

뇌서지가 ZnO바리스터에 미치는 영향

Effects of Lightning Surges on the Life of ZnO Varistors

李福熙[†] · 李峰^{*} · 李守倬^{**} · 姜成萬^{***}

(Bok-Hee Lee · Bong Lee · Su-Bong Lee · Sung-Man Kang)

Abstract - To evaluate the change in protective levels of zinc oxide (ZnO) varistors after the surge absorption, this paper investigated the effects of the number of injection and amplitude of lightning surges on the life of ZnO varistors for low voltages. Leakage currents flowing through ZnO varistors subjected to the 8/20 μ s impulse currents under 60 Hz AC voltages were measured. The surge simulator system ECAT that can generate 8/20 μ s impulse currents with a peak short-circuit of 5 [kA_p] was used. The ZnO varistor leakage current increases with exposure to impulse current, and the number of injection of 8/20 μ s impulse currents to breakdown was inversely proportional to the amplitude of the test current. Behaviors of ZnO varistor leakage currents were strongly dependent on the number of injection and amplitude of 8/20 μ s impulse currents. ZnO varistors degrade gradually when subjected to impulse current, and the resistive leakage current flowing through ZnO varistors subjected to the 8/20 μ s impulse currents under 60 Hz AC voltages was significantly increased after a certain number of injection that is dependent on the amplitude of the test impulse current. As a result, the life of ZnO varistors mainly depends on the amplitude and occurrence frequency of lightning surges.

Key Words : Zinc Oxide Varistor, Lightning Surge, Resistive Leakage Current, 8/20 μ s Impulse Current, Surge Simulator System

1. 서 론

뇌서지에 의한 초소형 전자기기의 고장과 사고의 비중이 늘어나고 있으며, 정보화 사회시스템의 일시적인 고장으로 경제적 손실이 막대하므로 안정된 정보화시스템의 유지와 운용을 위한 뇌서지 사고의 저감이 중요한 사회적 관심사로 대두하고 있다. 정보화 기기의 뇌서지에 의한 피해를 없애는 보호대책으로 전자기기에 뇌서지가 침입할 수 있는 경로에 비선형 소자를 설치하는 것이 보편화된 보호대책이다. 따라서 빠른 상승시간과 고주파 성분을 함유한 뇌서지를 차단할 수 있는 비선형 반도체소자 즉, 서지보호소자로서의 구비조건으로는 동작전압이 낮고 응답시간이 빠르며 신호 전송특성에 영향이 없도록 정전용량이 작아야 한다.[1,2] 서지보호소자로 종래에는 SiC바리스터가 많이 사용되어 왔으나 1968년에 ZnO바리스터가 개발된 후 최근에는 저압 전원회로용 서지보호기로 많이 사용되고 있다. 이것은 ZnO바리스터가 우수한 과도전압의 차단성능과 대전류 방전 능력이 뛰어나고, 넓은 정격 전압 범위와 우수한 비선형 제한전압-전

류 특성 등의 특징을 가지고 있으므로 서지보호기로서 옥내·외 및 기기의 입·출력 단자에 접속하는 방식으로 사용되고 있다.[3-5]

상용 주파 저압 전원선을 통하여 입사하는 뇌서지, 개폐서지 및 일시적인 과전압의 차단용으로 ZnO바리스터 소자가 많이 사용되고 있다. ZnO바리스터는 비선형성이 매우 우수하고 서지내량이 크므로 상용 주파 전압이 인가된 상태에서 이상전압으로부터 전자기기를 보호한다. 따라서 서지가 인가된 ZnO바리스터는 장시간 사용하면 연속적인 상용 주파 전압과 고조파 성분에 의하여 차츰 성능이 저하됨으로서 최종적으로는 보호소자로서의 보호역할을 할 수 없고 수명을 다하게 된다.

