

고압한류퓨즈의 최적 차단을 위한 설계변수의 영향

論 文

48C-3-5

The Effects of Design Parameter to Interrupt Optimally for High Voltage CL Fuse

李世鉉* 韓相玉**

(Sei-Hyun Lee · Sang-Ok Han)

Abstract - The fuse used in the high voltage distribution line often fails due to the active ionization caused by the strong electric field at fuse terminal. To suppress the ionization at the high voltage and high capacity current limiting fuse, the particle size and compactness of silica sand, the design, length, notch number and material of element, the diameter and length of fuse body must be considered carefully. However, these are not many proper which is treated with the inherent interrupting characteristics from many parameters at present. Because of these reasons, time and effort are needed to develop the new type fuse by the fuse designers in relation with the inherent characteristics from each of parameters. In this paper we choose 7 parameters with weight value based on study and experimentation and analyzed the characteristics of arcing period. In addition, we proposed the experimental method to extract the optimal design parameters with minimal effort as related the mutual effect from each of the parameters.

Key Words : Current-Limiting Fuse, Interrupting Characteristic, Arcing, Optimal Design

1. 서 론

저전압에서 퓨즈가 동작할 때 미소한 갭사이의 이온화 정도는 전계에 의해 크게 영향받지 않는다. 그러나 전압이 증가할수록 용단이 되는 순간 퓨즈 양단의 강한 전계로 인해 이온화가 용이하게 되어 아크는 지속된다. 이때 퓨즈양단에 계속 유지되는 아크 플라즈마는 차단 성능에 지대한 영향을 미치게 되어 차단에 실패할 수가 있다. 따라서 높은 차단용량을 갖는 한류퓨즈에서 이온화현상을 억제하기 위해서는 소호사의 크기 및 충전도, 가용체의 재질 및 형상, 절연외관의 직경과 길이, 노치수등 파라미터에 대해 신중한 고려를 해야 한다[1,2]. 이들 파라미터는 각각의 고유한 특성을 갖고 있으면서 서로 상호작용을 하기 때문에 파라미터에 의해 영향받는 특성을 찾아내기란 쉬운 일이 아니다. 그러나 차단 성능에 미치는 요소들중 가중치를 부여할 수 있는 파라미터들의 상호 관계를 도출해내고, 이들을 관련지어 설계변수 관계를 고찰함으로써 최적의 차단조건(경제성과 단순성을 지향하고, 규정에 정하고 있는 정격을 초과하지 않으면서 용단 I^2t , 아크 I^2t , 차단하는데 걸리는 시간 및 퓨즈 동작시 아크전압 등이 최소가 되는 조건으로 최적설계라고도 함)을 얻는데 접근이 가능할 수 있다[3]. 그러나 현재까지 차단조

건에 미치는 영향을 알기 위해 실험적인 연구는 지속되고 있지만 파라미터들 간의 관련된 특성에 대해서는 정확하게 보고되지 않고 있다. 이러한 이유는 차단특성에 영향을 미치는 요소가 기계적, 전기적, 화학적으로 상호 관련되고, 그 특성이 비선형으로 나타나 이론적 해석이 어렵고, 또한 퓨즈의 종류가 상당히 많아 퓨즈설계자에 따라 기하학적인 형상이 매우 다르기 때문에 일반적인 파라미터의 특성을 적용하였을 경우 각각의 퓨즈에 대해 차단특성이 매우 달라질 수 있기 때문이다[4]. 본 연구에서는 차단특성에 영향을 미치는 여러 요소들로부터 피시험품을 제작하기 위한 설계변수 값을 구하는데 많은 시간과 노력이 요구되기 때문에 그 동안의 연구를 토대로 가중치를 부여한 7가지의 파라미터만을 선정하여 아크가 일어나는 기간의 특성을 집중적으로 고찰하였다. 그리고 각각의 파라미터들이 차단특성에 미치는 영향을 상호 관련시켜 적은 노력으로 설계자가 원하는 최적의 설계변수를 도출해 내기 위한 체계적인 실험방법을 제시하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시 료

그림 1에서 퓨즈의 외관은 Silicon Oxide 54%인 Glass fiber를 에폭시와 약 87 : 13으로 혼합하여 사용하였고, Glass fiber의 감는 각도는 15~20° 로 하여 제작하였다.

내부 지지부는 알루미늄이 약 70% 함유된 세라믹을 이용하였다. 가용체는 99.9% 은이고, 소호사는 규사(SiO₂) 99.6%를 이용하였으며, 소호사 입자의 평균크기는 0.45~1.05[mm]였다.

