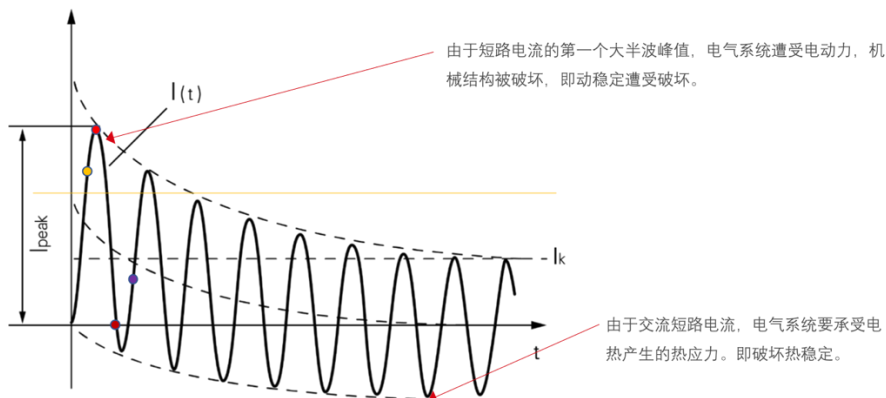


为什么一定要限制短路电流的第一个大半波？

断路器的开断能力指的是“额定短路开断电流”，这个值是有效值，该值与断路器的额定短时耐受电流 $I_k^{[1]}$ （热稳定电流）数值相等。当短路故障时，系统处于暂态这个过程，当预期短路电流水平超过系统额定值时，这里包含两个意思：

1. 预期短路电流水平超出了开关的承受能力
 - 开关的动稳定能力（峰值耐受电流 $I_p^{[1]}$ ）
 - 开关的热稳定能力（额定短时耐受电流 I_k ）。
2. 预期短路电流大于开关设备的额定开断能力；

这是不允许的，所以就必须要考虑有效的短路电流措施。但是何为有效，我们得先探究一个问题，即：短路电流究竟是如何破坏电气系统的？搞清楚这个问题，相当于找到了“病灶”我们才能科学有效的因病施治。



以上图为例，我们假定一个系统发生了异常严重的三相短路，该系统频率为 50Hz、时间常数为 45ms，故障回路的断路器的额定峰值耐受电流值（瞬时值）如黄色线所示，短路电流在 0s 发生后，迅速增大，约在 10ms 左右到达最大的峰值^[2]。随着短路的持续，以及直流分量衰减为零，系统从次暂态过度到稳态，在这个暂态过程中，短路电流对故障回路设备有两个破坏，这两个破坏在时间上是有先后关系：

- 当短路电流瞬时值在第一个 1/4 周波超过故障回路断路器的额定峰值耐受电流时，对系统造成动稳定的破坏，即设备机械机构将遭到破坏变形。
- 虽着时间的持续，持续热量的积累造成设备绝缘损坏、导体融化等热稳定的破坏。

需要说明的是：由于载流导体受到磁场力的作用，电流会产生电动力，并作用于载流导体。根据比奥-萨伐尔定律法，电动力与 i^2 成正比，与时间无关，在第一个大半波峰值 i_{peak} 产生的最大的电动力。当短路电流任一瞬时值大于设备的额定峰值耐受电流值（动稳定电流值）时，设备的机械机构将遭到破坏。随着时间的推

移，系统设备才因短路电流累积的热应力而破坏，即热稳定的破坏。

如果在超过断路器额定峰值耐受电流值后才开始进行短路电流限制，如上图中第一个大半波中的黄色、红色、深红色点的位置，甚至是第二个大半波中的紫色点的位置，显然是不允许的，故障回路中的断路器已然遭到短路电流的破坏。所以我们限制短路电流就必须限制短路电流的第一个大半波在内的短路电流，并将短路电流限制到黄线（系统额定峰值耐受电流）以下这才是有效的短路电流限制。

延伸阅读

[1]GB 3906-2006 3.6 ~ 40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备[S] 中华人民共和国国家标准 2006-8-25 发布，2007-3-1 实施：4.6-4.7

或 GB/T 11022-2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S] 中华人民共和国国家标准 2011-12-30 发布，2012-5-1 实施：4.5-4.6

[2]高压断路器—理论、设计与试验方法[M] (波黑)米尔萨德·卡普塔诺维克(Mirsad Kapetanovic)著，王建华、闫静 译：163-164