

소형퓨즈의 DC용단특성 성능평가기술 및 설비 개발

김근용, 박남옥, 박성훈  
한국전기연구원

Development of performance testing technique and equipments  
for the DC T/C characteristics of miniature fuses

KIM, Geun-Yong, PARK Nam-Ok, PARK, Sung-Hun  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - 최근 안전인증 기술기준의 국제규격(IEC) 부합화에 따라 소형 퓨즈의 DC 시간/전류 특성(DC Time/Current characteristic, 이하 DC 용단 특성)에 대한 시험이 중요한 성능평가항목으로 부각되고 있다. 특히 DC 용단특성을 시험하기 위해서는 규격에 적합한 DC 발생기 및 DC 용단시간도 정확하게 측정할 수 있는 시스템이 구축되어야 하므로, 그 성능평가설비 또한 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 안전기준 및 IEC 국제규격을 분석하고, 분석된 규격을 토대로 성능평가설비를 설계하여 국제적 수준의 시험기관 위상에 걸맞은 성능평가기술 기반을 구축하였다. 구축된 설비 및 개발된 성능평가기술은 향후 시험평가기술의 국제화에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

1. 서 론

퓨즈(fuse)는 주로 전기회로를 보호하기 위한 목적으로 전기 시스템에 삽입되며, 이상 전류(fault currents)에 의한 발열에 의해 퓨즈 가용체(fuse-element)가 용단되어 이상 전류를 차단해주는 과전류 보호 장치이다. 그 원리는 다음과 같다. 일반적으로 용점(melting point)이 낮은 금속을 가용체로 이용하여, 정상전류 통전 시에는 가용체에서 줄(joule)열에 의한 발열이 발생되더라도 주위환경과의 열적 평형상태를 유지하도록 하고, 이상전류 시에는 주위환경으로 방출되는 열보다 발생하는 열이 커지므로 가용체에서 연화-용융(軟化-溶融)의 과정을 통하여 전류를 차단하고 아크를 소멸시켜 회로를 차단하게 된다.

퓨즈 특성 및 사용 환경에 따라 소형퓨즈(miniature fuses), 저압퓨즈(low-voltage fuses), 고압퓨즈(high-voltage fuses) 등으로 나눌 수 있다. 특히 소형퓨즈는 가전제품, 전자장비 및 부품 등을 보호하기 위해 사용되는 퓨즈로 통상 실내용이다.

퓨즈가 회로차단기(circuit-breaker)와 비교하여 가지는 장점으로는 아래와 같다.

- ◎ 넉넉한 차단능력(breaking capacity)을 갖고 있다.
  - 퓨즈는 정확하게 이상레벨(fault-level)을 계산할 필요가 없으며, 열악한 환경에서도 높은 이상 전류를 안전하게 차단한다.
- ◎ 동작의 안전하다.
  - 모래가 충전된 퓨즈는 빨리 용단되고, 아킹(arc)은 카트리지(cartridge) 안에서 안전하게 제한된다.
- ◎ 작동 후 안전하게 교체할 수 있다.
  - 퓨즈가 작동하면, 새 퓨즈로 교체가 가능하고, 시스템 보호기능은 다시 원래 상태로 회복하게 된다.
- ◎ 주위 온도에 민감하지 않다.
  - 퓨즈의 동작특성은 비교적 주위 온도에 민감하지 않아서, 밀폐된 패널(panel) 내부에 설치해도 우려할 것이 없다.
- ◎ 선로 분리(circuit isolation)가 보장된다.
  - 퓨즈를 홀더에서 빼내거나 퓨즈를 개방하면 효과적인 분리가 이루어지기 때문에 하위(downstream)선로에서 작업하는 사람들에게 안전하다.

2. 규격 및 성능평가기술 개발

2.1 소형퓨즈 규격

현재 국내 안전인증관리법에 따른 소형퓨즈의 안전기준은 국제 규격인 IEC규격에 부합화 되어 있으며, 안전기준 및 IEC 규격명은 아래와 같다.