* 正 會 員 : 大田技能大 電氣技術學科 專任講師 · 工博

** 正 會 員 : 忠南大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 1998年 12月 5日

最終完了 : 1999年 2月 1日

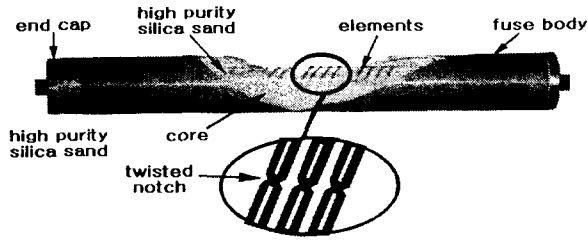


그림 1 실험용 퓨즈의 형상
Fig. 1 Cross-sectional view of the tested fuse

2.2 실험 방법

단락발전기로 시험할 경우 고가의 시험비가 소요되므로 저가로 등가의 특성을 낼 수 있는 등가차단시험장치를 제작하였고, 시험 전압 및 전류는 1000[V], 50[kA], 등가시험장치의 동작특성 및 검증은 문헌[5]에 이미 발표 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 충전도

가용체의 길이는 유효길이가 60[mm]이며 노치수는 24개이다. 가용체는 직경 0.41[mm]의 銀선을 꼬은 후 압연한 것이고, 사용된 소호사의 입도는 0.65[mm]의 규사이다. 충전도를 결정하는데는 아래의 수식이 이용되었다.

$$\Delta Q = \frac{Q - Q_0}{Q_0}$$

Q_0 : 진동전 소호사의 무게, Q : 진동후 소호사의 무게.

그림2는 충전도가 증가됨에 따라 나타나는 아크에너지 적분값(실선)과 아크시간(점선)을 나타낸 것이다. 충전도는 진동기(60[Hz])를 사용했을 경우 약 40[%]까지 개선되었고, 이를 단위법[p.u.]으로 아래쪽 수평축에 나타내었다. 진동기를 이용하지 않고 절연외관에 소호사를 넣은 경우 약 60[kA²·sec]정도가 되었고, 이때 절연외관은 폭발하였다. 충전도가 1.1 [p.u.]이상으로 증가될 경우에 아크에너지 적분값은 약 4.87배 정도로 감소함을 알 수 있다. 아크시간의 변화는 아크에너지 적분값의 감소곡선과 유사함을 나타내고 있으며, 진동기를 이용하지 않았을 경우 아크가 제거되지 못하고 계속 아크전류가 흘러 아크시간은 약 8[ms]가 되어 전류 "0"점이 되는 곳까지 아크전류가 흐른 것을 알 수 있다. 충전도가 1.1 [p.u.] 이상에서는 아크소호가 매우 효과적으로 이루어졌고, 1.4 [p.u.]에서는 약 2[ms]가 되어 아크를 소호하는데 4배 정도 용이하게 됨을 알 수 있다. 이러한 원인은 다음과 같이 분석되었다. 가용체가 용융한 후 아크가 시작하면 고열이 발생하고, 이 열에 의해 열팽창으로 높은 압력이 생겨 아크는 매우 짧은 시간동안에 절연외관과 켈방향으로 소호사를 통하여 진행하게 된다. 이때 아크가 용이하게 절연외관까지 도달한다면 아크는 주위의 소호사에 의해 완전히 제거되지 않은 상태이다. 결국 도전성이 계속 유지되었기 때문에 전류는 계속 흘러 아크에너지 적분값이 크게

된 것이다. 절연외관까지 도전성의 아크가 도달하기 쉬운 주요 인자는 소호사와 소호사 사이의 미소 공간이다. 미소공간이 많으면 많을수록 압력에 의해 도전성의 아크가 이동되기 쉽기 때문이다.

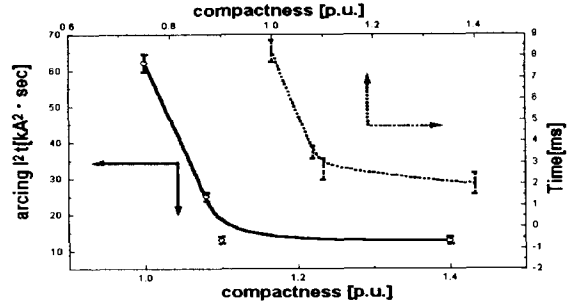


그림 2 소호사의 충전효과
Fig. 2 Compact effects of silica sand (SiO₂)

그러나 충전도가 증가하게 될 경우 이 미소공간들은 감소하고, 도전성의 아크와 충돌 될 수 있는 표면적은 증가하게 된다. 이로 인해 도전성의 아크는 절연외관까지 전달되지 못하고 주위의 소호사에 충돌하게 된다. 충돌이 일어나면서 고온의 아크는 소호사를 용융시키는데 열을 빼앗기게 되어 더 빨리 절연성을 회복하게 된 것이다.

