

## 퓨즈容량의 체크

限流퓨즈는 소형이고 큰 차단용량을 가지고 있는 이외에 이상전류를 극히 단시간에 더구나 한류차단하여 파전류에서 피보호기기를 보호할 수가 있기 때문에 널리 사용되고 있다.

퓨즈가 광범하게 사용되고 있는 이유는 상기의 특징에 더하여 구조가 간단하고 값이 저렴할 뿐만 아니라 보수의 용이성, 신뢰성이 높은 것도 평가되고 있기 때문이다.

그러나 퓨즈의 선정이 적정하지 못하면 불의의 용단으로 피해를 입게 된다.

이 불의의 용단은 퓨즈의 열화수명에 의한 경우가 많다.

여기서는 열화의 요인, 메카니즘과 불의의 용단을 방지하기 위한 통전용량(퓨즈의 정격전류의) 선정방법에 대하여 설명한다.

### 1. 퓨즈의 構造

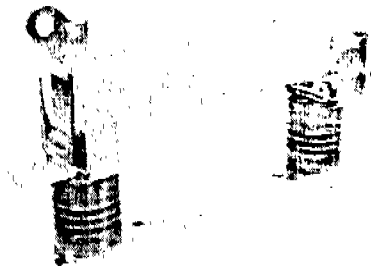
고압한류 퓨즈의 외관의 일례를 그림 1에 들었다. 그림 2는 퓨즈링크의 구조예이다.

한류 퓨즈는 아크電壓을 높임으로써 단락전류를 한류억제하여 차단을 하는 방식의 퓨즈이다.

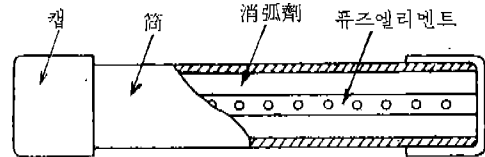
따라서 단락전류는 피크값에 도달하기 전에 퓨즈 엘리먼트의 狹隘部가 용단 發弧하여 주위에 충전되어 있는 소호제에 의하여 차단되게 되어 있다.

소호제는 통상의 부하전류 통전상태에서는 퓨즈 엘리먼트에서 발생한 열을 주위에 방산하여 퓨즈 엘리먼트의 온도상승을 억제하는 목적으로 사용된다.

또한 단락전류 등의 대전류가 흘렀을 때에는 퓨즈 엘리먼트가 용융, 발호하여 아크가 발생하는데 소



〈그림 - 1〉 高压限流퓨즈의 外觀例



〈그림 - 2〉 퓨즈링크의 構造例

호제의 일부가 용융됨으로써 이 아크열을 냉각시키는 외에 아크의 통로가 넓어지는 것을 억제하여 차단하는 목적에도 사용되고 있다.

또한 퓨즈엘리먼트로서는 線 또는 리본형의 고순도의 은이 일반적으로 사용되고 있다.

소호제로서는 珪砂( $\text{SiO}_2$ )가 일반적으로 사용되고 있다. 기타 절연통으로는 磁器管 또는 글라스 섬유로 보강한 합성수지(FRP)管 등이 사용되며 양단의 캡은 동 또는 동합금에 은, 니켈 등의 도금을 한 것이 많다.

### 2. 容量체크

퓨즈의 특징을 살려 사용하기 위해서는 적절한

사용을 해야 된다.

퓨즈를 선정할 때에는 다음 항목에 대하여 주의한다.

### (1) 定格電壓

퓨즈의 정격전압은 사용하는 회로의 전압과 같거나 또는 그 이상의 것으로 한다.

고압회로에서는 3.6KV의 회로에 7.2KV의 퓨즈를 사용하는 수도 있는데 이 경우에는 퓨즈 동작시의 과전압으로 회로의 절연이 위협받는 수가 있으므로 제조자의 카탈로그나 기술자료 등을 보고 선정에 주의해야 된다.

### (2) 定格電流

부하전류 및 과도전류(변압기의 여자돌입전류, 전동기의 시동전류, 콘덴서 투입시의 돌입전류 등)로 용단되거나 열화되지 않고 또한 기기를 과전류에서 보호할 수 있는 定格電流의 퓨즈를 선정한다.

