

응답시간특성을 고려한 가스어레스터 모델

박 영 호*, 송 재 용, 길 경 석
한국해양대학교 전기공학과

A Gas Arrester Model Considering the Response Time Characteristics

Y. H. Park*, J. Y. Song, G. S. Kil,
Dept. of Electrical Engineering, Korea Maritime University

Abstract

The process of designing protective circuits for signal lines usually consists of a time-consuming trial-and-error procedure, which also requires expensive equipment. However, computer simulation can drastically reduce the costs and time of design procedures based on experimental validation.

In this study a gas arrester Pspice-model considering the response time characteristics is presented. The effects of various waveforms on the transient behaviors and firing voltages of a gas arrester were modeled by controlled voltage source E and TABLE function of PSpice, respectively.

To estimate the characteristics of the gas arrester model proposed, three different voltage waveforms were used in the simulation and the measurement. The results of the computer simulation are in good agreement with the results of the experimental analysis.

1. 서론

과도이상전압으로부터 전자회로를 보호하기 위하여 가장 효과적이고 경제적인 방법은 과도이상 전압의 침입경로에 비선형 저항소자를 설치하여 과도이상전압을 피보호기기의 절연레벨이하로 억제하는 것이다⁽¹⁾.

과도이상전압 보호회로는 단지 몇 개의 소자만을 사용하여 2~3단으로 구성되지만 삽입손실과 신호왜곡 등 2차적인 장애를 발생시킬 수 있다. 따라서 한 가지 형태의 보호회로개발을 위해서도 반복적인 실험이 요구되므로 많은 시간과 경제적 낭비가 따른다. 다행히 현재는 고성능 PC를 이용한 모의실험이 활발히 이루어져 연구개발기간의 단축과 정확한 회로개발에 큰 도움을 주고 있다. 그 중에서도 PSpice는 회로망해석에 가장 널리 이용되는 소프트웨어로 시뮬레이션에 필요한 소자의 모델만 있으면 대단히 강력하고 유용하다⁽²⁾. PSpice 모델은 소자의 전기적 특성으로부터 모델링이 가능하며, 유사 소자에 대해서는 회로의 일부분만을 수정하면 적용이 가능한 장점을 가지고 있다. 그러나 PSpice는 현재까지 바리스터, 가스어레스터 등 비선형소자의 내장모델이 없어 회로해석에 많

은 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 비선형 보호회로 개발을 위한 산화아연바리스터의 모델링에 계속하여⁽³⁾, 안테나 및 신호·통신회로의 주 보호소자로 이용되는 가스어레스터의 PSpice모델을 구현하였다. 본 모델은 가스어레스터의 방전개시전압이 인가되는 파형의 전압상승률(dV/dt)에 따라 달라지므로⁽⁴⁾, 가스어레스터의 과도이상전압에 대한 응답시간특성을 고려하여 직류에서 수 kV/ μ s 파형까지 적용될 수 있도록 모델을 고안하였다.

제안된 가스어레스터모델은 써-지발생장치를 이용한 측정값과 비교하여 만족한 결과를 얻었다.

2. 가스어레스터의 모델링

(1) 가스어레스터의 특성

가스어레스터는 대단히 적은 정전용량(1~3pF)을 갖는 전압제어 스위치의 동작으로 표현할 수 있다. 그림 1에 가스어레스터 보호동작에 대한 4가지 과도영역을 나타내었다. 방전개시전압 이하의 A 영역에서 가스어레스터는 극히 적은 용량의 캐패시턴스로만 동작한다. B영역은 소자 모델링에 있어 가장 어려운 부분으로 가스어레스터 양단전압이

방전개시전압 이상으로 되면 양전극 사이에는 방전이 개시되어, 아주 짧은 시간내에 글로우방전에 서 아-크방전영역으로 이행하여, 가스어레스터 양단에는 C영역에서 나타나는 바와 같이 일정한 아-크전압(약 15V)을 유지한다. 이 상태에서 가스어레스터의 방전유지전류(약 100mA)이하가 되면 아-크방전이 종료되고 다시 A영역의 정상상태로 되돌아온다.