3.2 소호사의 크기

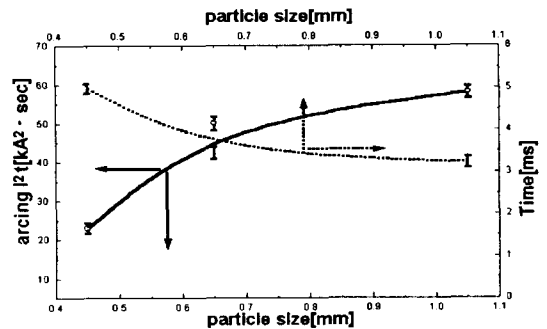
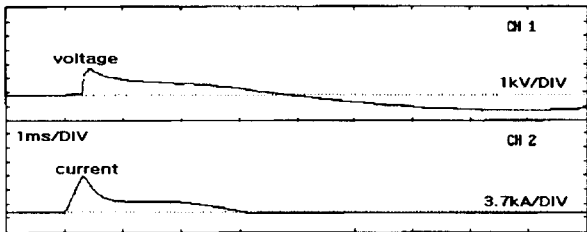


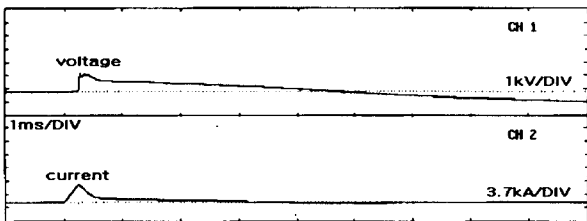
그림 3 소호사 입자의 크기 효과
Fig. 3 Particle size effects of silica sand (SiO₂)

그림3에서 실선은 소호사의 크기에 대한 아크시간에 발생하는 에너지를 나타내며 점선은 아크시간을 나타낸다. 그래프로부터 소호사의 크기가 클수록 아크시간에 공급되는 에너지가 크게됨을 알 수 있으며, 소호사의 크기가 0.45에서 1.05로 2.3배 증가했을 때 아크에너지 적분값은 약 3배정도 증가하였다. 그림으로부터 아크시간은 소호사가 커질수록 짧아짐을 알 수 있다. 그리고 그림4 (a), (b)는 소호사가 1.05[mm], 0.45[mm]일 때 얻어진 실험파형이다. 그림4 (b)는 아크시간에 흐르는 전류의 크기가 (a)에 비해 현저히 감소되고 있음을 알 수 있다. 그러나 (a)의 실험 파형에서 아크

시간은 약 3.3[ms]정도가 되지만 (b)의 경우, 전류의 크기는 미소하지만 계속해서 4.5[ms]정도까지 흐르고 있다. 이러한 원인은 다음과 같이 설명될 수 있다. 가용체가 용융되어 발생된 도전성 아크는 주위의 소호사에 흡수된다. 그러나 소호사의 크기가 작은 경우, 3.1절에서 고찰한 바와 같이 도전성 아크와 충돌할 수 있는 소호사의 표면적이 커 아크의 열을 빼앗는데 더욱 효과적으로 된다. 따라서 도전성의 아크가 소호사의 미소공간을 통과하여 절연외관까지 도달하는데 매우 어렵게 된다.



(a) Particle size, 1.05[mm]



(b) Particle size, 0.45[mm]

그림 4 소호사 입자의 크기에 대한 차단오실로그램

Fig. 4 Interrupting oscillograms of particle size effects

그러므로 가용체가 있었던 중앙부의 소호사만이 아크플라즈마를 냉각시키는데 지배적인 기여를 하게 되어 중앙부에서 섬전암을 만들게 되고, 중앙부에서 반경방향으로 멀리 떨어져 있는 소호사는 아크플라즈마와 반응을 하지 않아 원래의 소호사 형태를 유지하고 있다. 따라서 소호사의 크기가 작은 경우 소호사의 표면적이 커져 아크플라즈마와의 접촉은 쉽게 하였지만 반응에 참여한 소호사의 전체량은 약 50% 정도 밖에 되지 않았다. 섬전암이 가용체가 있었던 중심부에서 발생했기 때문에 금속성분과 섬전암으로 혼합된 물체가 주위로 열을 전달하는데 약간의 시간이 걸렸을 것이고, 금속성분에 비해 소호사가 반응에 참여한 양이 적은 것 등을 고려할 때 미소 전류가 고저항을 갖는 섬전암이 형성될때까지 흐를 수 있음을 예상할 수 있다. 1.05[mm]인 소호사의 경우 도전성의 아크에 의해 금속증기와 소호사가 혼합되면서 녹은 섬전암은 거의 발생되지 않았고 절연외관 내부에 들어 있는 소호사의 전체에 금속입자가 달라붙어 있었다. 따라서 큰 전류는 흘렸지만 소호사 전체와 반응을 하였기 때문에 냉각이 용이하게 되어 아크시간이 작아진 것으로

추측된다. 결과적으로 아크전류와 아크시간의 단축은 최적 차단을 의미하므로 소호사의 크기는 신중히 고려되어야 할 수 있다. 차단성능에 중요한 역할을 하는 섬전암의 형상을 그림5에 나타내었다. 규사로 된 알갱이가 고온의 아크를 만나 용융되어 도전성의 금속 증기와 용융된 규사의 혼합체가 형성된다. 가용체가 있던 중앙에는 홀이 발생하였고, 그 안에는 텅빈 공간이 있다.