또한 전류의 통전, 휴지의 반복회수가 많은 경우에는 퓨즈엘리먼트의 열화에 의하여 사용중에 용단되는 수가 있으므로 정격전류의 선정에는 특히 주의해야 된다.

### (3) 定格遮斷容量

회로에 흐르는 것으로 상정되는 단락전류 이상의 차단용량을 가진 퓨즈를 선정할 것.

저압 퓨즈, 고압 퓨즈가 모두 큰 차단용량을 가진 퓨즈가 많으므로 차단용량부족으로 선정에 지장을 가져오지는 않는다.

또한 회로에 전동기 부하가 있을 때에는 전동기의 기여전류를 가하여 필요로 하는 정격차단전류를 결정할 것.

전동기가 유도전동기인 경우의 기여전류는 전전압 시동시의 시동전류를 봐두면 된다.

## 3. 퓨즈의 劣化要因과 메카니즘

퓨즈가 열화하는 주요인으로서의 다음과 같은 것이 있다.

(i) 電氣的要因 과전류가 통전되거나 전류 자체는 과전류는 아닌데 계속 통전됨으로써 퓨즈엘리먼트의 열화

(ii) 機械的 要因 진동을 받는 장소, 가령 전기차량이나 크레인 등에 탑재되어 사용됨으로써 구성 부품의 열화

(iii) 化學的 要因 부식성 가스나 자외선 등으로 인한 구성부품의 열화

이 중에서 (ii)의 진동에 대해서는 가령 퓨즈엘리먼트를 磁器틀에 감거나 퓨즈엘리먼트와 함께 소호제를 무기질의 固着劑로 고착시켜 耐振性을 향상시키고 있다. (iii)의 부식성 가스나 자외선에 대해서는 구성부품의 재질이나 도금에 배려를 하는 외에 가스나 수분이 퓨즈링크 내에 침입하지 않도록 접합부를 실하므로 이같은 것들을 선정하면 된다.

그러나 (i)의 전류에 대해서는 필요 이상으로 정격전류가 큰 것을 선정하면 피보호기기와의 과전류 협조가 되지 않고 퓨즈로서의 역할을 다하지 못하게 되고 반대로 정격전류가 작은 것을 선정하면 퓨즈엘리먼트가 열화하여 사용중에 용단되어 운전에 지장을 가져오게 된다.

따라서 퓨즈의 정격전류는 과부족이 없는 적절한 것을 선정해야 된다.

다음에 퓨즈의 열화의 메카니즘으로서의 열열화와 신축피로열화가 있다.

전자는 퓨즈에 과전류가 흘러 퓨즈엘리먼트가 온도 상승이 되면 結晶粒의 粗大化가 된다. 또한 조대화에 따라 기계적 강도가 저하되므로 결정립의 粒界에서 파단이 용이하게 된다. 이와 같은 파단을 열열화에 의한 용단이라고 한다.

후자는 퓨즈에 전류는 크지 않은데 단속적으로 통전됨으로써 퓨즈엘리먼트가 가열, 냉각에 의한 신축을 반복적으로 받아 기계적으로 피로하여 파단됨으로써 발생한다. 이와 같이 인장응력을 받아 탄플이라고 하는 우묵 들어간 곳이 많이 생겨 파단되는 것을 신축피로에 의한 파단이라고 한다.

또한 열화된 퓨즈의 대부분은 결정립이 粒大化하여 열열화가 되는 동시에 신축피로도 발생한 상태로 되어 있는 것이 많다.

## 4. 퓨즈의 劣化 判定法

퓨즈가 열화되었는지 여부를 판정하는 방법으로 현재 실시되고 있는 조사방법에는 다음과 같은 방법이 있다.

- (i) 저항치 조사
- (ii) X선 조사
- (iii) 온도상승 및 와트損 시험
- (iv) 용단시험
- (v) 퓨즈엘리먼트의 금속조직조사

그러나 어느 방법도 열화의 유무를 정량적으로 판정할 수 있는 기술을 아직 확립되어 있지 않다.

