

# 퓨즈의 適正容量 을 알아본다

限流 퓨즈는 小形으로서 큰 차단용량을 가지는 외에 常異電流를 극히 단시간에, 그리고 限流遮斷해서 過電流에서 피보호 기기를 보호할 수 있기 때문에 널리 사용되고 있다.

퓨즈가 광범위하게 사용되는 이유는 위의 특징 외에 구조가 간단하고 열가일 뿐 아니라 保守의 용이성, 신뢰성이 높다는 것도 評價되고 있기 때문이라고 생각한다.

그러나 퓨즈의 선정이 적절치 않으면 생각지도 않을 때 溶斷해서 피해를 받게 된다.

이 不測의 용단은 퓨즈의 劣化壽命에 의하는 일이 많다.

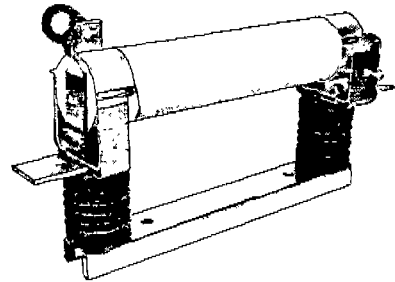
本稿에서는 劣化的 要因, 메커니즘과 不測의 溶斷을 방지하기 위한 通電容量(퓨즈의 정격전류)의 선정방법에 대해 설명하기로 한다.

## 1. 퓨즈의 構造

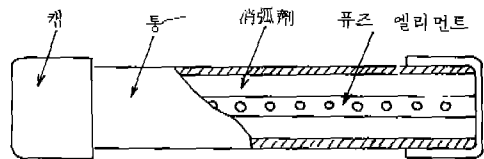
高壓 限流 퓨즈의 外觀例를 그림 1에 든다. 그림 2는 퓨즈 링크의 구조례이다.

限流 퓨즈는 아크 전압을 높임으로써 短絡 電流를 한류 억제하여 차단하는 방식의 퓨즈이다.

그래서 단락전류는 피크 값에 달하기 전에 퓨즈 엘리먼트의 狹隘部가 溶斷 發弧하여 주위에 충전되어 있는 消弧劑에 의해 차단되게 되어 있다.



〈그림 1〉 高壓 限流 퓨즈의 外觀例



〈그림 2〉 퓨즈 링크의 構造例

消弧劑는 통상적인 부하전류 통전상태에서는 퓨즈 엘리먼트에서 발생한 熱을 주위에 방산해서 퓨즈 엘리먼트의 온도 상승을 억제하는 목적으로 사용된다.

또 단락전류 등의 큰 전류가 흘렀을 때는 퓨즈 엘리먼트가 溶融 發弧하여 아크를 발생하지만 消弧劑의 일부가 용융함으로써 이 아크 熱을 냉각하는 외에 아크의 통로가 넓어지는 것을 억제하여 차단하는 목적으로도 사용되고 있다.

또한 퓨즈 엘리먼트로서는 線 또는 리본 形狀의 높은 순도의 銀이 보통으로 사용되고 있다.

消弧劑로서는 珪砂(SiO<sub>2</sub>)가 일반적으로 사용된다. 기타 절연통으로는 磁器管 또는 유리접유로 보강한 合成樹脂(FRP)管 등이 사용되고 兩端의 캡은 銅 또는 銅合金에 銀, 니켈 등의 도금을 한 것이 많다.

## 2. 容量 체크

퓨즈의 특징을 살려서 사용하기 위해서는 적절한 사용방법을 강구해야 한다. 퓨즈를 선정할 때는 다음과 같은 항목에 주의한다.

### 가. 定格電壓

퓨즈의 정격전압은 사용하는 回路의 전압과 같거나 그 이상의 것으로 한다.

高壓回路에서는 3.6kV의 회로에 7.2kV의 퓨즈를 사용하는 일도 있지만 이 경우는 퓨즈 동작시의 過電壓으로 회로의 절연이 위협 받는 일이 있으므로 제조자의 카탈로그나 기술자료 등을 보고 선정에 주의하여야 한다.

### 나. 定格電流

負荷電流와 過渡電流(변압기의 勵磁突入電流, 전동기의 시동전류, 콘덴서 투입시의 돌입전류 등)에서 용단되거나 劣化되지 않고 또한 기기를

과전류에서 보호할 수 있는 定格電流의 퓨즈를 선정한다.