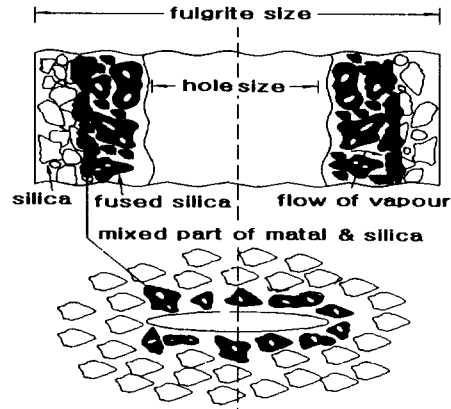


그림 5 섬전암의 구조

Fig. 5 Structure of fulgurite

그리고 섬전암의 가장자리에는 완전히 녹지 않은 규사가 녹아 증발된 금속성분과 혼합되어 존재하고 있다. 소호사의 크기가 클수록 녹은 규사의 양이 적었고, 중앙의 홀은 더욱 커짐을 알 수 있었다.

3.2 노치수

소호사의 크기는 약 0.45[mm], 절연외관 길이는 40[mm], 절연외관의 내경은 18[mm]를 이용하였으며, 노치수에 의한 차단효과를 알기 위해 노치수를 16~44개로 변화시켰다. 아크는 대부분 가용체의 중앙부분에서 발생한다. 가장 먼저 중앙의 노치가 파괴되면 1차 아크가 발생한다. 아크전류가 매우 크기 때문에 바로 옆의 건전한 노치에서도 용융이 되면서 아크가 발생한다. 이렇게 일련의 과정이 계속 되면서 아크의 길이는 커지게 된다. 아크길이가 커지게 되면 주위 소호사로 열전달도 증가하게 되어 아크저항이 급상승하게 된다. 이 결과로 아크전압의 최대값이 규격에 의거된 규정값 이상이 될 수도 있다. 그리고 각각의 노치에서 발생한 고온의 아크 플라즈마를 주위의 소호사에 의한 흡열에 의해 적절히 제거시키지 못하게 되면 바로 외관폭발로 이어질 수 있기 때문에 주위 여건을 고려하면서 노치의 수는 적절히 조절되어야 한다. 그림6은 노치수를 변화시키에 따라 나타나는 아크에너지 적분값과 아크시간을 나타낸 것이다. 그림6으로부터 노치수가 감소함에 따라 아크적분값이 감소하여 차단이 용이하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 노치수가 16개 일 때 가장 작은 아크에너지 적분값을 보이고 있다. 그러나 그림에서 확인되지는 않지만 노치수를 계속 감소시킬 경우 어느 임계노치수 부터는 오히려 증가하게 될 것이다. 아크시간에 발생하는 전압이 클수록 아크는 더 효과적으로 제거될 수 있다. 그러나 노치수가 작게 되면 아크전압

의 크기가 작게되어 오히려 전류의 흐름이 용이해져 퓨즈폭 발로 이어질 수 있다. 따라서 기존의 연구결과[6]에 따라 굵은 점선으로 나타낸 것처럼 오히려 아크에 의한 에너지는 더 증가하게 될 것이다. 그러나 그 임계노치수는 본 연구에서 얻어지지 않았다. 왜냐하면 노치의 수를 16개 이하로 했을 때 퓨즈의 외관이 폭발되어 실험장치에 무리를 주었기 때문이다.

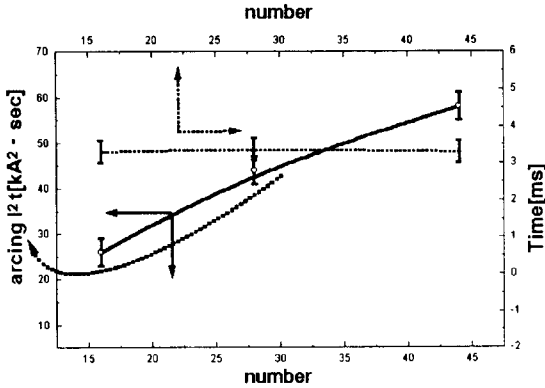


그림 6 노치수의 효과

Fig. 6 Notch number effects

본 연구에서는 16개의 노치를 갖는 가용체 길이에서 아크 소호가 가장 잘 이루어짐을 확인하였다. 이러한 원인은 노치수가 적을수록 가용체의 노치부분 뿐만 아니라 가용체 전체가 녹아 금속증기량이 많아져 주위의 소호사가 이를 제어 하기에 매우 어렵게 된 것이고, 노치수가 증가하게되면 각각의 노치부분만이 녹아서 발생한 금속증기량이 적어 주위의 소호사가 충분히 제어할 수 있었기 때문으로 분석되었다. 그러나 노치수의 변화에 대해 아크시간은 거의 변화가 없었는데 본 연구에서는 이러한 현상에 대해 현단계에서 완전히 설명할 수 없었다.

3.4 가용체 길이

소호사의 크기는 약 0.45[mm], 절연외관 길이는 40[mm], 절연외관의 내경은 18[mm], 노치수를 일정하게 한 상태에서 가용체길이에 대한 영향을 분석하기 위해 40[mm], 80[mm], 120[mm], 180[mm]로 변화시켜 퓨즈를 제작하였다.