ZnO바리스터에 뇌서지가 입사되면 급격한 에너지공급으로 ZnO바리스터의 입계층의 전위장벽이 낮아져 누설전류가 흐르게 되며 비선형성의 저항특성이 변화한다. 즉, 뇌서지의 입사에 의한 ZnO바리스터의 물리적 성질의 변화에 따른 성능저하를 저항성 누설전류로 평가할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 저압 전원계통에 사용되고 있는 서지보호장치 (surge protective device: SPD)에 뇌서지가 입사한 경우 뇌서지의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 차단성능과 수명에 미치는 영향의 분석을 목적으로 저압 전원선의 서지보호소자로 많이 사용되고 있는 ZnO바리스터의 저항성 누설전류를 분석하였다. ZnO바리스터의 성능에 대한 뇌서지의 영향을 평가하기 위하여 8/20 μ s 임펄스전류를 바리스터에 인가한 후 상용 주파 전압 220 [V]를 인가하여 누설전류를 측정하고 이론적으로 분석하였다. 또한 ZnO바리스터 시료에

[†] 교신저자, 正 會 員 : 仁荷大學校 電子·電氣工學科 教授
E-mail : bhlee@inha.ac.kr

^{*} 學生會員 : 仁荷大學校 電氣工學科 碩士過程

^{**} 正 會 員 : 仁荷大學校 電氣工學科 博士過程

^{***} 正 會 員 : 한국소방안전협회 선임연구원

接受日字 : 2006年 2月 15日

最終完了 : 2006年 3月 9日

인가한 8/20 μ s 임펄스전류의 크기에 따른 파괴되기까지의 인가횟수 및 파괴에 이르기까지의 흡수에너지 등에 대하여 평가하고 검토하였다.

2. 실험

2.1 실험계의 구성

본 논문에서는 뇌서지의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 전기적 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 임펄스발생장치를 이용한 제한전압특성과 상용 주파 전압에 대한 저항성 누설전류를 측정하였다. 임펄스전류발생장치 ECAT (Expert Computer-Aided Testing)에서 발생한 1.2/50 μ s 임펄스전압을 시료에 인가하여 절연파괴 또는 SPD가 동작하게 되면 이때 흐르는 임펄스전류는 8/20 μ s 임펄스전류 파형으로 된다. 즉, 뇌서지 전압이 인가된 때 SPD가 동작하게 되면 뇌서지 전류로 변환됨으로써 실제의 뇌서지가 미치는 피해와 매우 흡사한 효과를 얻을 수 있다.

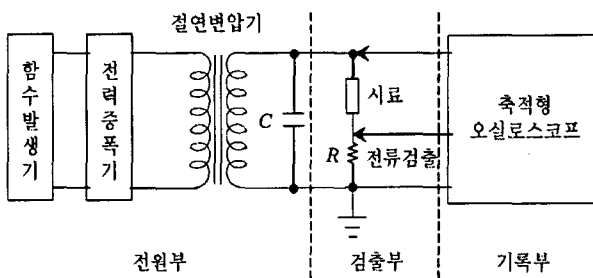


그림 1. ZnO 바리스터의 누설전류측정을 위한 실험회로
 Fig. 1. Test circuit for measuring the leakage current of ZnO varistor

60 Hz 상용 주파 전압에 대한 누설전류를 측정실험에 일반 전원선의 전압을 적용하면 전압변동에 따른 영향이 포함될 수 있으므로 그림 1에 나타난 바와 같이 함수발생기를 이용하는 정전압 실험회로를 구성하였다. 함수발생기의 출력전압은 전력증폭기를 통하여 증폭되며, 그리고 전력증폭기의 출력전압을 전압비가 일정한 변압기에 인가하여 시험전압을 최대 1 [kV_p]까지 출력시켜 사용하였다. 변압기출력 측에 노이즈 제거용으로 커패시터 C를 병렬로 접속시켰으며, 누설전류검출용 저항 R을 접지측에 설치하였다.

2.2 측정방법

최근 전원선 뇌서지보호용으로 많이 사용되고 있는 상용의 ZnO바리스터를 사용하였으며, 이의 동작계시전압은 430 [V], 임펄스전압에 대한 제한전압은 1 [kV]이다. 뇌서지의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 전기적 수명에 미치는 영향을 분석하기 위하여 서지시뮬레이션 시스템 ECAT를 이용하여 시료 ZnO바리스터에 8/20 μ s 임펄스전류를 인가하였다. ECAT시스템의 소프트웨어를 이용하여 컴퓨터로 8/20 μ s 임펄스전류의 크기, 극성, 인가시간간격을 실험조건에 따

라 설정할 수 있다.

