 변동특성

ZnO바리스터에 어느 일정 횟수의 뇌서지가 인가된 후 저항성 누설전류가 급격히 증가하여 결국에는 소손된다. ZnO바리스터의 성능이 저하되면 동작개시전압이 낮아지므로 저항성 누설전류가 많이 흐르므로 바리스터 열화의 주요 요인으로 작용한다.

ZnO바리스터에 2.5 [kAp]인 8/20 [μ s] 임펄스전류의 인가횟수에 따른 상용주파 교류전압 220 [V]에 대한 저항성 누설전류의 측정결과와 추세선을 그림 8에 나타내었다. 8/20 [μ s] 임펄스전류를 31회까지 인가하였을 경우, 저항성 누설전류는 매우 미약하였으나 32회 인가한 이후부터는 저항성 누설전류가 급속

히 증가하여 45회 인가하였을 경우 소자가 파괴되었다. 임펄스전류 인가횟수를 x , 저항성 누설전류를 y 라 하고, x 을 미소전류가 흐르는 인가횟수[32, 35] 구간 1과 급격히 증가하는[36, 44] 구간 2로 나누어 y 와 x 의 함수관계식을 식 (2)과 (3)로 나타내었다.

구간 1 (추세선) :

$$y_1 = x^3 - 34x^2 - 905x + 31,030 \quad (2)$$

구간 2 (추세선) :

$$y_2 = 48.918x^2 - 3,138.8x + 50,568 \quad (3)$$

ZnO바리스터에 인가되는 임펄스전류가 클수록 소자가 더 빨리 파괴되므로 임펄스전류의 크기에 따라 추세선의 함수식도 다르게 나타났다[12].

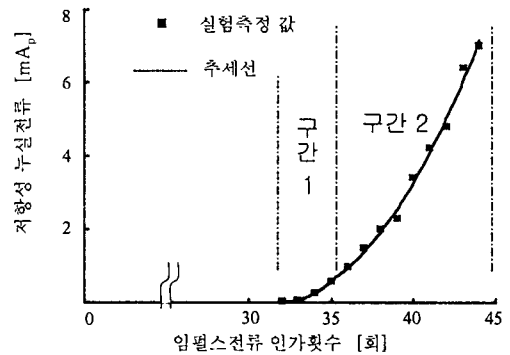


그림 8. 8/20 [μ s] 임펄스전류 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 변화

Fig. 8. Changes in the resistive leakage currents according to the number of injection of 8/20 [μ s] impulse currents

그림 8에서 실험결과에 대한 추세선의 방정식을 적절하게 표현할 수 있으며, 이를 이용한 외삽법을 ZnO바리스터의 수명을 예측할 수가 있다. 특히 서지보호기의 수명예측에는 전류가 큰 영역 즉, 구간 2의 추세선을 이용함이 적당할 것으로 예상된다. ZnO바리스터가 뇌서지를 차단할 수 있는 횟수는 서지전류의 크기에 의존하게 되며, 서지보호기에 서지의 차단횟수를 계수하는 카운터를 적용하면 적절한 교체

시기를 예측할 수 있어 뇌서지에 의한 피해의 보호에 대한 신뢰성을 향상시킬 수가 있다.

4. 결 론

상용주파수 전원선의 서지억제용 ZnO바리스터에는 정상 운전상태에서 각종 서지 및 과전압이 입사된다. 따라서 본 연구에서는 임펄스전류의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 전기적 수명에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 임펄스전류의 입사에 의해 열화된 ZnO바리스터의 용량성 누설전류는 거의 변동이 없지만 뇌서지전류의 인가횟수가 증가함에 따라 바리스터의 동작개시전압이 낮아지는 동시에 저항성 누설전류는 급격히 증가하였다.
- (2) 임펄스전류의 크기에 따른 누설전류의 추세선 방정식을 이용하여 바리스터의 전기적 수명을 추정할 수 있는 방법을 제안하였다.
- (3) 서지보호기의 동작특성과 신뢰성은 입사하는 뇌서지전류의 크기와 횟수를 변수로 평가하는 것이 바람직하다.

References

- [1] 이복희 · 이승철, “정보통신설비의 뇌보호”, 인하대학교 출판부, pp.11~67, 2004.2.
- [2] Bok-Hee Lee and Sung-Man Kang, “A monitoring Device of Leakage Currents Flowing through ZnO Surge Arresters”, Jpn J. Appl. Phys. Vol.42, Part 1, No.4A, pp.1568-1574, 2003.
- [3] Bok-Hee Lee and Sung-Man Kang, “A new on-line leakage current monitoring system of ZnO Surge Arresters”, J. Materials Science & Engineering B, in press, 2005.
- [4] 이복희, 이동문, 강성만, 엄주홍, 이승철, “정보통신용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법”, 한국조명·설비학회 논문지, Vol.16, No.5, pp.90~96, 2002.

- [5] M. B. Marz, S. R. Mendis, “Protecting load devices from the effects of low-side surges”, IEEE Trans., Vol. 29, No. 6, November/December 1993.
- [6] 이복희, 이동문, 강성만, 이수봉, “전원계통의 접지방식에 따른 서지보호기의 보호효과”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.17, No.6, pp.66~71, 2003. 11.
- [7] 이복희, 이동문, 이승철, “SPD의 설치조건이 보호효과에 미치는 영향”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.20, No.2, pp.60~67, 2006. 2.
- [8] KS C IEC 61643-1, 저압 배전계통의 서지보호장치, 제1부 : 성능 및 시험방법, pp.32-35, 2003.
- [9] S. Shirakawa, F. Endo, H. Kitajima, S. Kobayashi, K. Kurita and K. Goto, M. Sakai, “Maintenance of surge arrester by a portable arrester leakage current detector”, IEEE Trans, Vol.3, No 3, pp.998~1003, 1998.
- [10] K. Sato and Y. Takada, “ A mechanism of degradation in leakage currents through ZnO varistors”, J. Appl. Phys. Vol. 53, No. 12, pp.8819~8826, 1982.
- [11] 이봉, “8/20 [μ s] 임펄스전류의 크기와 인가횟수가 ZnO 바리스터의 수명에 미치는 영향”, 2005년 조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, pp. 275~279, 2005.11.
- [12] 이 봉, “뇌서지가 저압전원선 보호용 바리스터의 수명에 미치는 영향”, 인하대학교 석사학위 논문, pp.45-53, 2006. 2.

◆ 저자소개 ◆

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수.
Tel : (032) 860-7398
Fax : (032) 863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr

이 봉 (李 峰)

1978년 9월 5일생. 2001년 7월 중국 하얼빈이공대학교 전기공학과 졸업. 2006년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (032) 860-7398
Fax : (032) 860-7398
E-mail : lifeng197895@hotmail.com