또한 電流의 通電, 休止의 반복 횟수가 많은 경우는 퓨즈 엘리먼트의 劣化로 사용중에 용단되는 일이 있으므로 定格電流 선정에는 특히 주의해야 한다.

상세한 것은 5장을 참조 바란다.

### 다. 定格遮斷容量

회로에 흐른다고 想定되는 단락전류 이상의 차단용량을 가지는 퓨즈를 선정한다.

低壓 퓨즈, 高壓 퓨즈 모두 큰 차단용량을 가지는 퓨즈가 많으므로 차단용량이 부족해서 선정에 지장을 주는 일은 우선 없다.

또 回路에 전동기 부하가 있을 때는 전동기의 기여전류를 더해서 필요로 하는 정격 차단전류를 정한다.

電動機가 유도전동기인 경우의 기여전류는 全電壓 始動時의 시동전류를 고려하면 된다.

## 3. 퓨즈의 劣化要因과 메커니즘

퓨즈가 劣化하는 主된 요인으로서의 다음의 것이 있다.

(i) 電氣的 要因: 過電流가 通電되거나 電流 자체는 과전류는 아니지만 斷續通電되는 데 따른 퓨즈 엘리먼트의 열화.

(ii) 技械的 要因: 진동을 받는 장소, 예를 들면 전기차량이나 크레인 등에 탑재되어 사용됨으로써 생기는 構成部品の 劣化.

(iii) 化學的 要因: 腐蝕性 가스나 紫外線 등에 의한 구성부품의 劣化.

이 중에서 (ii)의 振動에 대해서는 예를 들면 퓨즈 엘리먼트를 磁器 틀에 감거나 퓨즈 엘리먼트와 함께 消弧劑를 무기질인 固着劑로 굳히거나 해서 耐振性を 향상시키고 있다. (iii)의 腐

蝕性 가스나 紫外線에 대해서는 구성부품의 재질이나 도금에 주의하는 외에 가스나 수분이 퓨즈 링크 내에 침입하지 않도록 接合部를 밀봉하고 있으므로 이런 것을 선택하면 좋다.

그러나 (i)의 電流에 대해서는 필요 이상으로 定格電流가 큰 것을 선정하면 피보호 기기와의 과전류 협조가 되지 않고 퓨즈로서의 역할을 수행할 수 없게 된다. 반대로 정격전류가 작은 것을 선정하면 퓨즈 엘리먼트가 劣化하여 사용 중에 용단되어 운전이 지장을 초래한다.

따라서 퓨즈의 定格電流는 과부족 없이 적절한 것을 선정해야 한다.

다음에 퓨즈 劣化의 메커니즘으로서는 熱劣化와 伸縮疲勞劣化가 있다.

前者는 퓨즈에 과전류가 흘러 퓨즈 엘리먼트의 온도가 상승하면 結晶粒의 粗大化가 일어난다. 그리고 粗大化와 함께 기계적 강도가 저하하므로 結晶粒의 粒界로부터 破断되기 쉬워진다. 이러한 破断을 熱劣化에 의한 破断이라고 한다.

後者는 퓨즈에 電流는 크지 않지만 斷續해서 通電됨으로써 퓨즈 엘리먼트가 加熱, 冷却에 따



(그림 3) 伸縮疲勞에 의한 破断面の 擴大寫眞

른 신축을 반복 받아서 기계적으로 피로하여 破断됨으로써 생긴다. 그림 3은 그 破断部를 擴大한 사진이다. 이 그림에서 引張應力을 받아서 단풍이라고 하는 다수의 작은 패인 곳이 생겨 파단되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 破断을 伸縮疲勞에 의한 破断이라고 한다.

또한 劣化된 퓨즈의 대부분은 結晶粒이 粗大化하여 열열화가 생김과 동시에 신축피로도 일어난 상태가 된 것이 많다.

#### 4. 퓨즈 劣化의 判定法

퓨즈가 劣化되어 있는지를 判定하는 方法으로서 현재 시행되고 있는 조사방법에는 다음과 같은 方法이 있다.