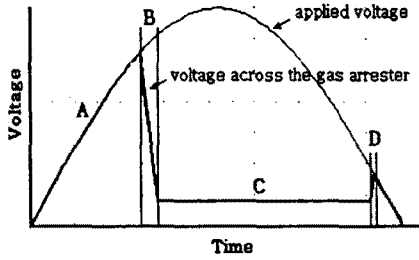


그림 1 가스어레스터의 동작특성

이와 같은 가스어레스터의 전기적특성을 PSpice 모델링이 가능하도록 등가화하면 그림 2와 같다.

각 영역에서의 동작은 PSpice의 제어전압원 E를 이용하여, 가스어레스터 양전극 g1과 g2사이에 걸리는 전압이 방전개시전압 이하이면 이때 E의 출력전압은 외부에서 인가된 전압을 따르고, 방전개시전압이상이 되면 E의 출력전압은 급격히 감소하여 0이 되면서 영역 C의 아-크전압(V_{arc})을 유지한다.



그림 2 가스어레스터의 기본 등가 모델

이 때 흐르는 전류가 유지전류 이하가 되면 영역 A의 초기상태로 돌아가도록 한 것이다. 이와 같은 제어전압원 E의 제어값은 PSpice의 LIMIT함수를 사용하여 $VALLE=(LIMIT(V(G1,G2)-1E5*LIMIT(I(V)-I_h,0,I(V)), 0, V_{brk}-V_{arc}))$ 로 하면 각 영역에 해당하는 전기적 특성을 표현할 수 있다. 그러나 본 모델은 그림 3에서와 같이 각 영역이 너무나 안정적으로 구분되며, 특히 방전개시후 A영역에서 B영역으로의 이행동작이 너무 급격하여 실제 가스어레스터의 동작과는 다소 차이가 있게 된다. 따라서 본 모델에 인덕턴스 L을 삽입하면 B영역의 특성을 완전하게 모의할 수 있다. 지금까지 완성된 모델은 가스어레스터 양단에 인가되는 파형의 전압상승률에 관계없이 일정한 방전개시전압을 나타낸다.

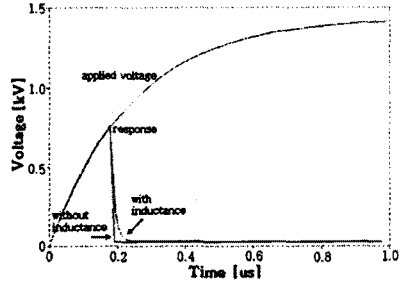


그림 3 1.2/50 μ s 전압파형에 대한 모델의 동작특성

(2) 전압상승률을 고려한 가스어레스터 모델

가스어레스터는 인가되는 파형의 전압상승률이 클수록 방전개시전압이 높아진다. 따라서 회로에 발생가능한 다양한 종류의 과도이상전압에 대해서 만족한 모델을 얻기 위해서는 가스어레스터 양단에 인가되는 과도이상전압의 전압상승률에 따른 방전개시전압으로 수정할 필요가 있다. 이 경우는 그림 4에 나타난 가스어레스터의 최종모델과 같이 가스어레스터 양단의 전압에 비례하여 전류로 변환하는 1:1 전압/전류변환기(V/I)를 적용하고, 이 전류를 인덕턴스 L에 흘려줌으로써 인덕턴스에는 전압의 1계미분에 비례하는 전압, 즉 dV/dt 가 구해진다. 이 값을 PSpice TABLE함수를 이용하여 이미 설계된 기본 모델의 방전개시전압 (V_{brk})에 입력하면 인가된 파형의 전압상승률에 따른 방전개시전압으로 수정되어 인가파형에 대한 정확한 가스어레스터의 동작을 구현할 수 있다. 이 모델은 인가되는 파형의 종류마다 회로의 동작조건을 수정하지 않아도 신호/통신선로에 발생가능한 모든 파형에 대해 가스어레스터의 동작특성을 정확히 모의할 수 있다.