또한 실제 뇌서지차단용 소자로 사용되고 있는 ZnO바리스터에는 다양한 크기의 뇌서지가 인가되므로 이를 모의하기 위하여 크기가 1.5~4.5 [kA_p] 크기의 8/20 μ s 임펄스전류를 각각 선정된 시료 바리스터 4개에 인가하였다. 정상 시료에 2 [kA_p]보다 작은 임펄스전류를 100회 이상 인가하여도 누설전류의 크기는 거의 변화가 없었으며, 인가하는 임펄스전류의 크기가 작을수록 소자가 파괴되는데 소요되는 인가횟수가 증가하는 반면, 6 [kA_p]와 같이 큰 전류를 인가하면 단 한 번에 바리스터가 파괴될 수 있기 때문에 본 실험에서는 주로 1.5~4.5 [kA_p]범위내의 8/20 μ s 임펄스전류를 인가하여 실험을 수행하였다. 그리고 임펄스전류는 3분의 간격으로 인가한 후 상용 주파 220 [V] 전압에 의한 누설전류와 손실전력을 측정하였다.

서지전압의 인가와 제한전압의 측정은 KS C IEC 61643-1규격의 저압 배전계통의 서지보호장치의 성능 및 시험방법에 따라 수행하였다.[6] 바리스터 단자전압은 고전압 차동프로브 (BW 25 [MHz], 감쇠율 1/1000, 최대입력 AC 4.4 [kV])로 측정하였으며, 누설전류는 검출용 저항 R의 단자전압을 능동형 FET 프로브 (BW 1 [MHz], 감쇠율 1/10, 최대전압 \pm 15 [V])로 측정하였으며, 고전압 차동프로브와 능동형 FET프로브로 측정된 파형은 디지털 오실로스코프 (BW 500[MHz], 2.5 [GS/s] 2채널)로 관측하였다. 검출용 저항 R에 의하여 측정된 총 누설전류로부터 오실로스코프의 커서(Cursor)기능을 이용하여 용량성 누설전류와 저항성 누설전류를 산출한 다음 임펄스전류의 인가횟수와 누설전류, 인가전압과 누설전류의 상호관계를 조사하였다. 또한 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 인가전압과 누설전류의 곱으로 손실전력을 산출하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 임펄스전류에 대한 바리스터의 동작특성

본 연구에서 사용한 시료 ZnO바리스터의 임펄스전압에 대한 제한전압을 측정하였으며, ZnO바리스터의 제한전압과 방전전류의 파형의 예를 그림 2에 나타내었다.

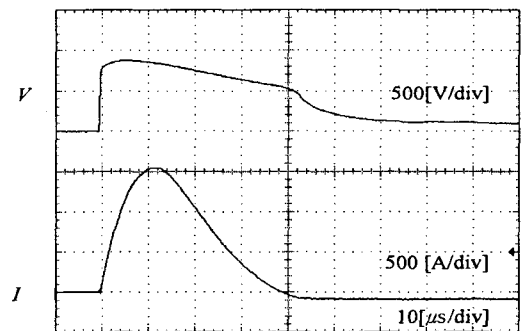


그림 2. ZnO 바리스터 소자의 제한전압과 방전전류 파형
 Fig. 2. Waveforms of limiting voltage and discharge current of ZnO varistor

그림 2에서 방전전류와 제한전압의 곱이 전력이 되고 전력을 시간에 대해 적분하여 ZnO바리스터에 흡수된 에너지를 구할 수 있다. 즉, 인가한 임펄스전류가 바리스터에 흡수되는 에너지는 식 (1)과 같이 전력의 시간에 대한 적분으로 표현할 수 있다.

$$w = \int_0^{\infty} v i dt \quad [J] \quad (1)$$

여기서 v 는 제한전압, i 는 방전전류, w 는 인가 에너지이다.[7]