그림7은 일정한 노치를 갖는 가용체의 길이에 대해 아크 에너지 적분값과 아크시간을 나타낸 것이다. 이 그림으로부터 가용체 길이에 대한 아크소호작용은 80[mm]의 가용체에서 퓨즈특성이 최적을 나타내고 있다. 각각의 노치에서 발생한 아크플라스마를 주위의 소호사가 적절히 열을 흡수하여 제어하여야 하나 이 실험의 조건하에서 80[mm] 이하의 길이를 갖는 가용체에서는 각각의 노치가 서로 근접하여 있어 가용체 전 영역이 전부 아크가 되어 용융된 금속증기량이 많아져 소호사가 제어하기 어려웠던 것으로 분석되었다. 그리고 80[mm] 이상의 가용체에서는 노치와 노치사이의 일정간격을 두고 형성되었지만 가용체의 길이가 길어 코어에

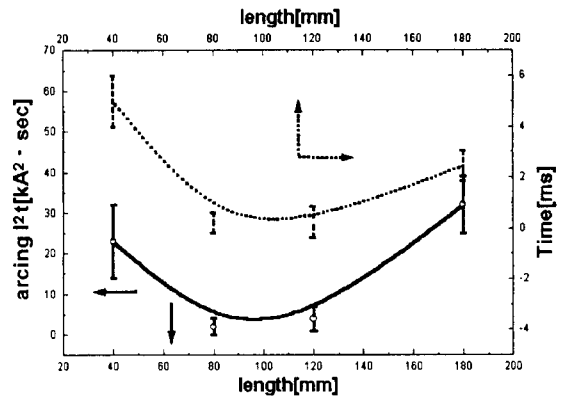


그림 7 퓨즈엘레먼트의 길이 효과

Fig. 7 Length effects of fuse element

감았을 때 가용체의 선과 선사이가 너무 근접하고 있어 발생한 금속증기량을 소호사가 제어하는데도 어려웠던 것으로 분석되었다. 그러나 일정공간에서 아크소호를 위한 가용체의 최적길이는 얻을 수 있었다.

3.5 가용체의 두께

소호사 크기는 약 0.45[mm], 가용체의 길이는 80[mm], 절연외관의 내경은 18[mm]를 이용하였다. 절연외관 길이는 40[mm], 그리고 압착으로 인한 두께 변화가 차단에 미치는 영향을 알기 위해 직경 0.56[mm]를 갖는 은선을 그림1에 나타낸 노치형태로 꼬은후 프레스로 압착하여 두께를 0.47, 0.39, 0.32, 0.25, 0.2[mm]로 변화시켰다. 압착으로 인해 가용체의 노치부분이 폭과 길이방향으로 신장되었다. 따라서 가용체 저항값을 같게 하기 위해 압착을 많이 한 가용체는 길이가 더 길게 되었다. 그림8은 가용체의 두께를 변화시켰을 때 나타나는 아크에너지 적분값과 아크시간과의 관계를 나타낸 것이다. 가용체의 두께가 얇아질수록 아크에너지 적분값은 1/6정도로, 아크시간은 1/4정도로 감소하였다.

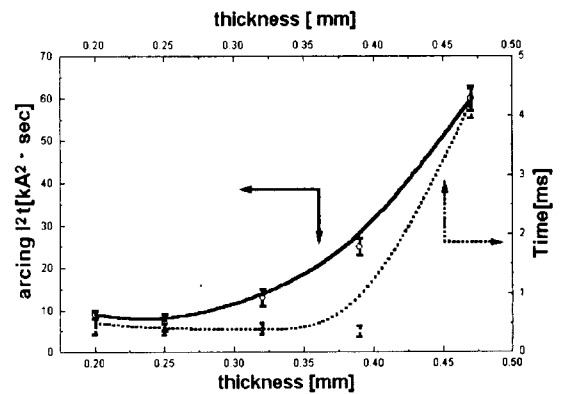


그림 8 퓨즈엘레먼트 노치의 두께 효과

Fig. 8 Thickness effects of element notch

따라서 압착을 많이 할수록 차단성능이 좋아짐을 알 수 있다. 이러한 원인은 노치의 영역이 타부분과 명확하게 구분되어 비노치부분이 용융되지 않고 노치부위만이 급속증기가 될 확률이 증가하게 되어 소호사가 아크를 소호하는데 용이하게 되었고, 노치의 폭이 넓게 신장되어 있어 주위 소호사로 급속증기가 넓게 퍼지기 때문에 소호사와 접촉할 기회가 많아져 차단이 용이하게 된 것으로 분석되었다. 그리고 그림8에서 가용체의 두께가 약 0.4[mm] 이상에서는 아크적분값과 아크시간이 급증하게 되어 차단성능이 급격히 저하되는데 이러한 원인은 압착정도가 작아 용단은 노치의 영역과 타영역 구분없이 이루어졌다. 따라서 용융후 발생하는 급속증기의 양이 대단히 많아져 주위의 소호사의 제어 능력 범위를 벗어났기 때문으로 분석되었다. 결국 그림8로부터 가용체의 두께는 아크를 소호할 수 있는 능력 범위를 결정 짓는 중요한 파라미터가 됨을 알 수 있다.