- (i) 抵抗 값 調査
- (ii) X線 調査
- (iii) 온도 상승과 와트 損 시험
- (iv) 용단 시험
- (v) 퓨즈 엘리먼트의 금속조직 조사

그러나 어느 방법이나 劣化의 유무를 定量的으로 判定할 수 있는 기술은 아직 확립되어 있지 않다.

說明을 부가하면 (i)저항 값 조사 방법에서는 並列인 퓨즈 엘리먼트의 몇 枚가 斷線되면 저항 값의 변화로서 파악할 수 있지만, 단지 劣化된 것만으로는 저항 값의 변화로 검출할 수 있을 정도로 변화하지 않는다.

단, 퓨즈 엘리먼트의 狹隘部 수가 적은 低壓 퓨즈에서는 현저히 열화하여 斷線 직전 상태가 되면 저항 값의 증가로서 검출할 수 있는 경우가 있다.

(ii) X線 조사방법에 있어서는 퓨즈 엘리먼트의 斷線 有無로 변형되어 있으면 어느 정도 변형되었는지를 조사할 수 있다.

(iii) 溫度上昇, 와트 損 시험방법은 위에서

설명한 것처럼 저항 값의 변화가 거의 없으므로 열화되지 않은 퓨즈와 비교해도 差異가 나타나기 어렵고 따라서 判定이 곤란하다.

(iv) 溶斷試驗方法은 通電電流와 용단 시간을 측정하여 용단시간-전류특성상에 플롯해서 劣化의 유무를 판정하지만 신품인 퓨즈라도 용단시간-전류특성에 대해 電流軸에서  $\pm 20\%$  이내의 裕度가 규격상 인정되고 있으므로 이 方法도 판정이 곤란하다.

(v) 퓨즈 엘리먼트의 금속조직 조사방법은 結晶粒이 粗大化되었는지의 여부를 관찰할 수 있으므로 劣化가 진행되고 있는지를 알 수 있다. 그러나 수명이 앞으로 몇 년인가와 같은 定量的 판정은 할 수 없다.

또한 퓨즈 엘리먼트에 劣化로 인한 균열이 발된 경우에는 수명이 다했다고 보고 빠른 시일에 교환해야 한다.

## 5. 퓨즈의 劣化防止法

부하전류의 通電, 休止에 의해 퓨즈 엘리먼트는 加熱과 冷却으로 伸縮을 하게 되므로 熱劣化 내지 신축피로를 받게 된다. 따라서 電流를 통전해서 사용하는 이상, 완전한 열화방지는 할 수 없지만 실용상 지장이 없는 수명을 갖게 할 수는 있다. 이를 위해서는 負荷에 의해 想定되는 반복 통전되는 과도전류와 연속 통전전류가 퓨즈의 허용시간-전류특성을 초과하지 않도록 하면 된다.

다음에, 劣化防止를 생각할 때의 기본이 되는 시간-전류 특성과 반복 과전류특성에 대해 설명한다.

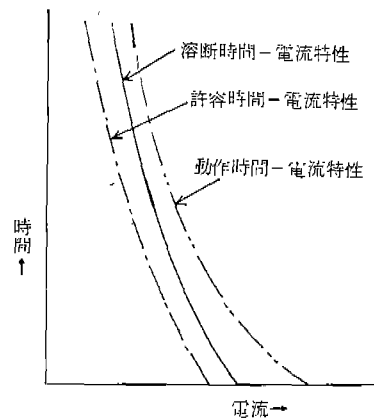
### 가. 時間-電流特性

퓨즈의 시간-전류특성에는 그림 4와 같은 3 종류의 특성이 있다.

즉, 어느 시간, 전류를 통전하더라도 퓨즈 엘리먼트가 거의 열화하지 않는 시간과 전류의 관계를 표시한 許容時間-電流特性, 어느 時間, 電流를 통전했을 때 퓨즈 엘리먼트가 용단되기까지의 時間과 電流의 관계를 표시한 용단시간-전류특성, 그리고 용단된 후 계속해서 발생하는 아크가 소멸될 때까지의 시간과 전류의 관계를 표시한 動作時間-電流特性이 있다.