크기가 1.5~4.5 [kA_p]인 8/20μs 임펄스전류를 ZnO바리스터에 인가하였을 때 바리스터의 제한전압과 흡수에너지에 대한 측정 결과를 그림 3에 나타내었다. ZnO바리스터의 방전전류가 증가함에 따라 제한전압은 약간 상승하였다. 이는 ZnO바리스터의 입계층의 전위장벽이 일정하게 유지되지 않으며, 비교적 비선형성이 낮기 때문인 것으로 볼 수 있다. 8/20μs 임펄스전류의 크기에 대한 제한전압이 일정하지 않으므로 임펄스전류에 의해 ZnO바리스터에 공급되는 에너지가 전류의 크기에 정비례하지는 않으며, 임펄스전류의 크기가 제한전압이 약간 증가함에 따라 더욱 많은 에너지가 공급되므로 성능저하는 보다 급속하게 나타나게 된다.

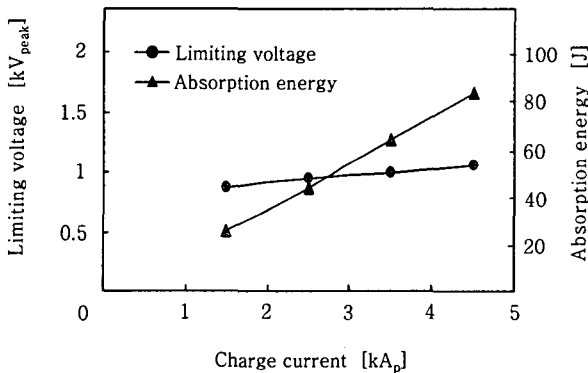


그림 3. 8/20μs 임펄스전류에 대한 제한전압과 흡수에너지
Fig. 3. Limiting voltage and absorption energy against 8/20μs impulse current

ZnO바리스터의 특성에 미치는 영향은 에너지에 의한 온도상승효과가 지배적이므로 전류의 크기보다는 에너지의 양으로 평가하는 것이 효과적이다. 따라서 임펄스전류의 크기를 변수로 하기 보다는 임펄스전류의 크기와 인가횟수 즉, 에너지적인 관점에서 분석하였다.

서지보호장치는 운전전압에서는 절연체로 작용하여 거의 누설전류가 흐르지 않으며 제한전압보다 높은 서지전압이 인가되면 도통상태로 되어 서지전압을 제한하여 침입한 뇌서지로부터 부하를 보호하는 역할을 한다. 서지보호장치 소자로 사용되는 ZnO바리스터에 전압이 인가되어 1 [mA_p]의 전류가 흐르는 조건을 규정도통상태(nominal conduction condition)라고 하며, 정상운전상태의 전압에서 서지보호장치 소자에는 1 [mA_p] 이상의 전류가 흐르면 안 된다. 상온에서

임펄스전류가 인가된 바리스터에 상용 주파 전압 220 [V] 전압을 인가하여 바리스터에 1 [mA_p]의 저항성 누설전류가 흐를 경우 즉, 운전전압에서 도통상태로 되어 수명이 끝난 것으로 판단하게 된다. 220 [V] 전압을 인가하여 바리스터에 1 [mA_p]의 저항성 누설전류가 흐른 임펄스전류의 크기와 임펄스전류 인가횟수의 관계를 그림 4에서 나타내었다.

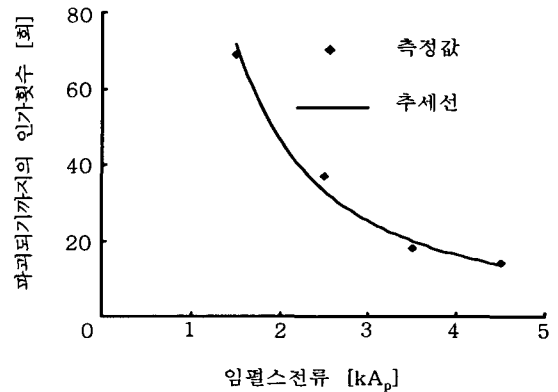


그림 4. 임펄스전류의 크기와 파괴되기까지의 인가횟수
Fig. 4. Number of injection to breakdown as a function of amplitude of impulse current