설명을 추가하면 (i) 저항치 조사방법에서는 병렬로 있는 퓨즈엘리먼트의 몇개가 단선되면 저항치의 변화로서 판단되는데 단지 변환한 것만으로는 저항치의 변화로서 검출할 수 있을 만큼 변화하지 않는다.

단, 퓨즈엘리먼트의 狹隘部의 수가 적은 저압 퓨즈는 현저하게 열화하여 단선 직전의 상태가 되면 저항치의 증가로서 검출할 수 있는 경우가 있다.

(ii) X선 조사방법은 퓨즈엘리먼트의 단선의 여부와 변형이 되었으면 어느 정도 변형이 되었는지를 조사할 수 있다.

(iii) 온도상승, 와트損 시험방법은 이와같이 저항치의 변화가 거의 없으므로 열화되지 않은 퓨즈와 비교해도 차이가 잘 나타나지 않으며 따라서 판정이 곤란하다.

(iv) 용단시험방법은 통전전류와 용단시간을 측정하여 용단시간-전류특성상으로 플롯하여 열화의 여부를 판정하는데 신포인 퓨즈도 용단시간-전류특성에 대하여 전류축에서  $\pm 20\%$  이내의 여유는 규격상 인정되고 있으므로 이 방법도 판정이 곤란하다.

(v) 퓨즈엘리먼트의 금속조직 조사방법은 결정립이 粗大化되었는지 여부를 관찰할 수 있으므로 劣化가 진행되었는지 여부를 알 수 있다. 그러나 수명은 앞으로 몇년이라는 정량적 판정은 할 수 없다.

또한 퓨즈엘리먼트에 劣化에 의한 균열이 발견된 경우에는 수명에 도달한 것으로 보고 조속한 시일 내에 교환해야 된다.

## 5. 퓨즈의 劣化防止法

부하전류의 통전 휴지에 의하여 퓨즈엘리먼트는 가열 및 냉각되어 신축이 되므로 열열화 또는 신축피로를 받게 된다. 따라서 전류를 통전하여 사용하는 이상 완전한 열화방지는 할 수 없으나 실용상 지

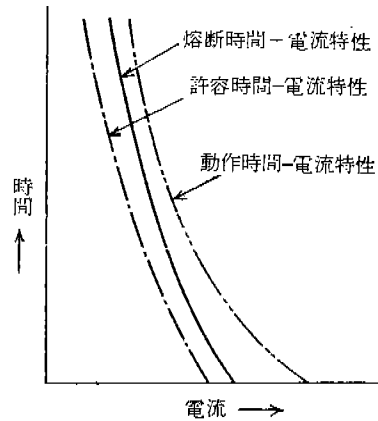
장이 없는 수명을 부여할 수 있다. 이를 위해서는 부하에 의하여 상정되는 반복통전되는 과도전류 및 연속통전전류가 퓨즈의 허용시간-전류특성을 초과하지 않도록 하면 된다.

다음에 열화방지를 고려할 때에 기본이 되는 시간-전류특성과 반복과 전류특성에 대하여 설명한다.

### (1) 時間-電流特性

퓨즈의 시간-전류특성에는 그림 3과 같이 3종류의 특성이 있다.

물론 일정한 시간, 전류를 통전해도 퓨즈엘리먼트는 거의 열화되지 않는 시간과 전류와의 관계를 나타내는 허용시간-전류특성, 일정한 시간, 전류를 통전했을 때 퓨즈엘리먼트가 용단될 때까지의 시간과 전류의 관계를 표시한 용단시간-전류특성 및 용단된 후 이어서 발생하는 아크가 소멸되기까지의 시간과 전류와의 관계를 든 동작시간-전류특성이 있다.



〈그림-3〉 퓨즈의 時間-電流特性

### (2) 반복 過電流特性

퓨즈에 어떤 전류를 규정된 시간, 규정된 회수를 반복하여 통전해도 용단되지 않는 특성으로 전력퓨즈의 경우를 예로들면 표 1과 같은 특성이 규정되어 있다.