### 나. 반복 과전류 특성

퓨즈에 어떤 전류를 규정된 시간, 규정된 횟수를 반복 통전하더라도 용단되지 않는 특성으로서, 電力 퓨즈의 경우를 예로 들면 일본의 경



〈그림 4〉 퓨즈의 時間-電流特性

〈표 1〉 電力 퓨즈의 反復 過電流 特性

퓨즈의종류	반복 과전류 특성
T (변압기용)	정격전류의 10배인 전류를 0.1초간 통전해서 이것을 100회 반복해도 용단되지 않을 것
M (전동기용)	정격전류의 5배인 전류를 10초간 통전하여 이것을 1,000회 반복해도 용단되지 않을 것

(주) JEC-201「전력 퓨즈」

JEC-2330에서는 10,000회

우 표 1과 같은 특성이 규정되고 있다.

또한 변압기의 勵磁突入電流나 전동기의 시동 전류 등과 같은 過度電流가 흐르더라도 허용시간-전류특성을 초과하지 않으면 일반적으로 표 1에 든 回數 이상의 수명이 기대된다.

다음에 負荷의 사용조건에 따라서 표 1에 든 횟수 이상의 반복 횟수가 예상되는 경우에는 반복 통전 가능 횟수를 다음 식으로 계산해서 적용한다.

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

S는 계수로서

$$S = \frac{t\text{초간 통전전류}(I)}{t\text{초에서의 용단전류}(I_m)} \quad (\text{그림 5 참조})$$

$\alpha$ : 퓨즈에 따라서 정해지는 상수

T電力 퓨즈의 경우  $\alpha \geq 26$

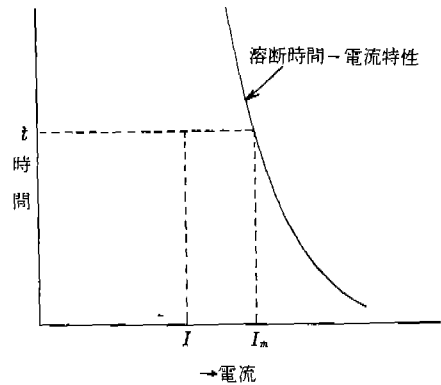
N: 반복 통전 가능 횟수

(주) 제조자에 따라 계산식, 상수가 다른 경

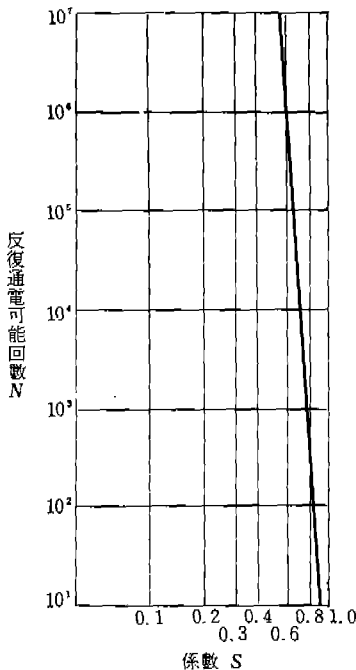
우가 있으므로 주의할 것.

그림 6에 식 (1)에 의해 계산한 T電力 퓨즈의 계수 S와 反復通電可能回數 N의 예를 든다.

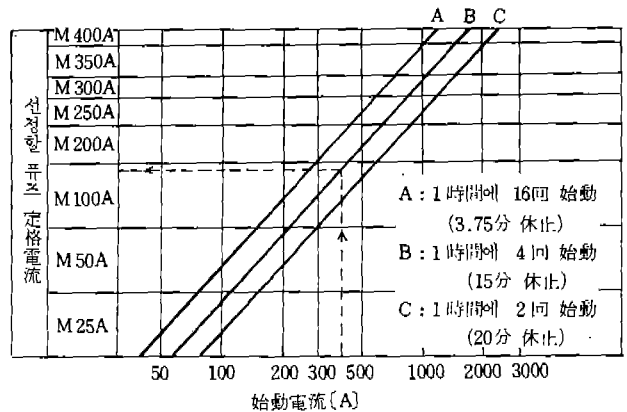
또 電動機 負荷 등에서 빈번히 始動-停止를 반복할 때는 퓨즈에 熱이 축적되지 않도록 주의해야 한다. 제조자에 의해서 選定表나 選定圖가



〈그림 5〉 계수 S 算出圖



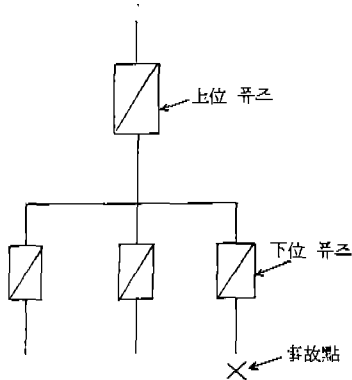
〈그림 6〉 퓨즈의 壽命 推定圖



註 1. 始動時間은 10秒로 한다.