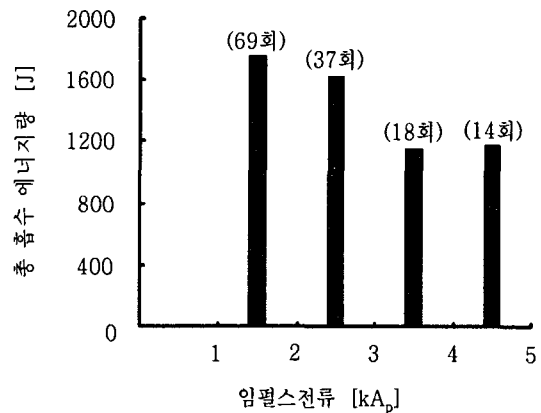


그림 5. 파괴되기까지 임펄스전류의 크기별 총 흡수에너지
Fig. 5. Total absorption energy to breakdown by the amplitude of impulse current

이 때 임펄스전류의 크기에 따른 ZnO바리스터가 파괴되기까지의 인가횟수의 관계를 임펄스전류의 인가횟수를 y , 임펄스전류의 크기를 x 라고 하여 산출한 그래프를 그림 4에 나타내었으며, 추세선방정식을 다음의 식 (2)과 같다.

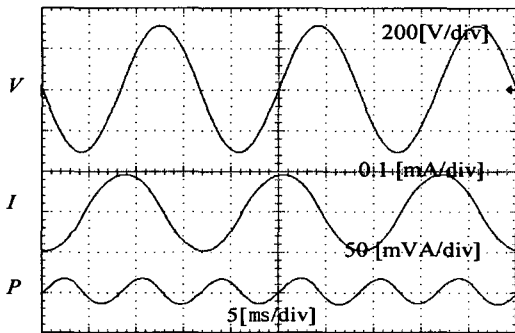
$$y = 131.94x^{-1.5} \quad (2)$$

뇌서지가 한 번도 인가되지 않은 정상 ZnO바리스터에 상용 주파 전압 220 [V]를 인가하면 주로 미세한 용량성 누설전류가 흐르지만 그림 4의 결과와 같이 바리스터에 인가하

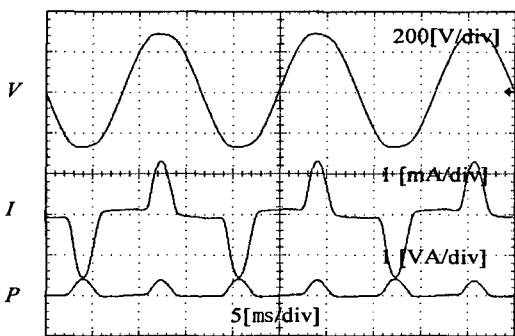
는 임펄스전류의 크기가 커짐에 따라 파괴되기까지의 인가 횟수는 지수함수적으로 감소함을 알 수 있다. 이 결과로부터 임펄스전류의 크기에 따른 ZnO바리스터의 수명에 관련된 차단할 수 있는 서지전압의 수를 산출할 수 있다. 또한 상용 주파 전압 220 [V]를 ZnO바리스터에 인가할 때 저항성 누설전류가 1 [mA_p] 흐르게 될 때까지 임펄스전류를 인가하였을 경우 ZnO바리스터에 흡수된 총 에너지와 임펄스전류 크기의 관계를 그림 5에 나타내었으며, 그래프 상단의 숫자는 파괴되기까지의 임펄스전류의 인가횟수이다. 그림 5에서와 같이 ZnO바리스터가 파괴되기까지 인가한 임펄스전류의 크기가 클수록 ZnO바리스터에 흡수된 전체 에너지는 오히려 적어진다. 즉, ZnO바리스터의 성능저하는 바리스터에 흡수된 총 서지에너지보다 서지전류의 크기가 크게 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.[8]

3.2 정상소자와 서지를 인가한 소자의 누설전류

본 연구의 실험에 사용한 시료 바리스터의 동작개시전압은 430 [V]이며, 상용 주파 전압 220 [V](피크전압 311 [V_p])를 시료 바리스터에 인가하였을 경우의 인가전압, 누설전류와 손실 전력 파형의 예를 그림 6에 나타내었다.



