

限流熔断器

限流熔断器 (current-limiting fuse)，是常见并大量使用的开关设备，它具备开断速度快、开断能力非常强的特点，且造价非常低，也是一种常见的速断、过流保护设备，国际大电网组织 CIGRE 将其也纳入到故障电流限制器的一种。



另外，由于限流熔断器是基于火工爆破技术快速限流器中的重要限流部件，加之很多电气从业人员对限流熔断器具体的特性以及其开断机理了解的并不多，因此我们下面简要介绍一下限流熔断器。

不同于典型的开关设备“断路器”的是，断路器只有承载、分闸、合闸的功能，而限流熔断器是一个典型的具有限流功能的非线性电阻，当其应用在故障电流的电路中时，由于其电阻迅速增大从而呈现出限流的特征。在限流时，其具有以下三个特性：

- 时间-电流特性 time-current characteristic
- 截止（电流）特性 cut-off(current) characteristics

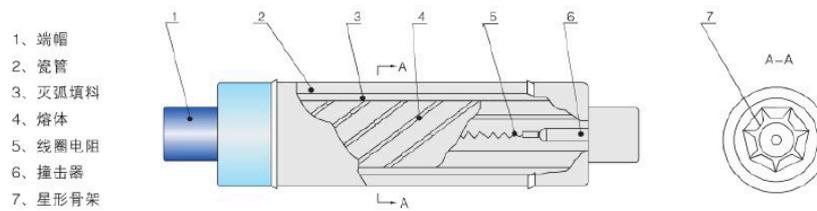
限流熔断器能够将预期短路电流限制到一定的与预期短路电流成为函数关系的水平，被限制到的最大值即为截止电流或者叫做允通电流。

- I^2t 特性， I^2t 是对故障时允通能量（焦耳积分）的一种度量，当短路电流水平越高时，熔断器熔断时间就越快，当短路电流水平越低时，熔断器熔断时间越长，故而熔断器的全开断时间不是一个定值，其时间长短与短路电流大小有关。

延伸阅读 GB/T 15116.2-2008 高压交流熔断器 第 2 部分：限流熔断器

限流熔断器的工作原理

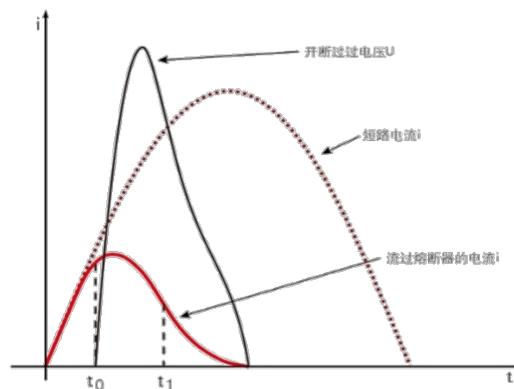
高压限流熔断器的熔体（纯银或纯铜、线状或带状）上有着多个规律排布的槽口，槽口处点焊有低熔点合金，开断的过程中在各槽口上首先产生电弧并同时形成多个起弧点，形成串联电弧，电弧所产生的热量被熔体周围填充的石英砂所吸收，同时电弧以游离气体形式向石英砂间隙扩散进行熄弧，在电流达到峰值之前完全熄灭电弧。



限流熔断器结构剖面图

高压限流熔断器开断短路电流的过程处于短路电流的次暂态过程之中，电弧电抗随着电弧拉长而增加，并且逐步改变相位，螺旋熔体利用螺旋电抗变换改变相位，两者创造零休使电压、电流同时过零，在电流达到峰值前移相熄灭电弧

限流熔断器开断短路电流过程分析



- 从短路电流通过熔断器开始至熔体熔化的瞬间 t_0 为止，熔体为固态，弧前阶段，此时熔体的电阻极其微小，通过熔断器的电流等于短路电流。 t_0 的瞬间，熔断器的熔体熔化变为液态，其中一部分开始汽化以金属蒸汽的形式向四周喷射，与此同时形成电弧强烈地向石英砂隙缝扩散，电弧在石英砂的作用下边扩散边熄灭，使得电流停止增长，并很快减小到某一个相当小的数值；
- 从 t_0 到 t_1 液汽两态并存，燃弧阶段，称作第二阶段。在这段时间里熔体的电阻率增长相当迅速，起到电流下降的主要作用。此电流同时引起了电路中电流变化率 di/dt 变为负数，导致熔断器两端出现过电压。此后电流下降速度趋于缓慢，并且属相当长的时间过程；
- 从 t_1 起至熔断器中电弧最终熄灭为止，熔体全部变为汽态，弧后阶段，即第三阶段，弧隙将继续流过残余电流，最终熔断器的电阻增长到接近无穷大而切断电流。