3.6 절연외관의 내경

소호사의 크기는 약 0.45[mm], 절연외관 길이는 40[mm], 노치수는 16개로 고정시켰다. 그리고 절연외관의 내부 직경을 변화시켰을 때 나타나는 차단효과를 알기 위해 절연외관의 내경을 18[mm], 33[mm]를 이용하여 직경은 1.8배 증가되었으며, 내경의 변화로 체적도 101.7[mm³]에서 363[mm³]으로 3.5배 증가되었다. 그림 9는 체적에 따른 아크적분과 아크시간을 나타낸 것이다. 이 그림에서 체적이 3.5배 증가되었을 때 아크에너지 적분값은 1/4로 감소되고, 아크시간은 약 4/5로 감소됨을 알 수 있다.

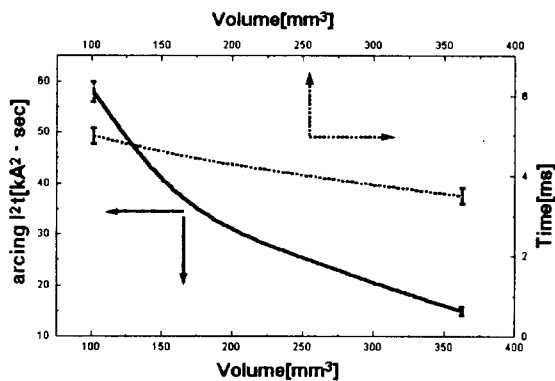


그림 9 퓨즈외관에서 체적효과

Fig. 9 Volume effects in fuse body

이는 섬전압을 형성할 때 발생하는 높은 압력이 절연외관까지 도달하는 과정의 물리적인 현상을 고찰함으로써 설명되었다. 가용체의 중앙에서 발생한 압력은 반경방향으로 확산된다. 이때 주위의 소호사는 압력으로 인한 충격을 균일하게 각각의 소호사에 전달시켜 충격을 완화시킨다. 이 완화의 정도는 반경의 크기에 큰 영향을 받게 된다. 따라서 반경이 1.8배 증가됨으로 인해 압력으로 인한 충격은 적게 되어 퓨즈의 폭발은 일어나지 않았다. 이와 동시에 소호사의 크기를 0.45[mm]로 하였기 때문에 아크플라스마의 고열

은 소호사에 쉽게 전달되어 차단이 용이하게 된 것으로 분석되었다. 그러나 체적이 101.7[mm³]인 조건에서 소호사의 크기가 작아서 아크플라스마의 열은 쉽게 전달되었을지라도 발생한 압력이 절연외관까지 도달하는데 충분히 충격을 완화시키지 못해 퓨즈의 외관 폭발과 함께 차단 실패가 이루어졌다.

따라서 퓨즈의 내경은 가용체 중앙에서 발생한 압력을 적절히 완화시키기 위해 고려되어야 하는 중요한 변수임을 알 수 있다. 그러므로 퓨즈설계시 퓨즈외관의 반경과 소호사가 충전된 반경방향의 두께는 퓨즈가 설치되어야 하는 주위의 공간을 고려하여 적절히 정해져야 할 필요가 있다.

3.7 절연외관의 길이

소호사 크기는 약 0.45[mm], 절연외관의 내경은 18[mm], 가용체의 길이는 80[mm]이다. 절연외관의 길이를 변화시키기에 따라 나타나는 차단특성을 고찰하기 위해 외관의 길이를 40[mm], 60[mm]로 두단계 변화시켰다. 그림 10은 절연외관의 길이변화에 대해 아크에너지 적분값과 아크시간과의 관계를 나타낸 것이다.

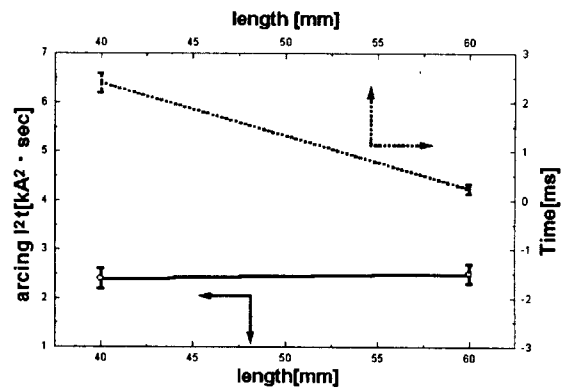


그림 10 퓨즈외관의 길이 효과

Fig. 10 Length effects of fuse body

절연외관의 길이가 증가됨에 따라 아크적분값의 변화는 거의 나타나지 않았고, 아크시간이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 이유는 그림11로부터 설명될 수 있다. 중앙의 노치부분에서 섬전압을 형성할 때 발생하는 압력의 충격파는 r과 Z방향으로 진행하게 된다. 절연외관의 길이 방향을 Z라 하고, 길이는 각각 20[mm], 30[mm]이며, 이와 직각이 되는 방향을 r이라 하고 거리는 9[mm]이다. 따라서 Z는 r보다 2.2[p.u.], 3.3[p.u.] 정도 길게 되어 중앙부에서 발생된 압력충격파가 Z축방향으로 진행하여 캡에 도달하는 시간에 비해 r방향으로 절연외관까지 전달되는 시간이 작게 된다. 그 결과 Z방향으로 캡에 도달한 충격파의 세기보다 r방향으로 절연외관에 도달한 충격은 훨씬 더 강하게 된다. 압력충격파에 절연외관의 파괴가 일어나지 않고, r방향으로 전달되는 아크플라스마에 의해 발생한 열이 주위의 소호사에 의해 흡수된다면 순조롭게 이루어졌을 것이다. 그러나 r 방

향으로 전달되는 열을 주위의 소호사가 제대로 흡수하지 못한 상태에서 절연외관이 파괴되지 않았을 경우, Z축 방향으로 압력충격파는 방향을 바꾸어 전달될 것이다.