(a) 정상 소자인 경우



(b) 18회 인가하였을 경우

그림 6. 대표적인 인가전압, 누설전류와 전력 파형

Fig. 6. Typical waveforms of the applied voltage, leakage current flowing through ZnO varistor and power

그림 6(a)에서 정상 시료(서지를 인가하지 않은 시료)일 경우, 총 누설전류가 인가전압보다 위상이 거의 90도 앞선 것을 알 수 있다. 이는 ZnO바리스터의 전기적 특성에 대한 모델등가회로를 적용하여 설명할 수 있다. ZnO바리스터의 개략적인 등가회로는 커패시터와 비선형저항의 병렬회로로 표현된다.[4] 그러므로 ZnO바리스터 소자에 흐르는 누설전류는 식 (3)과 같이 인가전압보다 위상이 90도 앞선 정현파인 용량성 누설전류와 동위상이며, 비정현파인 저항성 누설전류의 합으로 이루어진다. 동작개시전압 이하에서 ZnO바리스터는 저항이 대단히 크므로 누설전류는 대부분 용량성이며, 인가전압보다 위상이 거의 90도 앞선다.[3,9]

$$\dot{I}_l = I_r + jI_c \tag{3}$$

그림 6(b)은 시료 바리스터에 8/20μs, 4.5 [kA_p] 임펄스전류를 18회 인가한 시료에 상용 주파 전압 220 [V]를 인가하였을 때 흐른 누설전류의 파형을 나타내었다.

ZnO바리스터에 흐르는 저항성 누설전류는 인가전압의 피크치 부근에서만 흐르며, 뇌서지 인가 후 인가전압 크기가 미소한 변동을 일으킴에 따라서도 저항성 누설전류가 현저하게 증가하며 비대칭적으로 나타났다. 이는 ZnO바리스터의 입계층에서 각각의 전위장벽이 독립적으로 변화되기 때문이다. 임펄스전류가 흐르는 동안 역바이어스와 순바이어스의 전위장벽의 높이는 변화한다. 전위장벽 높이의 변화는 금속 이온의 분포의 변화와 경계면인 Bi2O3입계층에서의 산소이온 수의 감소에 영향을 미치게 된다.

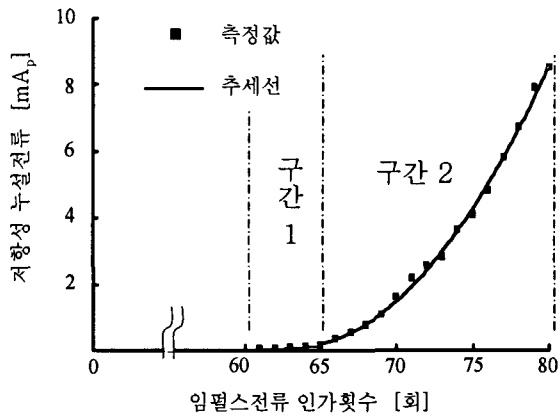
또한 임펄스전류가 인가되면 여러 입계층의 접점으로부터 나온 산소 이온이 입계층에서 전계의 정극성 방향으로 이동함에 따라 이질 접합의 산소량이 감소하게 된다. 이 때 산소이온과 Zn이온의 이동과 더불어, 다른 불순물 이온(Sb, Co, Mn, Cr)들도 쉽게 이동하고, 결정경계면에서 이온 이동의 가능성은 산화아연 결정립(grain) 부분에서보다 높게 나타난다. 이러한 이온 이동은 공간전하의 분배와 변화를 일으키는 입계층의 소모, 전위장벽의 감소에 영향을 주게 된다. 특히 순바이어스상태에서 전위장벽 근처에서 산소량의 감소는 역바이어스된 전위장벽 근처에서 보다 잘 일어나므로 역방향으로의 전위장벽 높이의 변화가 순방향보다 더 잘 일어난다. 따라서 역방향으로 흐르는 누설전류는 순방향으로 흐르는 값보다 많게 되는 것이다. [10]