- (1) 안전기준
  - ◎ K 60127-1 : 소형퓨즈 제 1 부
    - 소형퓨즈의 정의 및 소형 퓨즈링크의 일반 요구사항
  - ◎ K 60127-2 : 소형퓨즈 제 2 부 - 통형 퓨즈링크
  - ◎ K 60127-3 : 소형퓨즈 제 3 부 - 초소형 퓨즈링크
- (2) IEC 규격
  - ◎ IEC 60127-1 : Miniature fuses - Part 1 Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links
  - ◎ IEC 60127-2 : Miniature fuses - Part 2 Cartridge fuse-links
  - ◎ IEC 60127-3 : Miniature fuses - Part 3 Sub-miniature fuse-links

(3) 적용범위

일반적으로 옥내에서 사용되도록 설계된 전기 기구, 전자 장비 및 그 부품을 보호하기 위한 소형퓨즈에 적용하며 부식성, 폭발성 환경과 같은 특별한 상황 하에서 사용되도록 설계된 기구에는 적용되지 않는다.

(4) 목적

1) 기구 또는 그 부품들을 가장 적합한 방법으로 보호하기 위한 소형퓨즈의 일반 요구사항을 확립한다.

2) 전기 기구 및 전자 장비의 설계자에게 지침을 제공하고, 비슷한 크기와 특성을 가지는 퓨즈링크로 교체 시 호환성을 보증하기 위한 퓨즈의 성능을 정의한다.

(5) 시험 방법을 규정한다.

4) 퓨즈홀더 사용 시 규정된 허용 전력의 적합성을 보증하기 위한 퓨즈링크의 최대 지속 손실을 정의하기 위함이다.

(5) 주요용어의 정의

1) 퓨즈(fuse) : 전류가 충분한 시간 동안 주어진 값을 초과해서 흐를 때, 특별히 고안되고 적당한 비율로 조절되는 요소 가운데 하나 또는 여러 개를 녹임으로써 전류를 차단시켜 회로를 개방하는 장치. 퓨즈는 완전한 장치를 구성하는 모든 부분을 포함한다.

2) 소형퓨즈(miniature fuse) : 퓨즈링크가 소형 퓨즈링크인 퓨즈

3) 퓨즈링크(fuse-link) : 퓨즈가 작동한 후 교체할 수 있는 퓨즈용단부를 포함하는 퓨즈부

4) 포장 퓨즈링크(enclosed fuse-link) : 그 정격 내에서 작동하는 동안 아크 발생, 가스 누출 또는 불꽃이나 금속 입자의 방출로 인하여 외부에 유해한 영향을 주지 않도록 퓨즈용단부가 완전히 밀봉되어 있는 퓨즈링크

5) 소형 퓨즈링크(miniature fuse-link) : 정격 차단 용량이 2 kA를 넘지 않고, 주요 치수(길이, 폭, 높이 및 지름) 중 적어도 하나가 10 mm 이하인 포장퓨즈링크

6) 통형 퓨즈링크(cartridge fuse-link) : 실내에서 사용하는 전기제품, 전자장비 및 그 부품들을 보호하기 위해 (5 × 20) mm 및 (6.3 × 32) mm 치수를 가지는 소형퓨즈

7) 초소형 퓨즈링크(sub-miniature fuse-link) : 주요 치수가 모두 10 mm 이하인 소형 퓨즈링크

8) 정격(rating) : 시험하는데 기초가 되고 퓨즈 설계에 필요한 사용조건을 정의하는 특성 값을 나타내기 위한 일반적 용어

퓨즈를 규정하는 정격 값의 예 - 정격전압(Un), 정격전류(In), 정격차단용량

9) 최대 지속 손실(maximum sustained dissipation) : 최소 한 시간 동안 견딜 수 있는 최대 전류를 규정된 측정조건하에서 인가했을 때의 퓨즈링크 전력 손실값

2.2 DC 용단특성 성능평가기술 개발

(1) DC 용단특성(time/current characteristics)

◎ 교류 : 규정된 동작 조건 하에서, 실제 시간으로 표현된 시간 값과 r.m.s 값으로 표현된 예상 대칭 전류의 함수로 나타낸 곡선

◎ 직류 : 규정된 동작 조건 하에서, 실제 시간으로 표현된 시간 값과 직류 예상 전류의 함수로 나타낸 곡선

1) 용단 시간(pre-arcing time(melting time)) : 가용체가 용단될 수 있을 정도의 큰 전류가 흐르기 시작할 때부터 아크발생순간까지의 시간

2) 아크 시간(arc time) : 아크가 발생한 순간부터 최종 소멸 시까지의 시간

3) 동작 시간[operating time(total clearing time)] : 용단 시간과 아크 시간의 합

4) 실제 시간(virtual time) : I<sub>2</sub>t를 예상 전류 값의 제곱으로 나눈 값으로, 보통 퓨즈링크를 규정하기 위한 실제 시간은 용단 시간 및 동작 시간을 나타낸다.