또한 변압기의 여자돌입전류나 전동기의 시동전류 등의 과도전류가 흘러도 허용시간-전류 특성을 초과하지 않으면 일반적으로 표 1과 같은 회수 이상

〈표-1〉 電力퓨즈의 반복과전류특성

퓨즈의종류	반복과전류 특성
T (변압기용)	정격전류의 10배의 전류를 0.1초간 통전하고 이것을 100회 반복해도 용단되지 않을 것
M (전동기용)	정격전류의 5배의 전류를 10초간 통전하고 이것을 1000회 반복해도 용단되지 않을 것

의 수명을 기대할 수 있다.

다음에 부하의 사용조건에 따라 표 1 과 같은 회수 이상의 반복회수가 예측될 경우에는 반복하여 통전이 가능한 회수를 다음 식으로 계산하여 적용한다.

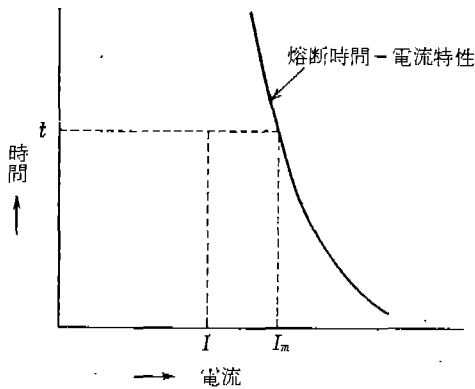
$$N = S^{-\alpha} \quad (1)$$

$$S = \frac{t\text{초간 통전전류}(I)}{t\text{초에서의 용단전류}(I_m)} \quad (\text{그림 4 참조})$$

$\alpha$  : 퓨즈에 의하여 결정되는 定數

$N$  : 반복통전 가능회수

(주) : 제조자에 따라 계산식, 정수가 다른 경우가 있으므로 조심한다.

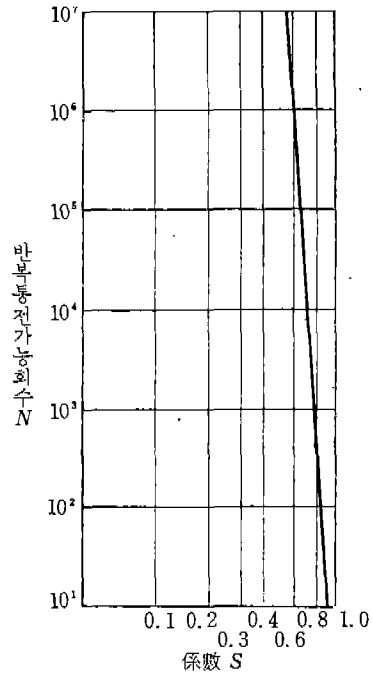


〈그림-4〉 係數S算出圖

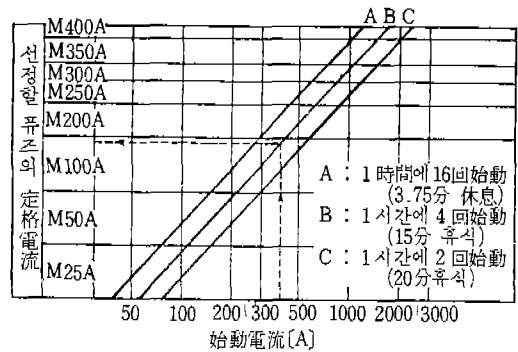
그림 5에 (1)식에 의하여 계산한 전력 퓨즈의 계수 S와 통전가능회수 N의 예를 들었다.

또한 전동기 부하 등에서 빈번하게 시동-정지를 반복할 때에는 퓨즈에 열이 축적되지 않도록 주의해야 된다. 제조자에 따라 선정표나 선정도가 표시되어 있을 경우에는 그에 의거하여 선정하면 된다.