3.3 임펄스전류의 인가횟수와 저항성 누설전류크기 사이의 상호관계에 대한 해석

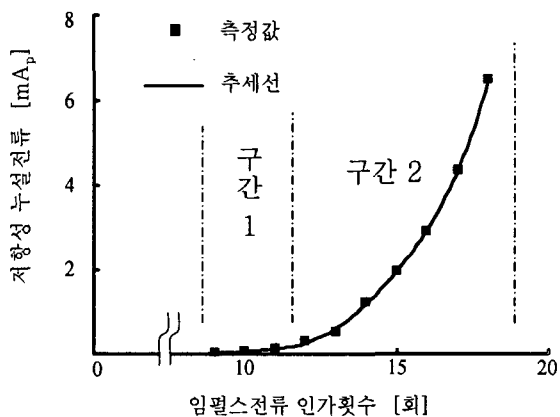
임펄스전류에 의한 ZnO바리스터의 동작특성에 대한 실험 결과에서 알 수 있는 바와 같이 시료 바리스터에 어느 일정 횟수의 뇌서지가 인가된 후 저항성 누설전류가 급격히 증가하면서 결국에는 도통상태에 이르게 되어 보호하고자 하는 회로를 단락시켜 차단기가 동작하면서 정전되거나 ZnO바리스터가 소손된다. ZnO바리스터의 성능이 저하되면 동작개시전압이 낮아지므로 저항성 누설전류가 많이 흐르므로 저항성 누설전류는 ZnO바리스터의 열화의 주요 요인으로 작용한다.

본 연구에 사용한 시료 바리스터에 8/20μs 임펄스전류를

크기 별로 인가시켰을 때 임펄스전류의 크기에 따른 상용 주파 교류전압 220 [V]에 대한 저항성 누설전류의 크기와 임펄스전류 인가횟수의 상호 관계를 나타내는 측정결과와 추세선의 그래프를 그림 7에 나타내었다.



(a) 1.5 [kAp]



(b) 4.5 [kAp]

그림 7. 임펄스전류 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 측정결과와 추세선

Fig. 7. Measured results and trend curve of resistive leakage current according to the number of injection of impulse currents.

1.5 [kAp], 8/20μs 임펄스전류의 인가횟수에 따른 상용 주파 전압 220 [V]에 대한 저항성 누설전류의 측정결과와 추세선을 그림 7(a)에 나타내었다. 1.5 [kAp]의 임펄스전류를 60회까지 인가하였을 경우, 저항성 누설전류는 거의 흐르지 않았지만 61회 인가한 이후부터는 저항성 누설전류가 급속히 증가하여 80회 인가하였을 경우 소자가 파괴되었으므로 임펄스전류 인가횟수를 변수 x , 저항성 누설전류를 변수 y 라 하고, x 을 미소한 전도가 이루어진 [61, 65]인 구간과 지수함수적으로 증가하는 [65, 80]인 구간으로 나누어 y 와 x 의 함수관계식을 식 (4)과 (5)로 나타내었다.

구간 1 (추세선):

$$y_1 = 3.1429x^2 - 3643.5x + 10777 \quad (4)$$

구간 2 (추세선):

$$y_2 = 30.033x^2 - 3795.6x + 120019 \quad (5)$$

또한 4.5 [kAp], 8/20μs 임펄스전류의 인가에 따른 상용 주파 전압 220 [V]에 대한 저항성 누설전류의 측정결과와 추세선을 그림 7(b)에 나타내었다. 4.5 [kAp] 크기의 임펄스전류를 9회까지 인가하였을 경우, 저항성 누설전류는 거의 흐르지 않았지만 10회 인가한 후부터는 저항성 누설전류가 급속히 증가하여 19회 인가하였을 때 소자가 파괴되었으므로 임펄스전류 인가횟수를 변수 x , 저항성 누설전류를 변수 y 라 하고, x 를 [9, 11]인 구간과 [12, 18]인 구간으로 나누어 y 와 x 의 함수관계식을 식 (6)과 (7)로 나타내었다.