(始動電流 400A, 始動 빈번도 1시간에 4회) 인 경우는 點線에 따라서 M 100A 定格을 選定한다.

〈그림 7〉 T 전력 FPC 3 形 電力 퓨즈定格電流 選定圖



〈그림 8〉 퓨즈의 직렬使用 回路圖例

있는 경우는 이것에 따라서 선정하면 된다.

그림 7은 T電力 FPC 3형 퓨즈의 선정도의 예이다. 이 選定圖에 따라서 선정하면 적어도 1만회의 反復通電에 견디는 퓨즈를 선정할 수 있다.

또, 퓨즈가 그림 8과 같은 回路에 사용되는 경우로서 下位 퓨즈가 동작했을 때 上位 퓨즈가 劣化하지 않도록 하기 위해서는 下位 퓨즈의 動作時間-電流特性이 上位 퓨즈의 許容時間-電流特性 左에 있어야 하고 또한

上位 퓨즈의 許容  $I^2t >$  上位 퓨즈의 動作  $I^2t$  로 되어 있어야 한다.

## 6. 保守上 注意

퓨즈는 구조가 간단하고 保守도 복잡하지 않지만 保守上 주의해야 할 점은 당초 豫定한 反復 過電流回數에 도달한 경우이다. 이 경우는 새로운 퓨즈와 교환한다.

만약 교환하지 않고 방치, 通常의인 電流에 의해 용단된 경우, 이상없이 차단되는 일이 많지만 퓨즈의 최소 차단전류 이하인 電流域의 경우는 차단되지 않고 외부에 아크를 분출하는 일이 있다.

또한 이 경우에도 퓨즈 용단 검출장치에 의해 퓨즈와 直列로 접속된 개폐기나 전자 접촉기를 動作시켜 전류를 차단해 버리면 퓨즈가 차단 불능이 되고 외부에 아크를 噴出하는 것을 방지할 수 있는 일 많다.

그리고 이 용단 검출장치를 장착해 둠으로써 3相中 1相이 劣化로 용단해서 缺相狀態가 되어도 상술한 直列機器에 있어 차단되고 缺相運轉을 방지할 수도 있다.

또 缺相運轉 防止를 위해 주의해야 할 것으로 事故 등으로 動作한 퓨즈의 교환작업이 있다.

예를 들면 3相回路에서 단락사고가 발생했을 때 퓨즈는 3개 중 2개가 동작하고 1개는 동작하지 않는 일이 많다.

이 경우, 動作하지 않은 퓨즈에도 過電流가 흘러 퓨즈 엘리먼트가 열화될 우려가 있다.

그러나 劣化의 유무는 判定이 곤란하므로 三相回路의 경우에는 3개, 單相回路의 경우에는 2개 모두 새 퓨즈로 교환해야 한다. 그러기 위해 예비 퓨즈 링크를 常備해 둔다.

本稿에서는 劣化, 壽命에 대해 여러가지 설명 했지만 低負荷에서 사용한 경우는 퓨즈의 계산에 의한 豫測壽命은 상당히 긴 年數가 되는 경우가 있다.

그러나 퓨즈 엘리먼트를 비롯하여 구성부품은 長期 使用으로 당초의 特性보다도 저하된다는 것을 생각할 수 있다. 따라서 重要回路에 사용하고 있는 퓨즈로서 10년 이상이 경과된 것은 信賴性 유지를 위해 새로운 퓨즈와 교환하는 것이 바람직하다.

×            ×            ×

퓨즈는 適正히 사용함으로써 우수한 보호기로서의 特性을 발휘한다.

그러나 劣化되어도 쉽게 判定할 수 없다는 弱點을 갖고 있으므로 이 약점을 커버해서 사용해야 한다.