5) I<sup>2</sup>t(줄 적분)[I<sup>2</sup>t(joule integral)] : 주어진 시간 동안 전류의 제곱값을 적분한 것

$$I^2t = \int_{t=0}^t i^2 dt$$

퓨즈로부터 보호되는 회로에서 1 Ω의 저항에 발생하는 줄 에너지는 A<sup>2</sup>s로 표현되는 I<sup>2</sup>t값과 같다.

(2) DC 용단특성 성능평가기술

DC 용단특성은 규격에 제시된 환경 조건에서 용단시간을 측정했을 때 관련 표준시트에서 규정한 한계 이내이어야 한다. 이 때 퓨즈링크에 흐르는 전류는 설정값의 ± 1 % 내로 조절되어야 하고 시험 동안 전류의 안정성은 조절값의 ± 1 % 이내로 유지되어야 한다. 전원 전압은 퓨즈링크의 정격 전압을 초과해서는 안되며, 시간 측정의 정확성은 10 초 미만의 시간에 대해서는 ± 5 %, 10 초 이상의 시간에 대해서는 ± 2 %의 오차를 허용한다. 높은 레벨의 전류에서 매우 짧은 용단 시간인 경우 일정한 전류를 유지할 수 없다면  $I^2t$  값을 측정하여, 실제 시간을 계산한다.

DC 용단특성 시험에는 직류 전류를 사용해야 한다. 시험 중의 전류 변화를 줄이기 위해서 충분히 높은 전압의 전원 또는 적절한 전류 안정화 장치를 사용해야 하고 회로의 시정수는 용단 시간의 3 %를 초과하지 않아야 한다.

펠트에 효과의 영향이 있을 수 있는 곳에는 연속된 시험품에 대한 퓨즈링크에 흐르는 전류의 방향을 바꾸는데 있어서 주의할 기울여야 한다. 구조의 문제로 펠트에 효과의 영향이 발생한다면 시간/전류 특성은 2.0 In 또는 2.1 In의 전류에서 퓨즈링크 2배수로 시험되어야 한다. 추가 시험품은 여분의 퓨즈링크로 충당한다.

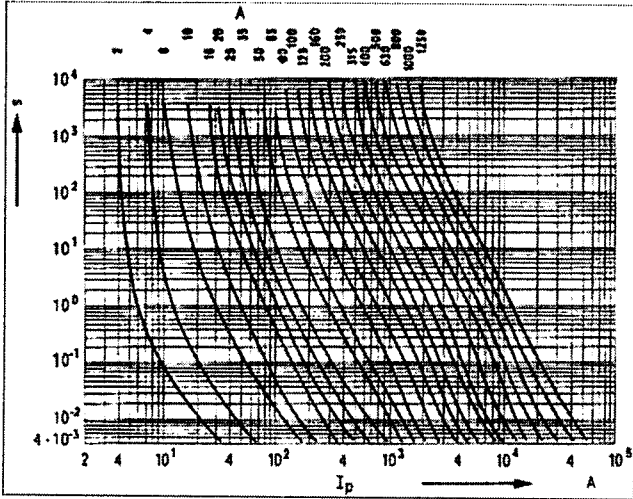
또한 저전류 용 퓨즈 가용체의 작은 열적 관성 때문에 매우 낮은 주파수에서 퓨즈링크의 특성이 상당히 변할 수 있음에 주의하여야 한다.

(3) 결과의 표시

만약 전류를 독립 변수로 하여 시간/전류 특성곡선을 그린다면 좌표축은 대수(log) 눈금으로 나타내는 것이 좋다. 대수 눈금의 기본은 횡좌표와 종좌표를 2:1의 비율로 하는 것이다.

10단위에 대한 크기는 수직 28 mm, 수평 56 mm이어야 한다.

만약 정격 전류의 몇 배수인 전류가 독립 변수로 사용된다면 비율은 3:1로 되어야 한다.