구간 1 (추세선):

$$y_1 = 27x^2 - 487x + 2226 \quad (6)$$

구간 2 (추세선):

$$y_2 = 0.6692x^5 - 44.398x^4 + 1171.5x^3 - 15259x^2 + 97861x - 246959 \quad (7)$$

ZnO바리스터에 인가되는 임펄스전류가 클수록 소자가 더 빨리 파괴되므로 임펄스전류의 크기에 따라 추세선의 함수식도 다르게 나타났다. 1.5 [kAp], 8/20μs 임펄스전류가 인가된 ZnO바리스터의 임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 증가는 대체로 2차항 근사식으로 표현되었다. 그러나 4.5 [kAp], 8/20μs 임펄스전류가 인가된 경우는 구간 2에서 임펄스전류의 인가횟수에 따른 저항성 누설전류의 증가는 대체로 5차항 근사식으로 표현되어 임펄스전류의 크기에 따른 바리스터의 열화가 급속하게 진행됨을 알 수 있다. 특히 ZnO바리스터가 서지전압을 차단할 수 있는 횟수는 서지전류의 크기에 의존하게 되며, 서지보호기에 서지의 차단 횟수를 계수하는 카운터를 적용하면 적절한 교체시기를 예측할 수 있어 뇌서지에 의한 피해의 보호에 대한 신뢰성을 향상시킬 수가 있다.

4. 결 론

저압 ZnO바리스터는 제한전압이 낮고 비선형성이 매우 우수하여 운전 상태에서는 거의 누설전류가 흐르지 않으므로 전원선용 서지보호기 소자로 많이 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 뇌서지의 크기와 인가횟수가 ZnO바리스터의 전기적 수명에 미치는 영향에 대하여 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) ZnO바리스터에 인가한 임펄스전류의 크기에 따라 일정횟수 이상의 뇌서지전류가 입사되면 저항성 누설전류가 급격히 증가하였다.

(2) ZnO바리스터가 서지전압을 차단할 수 있는 횟수는 서지전류의 크기에 반비례하며, 인가임펄스전류의 크기와 차단할 수 있는 횟수에 대한 추세선 방정식을 이용하여 ZnO

바리스터의 전기적 수명을 추정할 수 있다.

(3) 뇌서지에 의한 ZnO바리스터의 수명은 흡수된 전체 서지에너지보다 서지전류의 크기에 더욱 기인되므로 서지차 단횡수뿐만 아니라 뇌서지전류의 크기를 고려하여 평가하는 것이 바람직하다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구 센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

참 고 문 헌

[1] R. B. Standler, Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, Inc., pp.123-155, 1989.

[2] 이복희 · 이승철, 정보통신설비의 뇌보호, 인하대학교 출판부, pp.11-67, 2004.

[3] 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.

[4] Bok-Hee Lee and Sung-Man Kang, "A new on-line leakage current monitoring system of ZnO Surge Arresters", J. Materials Science & Engineering B, vol.119, pp.13-18, 2005.

[5] Y. Fujiwara, Y. Shibuya, M. Imatake, and T. Nitta, "Evaluation of Surge Degradation of Metal Oxide Surge Arrester", IEEE Trans., vol. PAS-101, no.4, pp.978-985, 1982.

[6] 한국산업규격, KS C IEC 61643-1, 저압 배전계통의 서지보호장치, 제1부 성능 및 시험방법, 한국표준협회, pp.20-35, 2003.

[7] L. R. Tumma, "The Effects of Multiple Impulse Currents on ZnO Oxide Arresters", Doctorial dissertation, University of Queensland, pp.50-55, 1994.

[8] 이 봉, 이복희. "8/20 μ s 임펄스전류의 크기와 인가횡수가 ZnO바리스터의 수명에 미치는 영향", 2005년 조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, pp. 275-279, 2005.

[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.

저 자 소 개



이 복 희 (李 福 熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기공학부 교수. 한국조명전기설비학회 부회장, 당학회 학술이사, Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822 E-mail : bhlee@inha.ac.kr



이 봉 (李 峰)

1978년 9월 5일생, 2001년 7월 중국 하얼빈이공대학교전기공학과 졸업, 현재 인하대 대학원 전기공학과 석사과정. Tel : 032-860-7398, Fax : 032-860-7398, e-mail : lifeng197895@hanmail.net



이 수 봉 (李 守 偉)

1979년 4월 13일생, 2002년 2월 경남대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel : 032-860-8847, Fax : 032-860-7398 e-mail : lsbong1@hanmail.net



강 성 만 (姜 成 萬)

1973년 4월 6일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한국소방안전협회 선임연구원. Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822 e-mail : arrestor@kfsa.or.kr