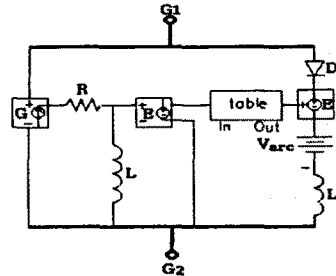
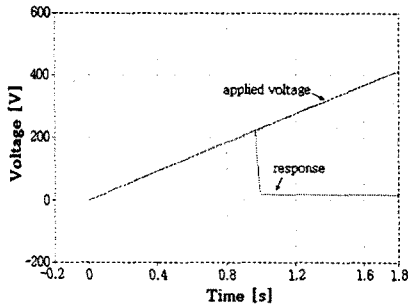


그림 4 V-I 특성을 고려한 가스어레스터 모델

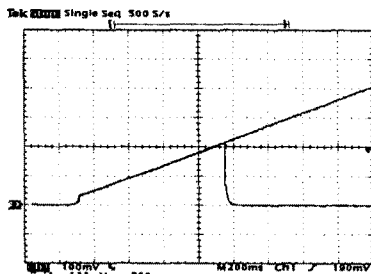
3. 평가 및 분석

본 연구에서 구현한 가스어레스터 모델의 보호 동작을 평가하기 위하여 써-지발생장치로부터 200V/s, 1.2/50 μ s 1kV, 1kV/ μ s 전압파형을 적용하였

다. 비교·평가에 사용된 가스어레스터는 JOSLYN 2031-23(DC V_{brk} 230 V)으로 각 파형에 대한 모의 및 측정결과를 그림 5에서 그림 7에 나타내었다.

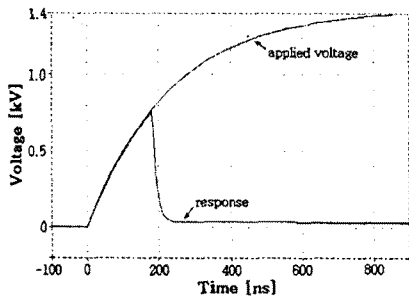


(a) 시뮬레이션결과

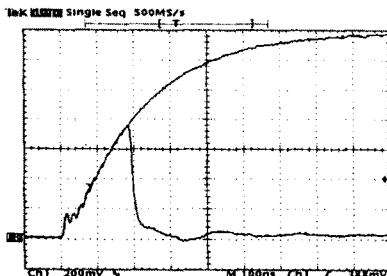


(b) 측정값

그림 5 200V/s 전압파형에 대한 평가

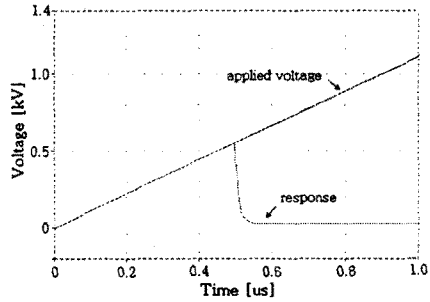


(a) 시뮬레이션결과

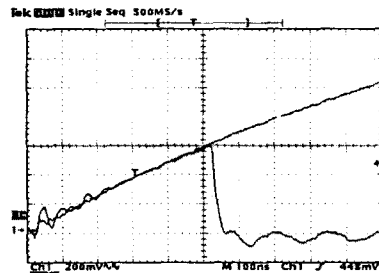


(b) 측정값

그림 6 1.2/50µs 1kV 전압파형에 대한 평가



(a) 시뮬레이션결과



(b) 측정값

그림 7 1kV/µs 전압파형에 대한 평가

4. 결론

본 연구에서는 PSpice제어전압원을 이용한 가스어레스터의 모델을 제안하였다. 특히 가스어레스터 양단에 인가되는 파형의 전압상승률에 따른 가스어레스터의 응답특성을 정확히 구현하기 위하여 제안한 기본 모델에 V/I변환기, 미분회로, 그리고 TABLE 함수를 부가하였다. 최종적으로 제안된 모델은 써-지발생장치로부터의 다양한 파형을 적용하여 얻어진 실제의 측정값과 비교·평가되었으며, 그 결과가 상호 잘 일치함으로써 모델의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 제안한 가스어레스터와 산화아연형 바리스터의 모델은 과도이상전압에 대한 비선형 보호회로개발에 활용도가 높으리라 기대된다.

[References]

- [1] William V. Jackson et. al, "Testing and Selection Surge Suppressors for Low-Voltage AC Circuits." IEEE Trans. on Industry Application, Vol. 26, No. 6, Dec. 1990.
- [2] The Design Center PSpice Version 7.1, MicroSim Co., California 92618, Oct. 1996
- [3] 길경석 외, "PSpice시뮬레이션을 위한 바리스터의 모델링", 97 방전 및 고전압연구회 춘계학술발표회 논문집, pp. 202~205, 1997. 5
- [4] Ronald B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & sons, pp. 117~126, 1988