따라서 1차적으로 r방향으로 진행되는 아크플라즈마와 압력충격을 제대로 제어할 수 있는 정도로 설계된 퓨즈라면, Z축 방향으로 길게 변화시킨다 할지라도 차단에 큰 영향은 미치지 않는 것으로 분석되었다.

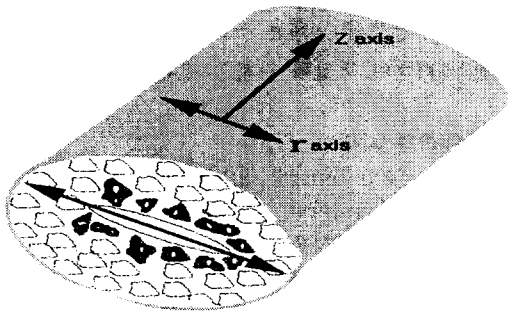


그림 11 고압력을 가진 아크플라즈마의 진행 방향
Fig. 11 Forward directions of arc plasma with high pressure

4. 최적설계를 위한 체계적인 실험방법

원통형의 절연외관으로 이루어진 공간 내에서 차단을 위한 최적의 아크 소호를 위한 소호사 입자의 크기, 소호 입자의 충전도, 가용체의 길이, 가용체의 노치 형상 및 두께, 노치수, 절연외관 길이, 체적 등을 결정하기 위해 그림12와 같은 방식으로 실험적 접근을 하면 경제적, 시간적으로 상당한 이득을 얻게 된다. 현재까지 개개의 실험을 통해 얻어지는 현상과 특성들은 논의되었지만 이들의 상호관련성을 체계적으로 실험하여 규격에 맞는 설계변수를 어떻게 도출할 수 있는가? 라는 물음에는 본 연구의 실험방법을 이용할 경우 도움이 될 수 있을 것이다. 그림12와 같은 순서로 실험을 할 경우 우선 설계변수 도출을 위해 일정 크기로 퓨즈형태와 회로조건을 축소시키고, 그 후 소호사의 크기에 따라 최적적으로 단락전류를 차단하는 임계크기를 결정한다. 만약 임계값이 결정되지 않으면 계속 이 실험을 반복한다. 임계크기가 결정된 소호사를 적용한 상태에서 최적의 충전도를 결정한다. 그리고 소호사의 크기와 충전도를 적용한 상태에서 가용체의 노치수에 따른 최적의 차단조건을 결정한다. 이와 같은 일련의 과정을 거쳐 최종에 이르면 축소한 상태의 조건하에서 최적의 설계변수를 얻게된다. 이 설계변수에 실험을 통해 얻어진 일정한 함수값을 곱해 실제의 크기로 제작하기 위한 설계변수를 도출한다.