<그림 1> 시간/전류 특성곡선의 예

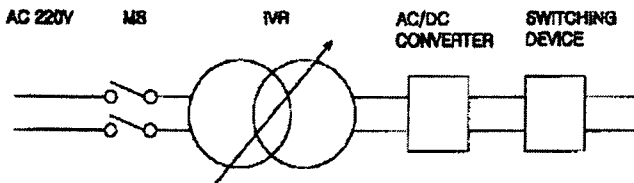
3. 성능평가설비 개발

3.1 성능평가설비의 일반사항

(1) 정격

- 시험전압 : 0~250V DC
- 시험전류 : 0~100A DC
- Source power : 2kA at 250V DC
- Digital timer : milli-sec unit & sec unit
- 퓨즈시험용 지그 : IEC 기준에 적합

(2) 단선도



<그림 2> 시스템의 단선도

(3) 사용방법

Calibration switch를 이용하여 시험전압 및 시험전류를 calibration한 후 시험시작 스위치를 누르면 digital timer가 counting을 시작하며 퓨즈 용단 시 timer는 reset하기 전까지 퓨즈의 용단시간을 표시 시험하는 동안 시험전압과 시험전류는 설정치를 고려하여 설비 내부의 micro-computer에 의하여 자동으로 제어

3.2 성능평가설비의 기술사항

(1) 시스템 구성

DC 용단특성 시험 시 전류안정도는 1 % 이내이고, 시정수는 pre-arcing time의 3 % 이내이며, time accuracy는 용단시간이 10 sec 미만인 경우 3 %, 10 sec 이상의 경우는 0.5 % 이내

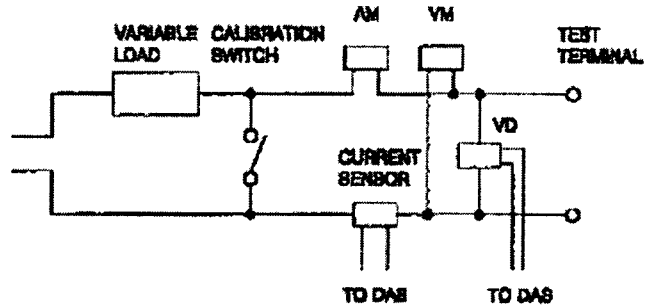
파형 분석은 DAS(Data acquisition system)와 연계하여 측정가능

(2) 파형의 특성

DC 안정회로 및 ripple 감소회로에 의하여 DC 전압과 전류의 ripple 함유율은 0.5 % 이내로 유지

(3) 계측시스템

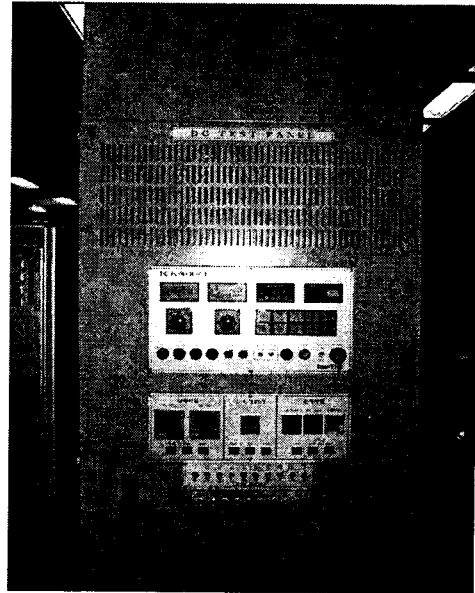
전면 panel에서 AC 및 DC 전압, 전류를 확인할 수 있으며, voltage divider 와 current sensor의 신호를 Data acquisition system에 연결하여 파형계측 및 분석이 가능



<그림 3> 계측시스템

(4) 주회로 모션 및 제어, 계측 케이블

- 주회로 모션 : 40 mm BUS, 38 mm CV cable
- 제어 및 계측 케이블 : 2 mm shield cable



<그림 4> DC 용단특성 성능평가설비

4. 결 론

본 논문에서는 소형퓨즈 관련 국제규격(전기용품안전관리법에 따른 안전 기준) 및 국제규격(IEC 규격)을 분석, 검토하여 소형퓨즈의 시간/전류 특성을 결정짓는 그래서 중요한 성능평가항목으로 부각되고 있는 DC 용단특성에 대한 성능평가기술을 개발하였다. 뿐만 아니라 DC 용단특성을 시험하기 위한 성능평가설비도 구축하였다. 이 설비는 국제규격에 적합하며 DC 발생기와 용단시간 계측시스템이 결합된 형태이다.

향후 구축된 성능평가설비 및 개발된 소형퓨즈의 DC 용단특성 성능평가 기술을 타 시험기관과 관련제품 제조업체에 널리 전파하고 교육함으로써, 신기술개발품의 안전성 평가에 기술 지원하고, 나아가 시험평가기술의 국제 수준화에 기여하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC, "IEC 60127-1", Ed. 1.2, 2003. 2.
- [2] IEC, "IEC 60127-2", Ed. 2.1, 2003. 11.
- [3] IEC, "IEC 60127-3", Ed. 2 amd. 2, 2002. 12.