그림 6은 토시바 FPC 3형 퓨즈의 선정도예이



〈그림-5〉 퓨즈의 壽命推定圖

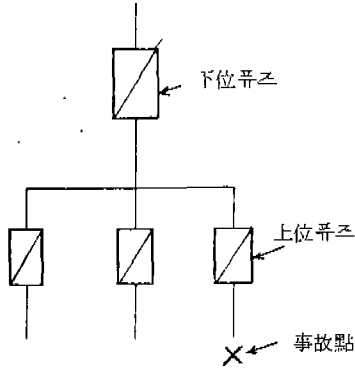


註 1. 始動時間은 10秒로한다.  
 始動電流 400A ) 의 경우에는 전선과 같이  
 始動빈도 1시간에 4회 ) M 100A 定格을 선정한다.

〈그림-6〉 토시바 FPC 3形 電力퓨즈 定格電流選定圖

다. 이 선정도에 의하여 선정하면 적어도 1만회의 반복통전에 견디는 퓨즈를 선정할 수 있다.

또한 퓨즈가 그림 7과 같은 회로에 사용되고 있는 경우에 하위 퓨즈가 동작했을 때 상위 퓨즈가 열화되지 않도록 하려면 하위 퓨즈의 동작시간-전류특성이 상위 퓨즈의 허용시간-전류특성의 좌측에



〈그림-7〉 퓨즈의 直列使用回路圖例

있어야 하며 또한 상위 퓨즈의 허용  $I^2t$  하위의 퓨즈의 동작  $I^2t$ 로 되어 있어야 한다.

## 6. 保守上의 주의

퓨즈는 구조가 간단하고 보수도 어렵지 않음에도 보수상 주의해야 될 점은 당초에 예정한 반복과전류회수에 도달한 경우이다. 이 경우에는 새로운 퓨즈와 교환한다.

만일 교환하지 않고 방치하여 통상의 전류에 의하여 용단되었을 경우 이상없이 차단될 수 있는 경우가 많은데 퓨즈의 최소차단전류 이하의 電流域의 경우에는 차단할 수 없으며 외부로 아크를 분출하는 수가 있다.

또한 이 경우에도 퓨즈 용단검출장치에 의하여 퓨즈와 直列로 접속되어 있는 개폐기나 전자접촉기를 동작시켜 전류를 차단시켜 버리면 퓨즈가 차단불능이 되어 외부에 아크를 분출하는 것을 방지하는 수가 많다.

또한 이 용단검출장치를 부착시킴으로써 3상 중의 1상이 열화에 의하여 용단되어 欠相상태가 되어도 위의 직렬기기로 차단할 수 있어 결상운전을 방지할 수도 있다. 그림 8은 용단검출장치부 퓨즈링크의 외관 예이다.

또한 결상운전 방지를 위해 주의할 것은 사고 등으로 동작한 퓨즈의 교환작업이다.

가령 3상회로에서 단락사고가 발생했을 때 퓨즈는 3개 중 2개가 동작하고 1개는 동작하지 않는 수가 많다.

〈그림-8〉 熔斷檢出裝置附퓨즈링크例

이 경우 동작하지 않은 퓨즈에도 과전류가 흘러 퓨즈엘리먼트가 열화되어 있을 위험성이 있다.

그러나 열화의 유무는 판정이 곤란하므로 3상회로의 경우에는 3개, 단상회로의 경우에는 2개 모두 새로운 퓨우즈와 교환해야 된다. 이를 위해서는 예비 퓨즈링크를 상비해 둔다.

또한 여기서는 열화, 수명에 대하여 여러 가지를 해설했는데 저부하로 사용했을 경우에는 퓨즈의 계산에 의한 예측수명은 상당히 길어지는 수가 있다.

그러나 퓨즈엘리먼트는 처음에 구성부품은 장기간의 사용으로 당초의 특성보다도 저하되어 있는 수가 있다. 따라서 중요회로에 사용하고 있는 퓨즈로서 사용 후 10년 이상 경과된 것은 신뢰성 유지를 위해 새로운 퓨즈와 교환하도록 한다.

퓨즈는 적정하게 사용됨으로써 우수한 보호기로서의 특성을 발휘한다.

그러나 열화되어도 용이하게 판별할 수 없다는 약점이 있기 때문에 이 약점을 커버하여 사용해야 된다.

\*