5. 결 론

차단특성에 영향을 미치는 많은 요소들중 본 연구에서는

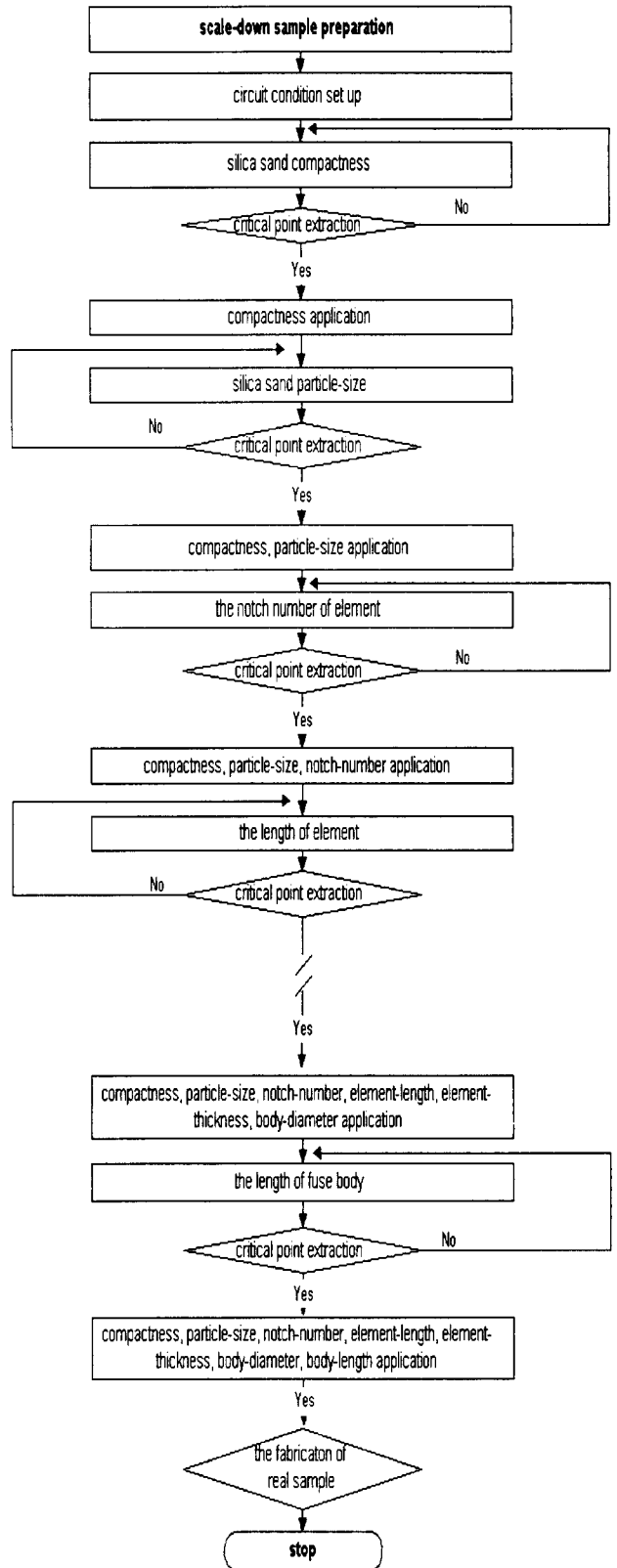


그림 12 최적설계변수를 얻기위한 실험방법
Fig. 12 Experimental method to extract optimal design parameters

1000[V], 50[kA] 조건에서 7가지의 파라미터만을 선정하여 실험한 결과 만족하는 설계파라미터를 도출할 수 있었다. 각각의 파라미터들의 관련성을 고려한 체계적인 흐름도 대로 실험한 결과 소호사의 충전도를 15% 정도 증가시킴으로 인해, 아크기간동안 공급되는 아크에너지 적분값은 약 1/4 정도로 감소하였다. 입자의 크기를 0.45[mm]로 하고, 노치수를 16개 정도로 하였을 때 최상의 아크소호가 이루어졌고, 절연외관의 내경이 1.8배 증가하였을 때 약 4배정도의 아크소호능력이 증가되었다. 그리고 절연외관의 특성중 r축방향으로 내경이 증가함으로 인해 아크의 소호능력은 향상되지만, Z축 방향으로 증가시켰을 경우에는 영향이 거의 없음을 나타내었다. 가용체의 길이는 약 8~10[mm]에서 최적의 조건이 되며 그 위치를 중심으로 임계점을 형성하고, 가용체의 두께는 0.25~0.4[mm]정도를 갖게되었을 때 최적의 아크소호 조건이 이루어짐을 알 수 있다. 따라서 퓨즈설계자가 새로운 퓨즈 모델을 개발하고자 할 때 본 연구의 결과를 참고함으로써 개발에 걸리는 시간과 노력의 단축 및 소요경비의 절감에 상당한 효과를 가져올 것이다.

참 고 문 헌

[1] Lee Sei-Hyun, Park Doo-Kee, Koo Kyung-Wan, and Han Sang-Ok, "Element shapes on High-Rupturing-Capacity Fuses", Korean-Japan Joint Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering, pp. 49-53, 1996.

[2] K. K. Namitokov and Z. M. Frenkel, "Effect of Design Features of the Fusible Element of Fuses on the Arc Pocesesses in Them", Elektroekhnika [Soviet Electrical Engineering], no. 9, pp. 56-61, 1984.

[3] Radhakrishanan Ranjan, "Design, Developement And Application Of Smart Fuses Part 1", IEEE Transactions on industry applications, Vol. 30, No. 1, 1994.

[4] K. Jakubiuk, T. Lipski "Dynamics of Fulgurite Formation During Arcing in hrc Fuses", J. Phys. D: Appl. phys. 26, pp. 424-430, 1993.

[5] 이세현, 한상옥, "한류퓨즈의 단락시험을 위한 등가 차단기와 단락발전기의 특성 시뮬레이션", 대한전기학회 논문지 제46권 제8호 pp.1279~1284, 1997.

[6] V. N. Narancic and G. fecteau., " Arc Energy and Critical Tests for HV Current Limiting Fuses", Int. Conf. on Electric Fuse and Their Applications, pp. 236-251, 1984.

[7] 이세현, 한상옥, "특고압 한류퓨즈의 차단특성 모델링", 대한전기학회 논문지 제46권 제4호 pp. 617~621, 1997

저 자 소 개



이 세 현(李世鉉)

1967년 1월 10일생. 1992년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년~1999년 홍성기능대학 전임강사. 1999년~현재 대전기

능대학 전임강사



한 상 옥(韓相玉)

1946년 5월 12일생. 1974년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 단국대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1978년~현재 충남대 공대 전기공학과 교수.