

## 短路故障

短路 (Short circuit) 是指在正常电路中电势不同的两点不正确地直接碰接或被阻抗 (或电阻) 非常小的导体接通时的情况。短路时电流强度很大, 往往会损坏电气设备或引起火灾。电力系统在运行中, 相与相之间或相与地 (或中性线) 之间发生非正常连接 (即短路) 时而流过非常大的电流。其电流值远大于额定电流, 并取决于短路点距电源的电气距离。例如, 在发电机端发生短路时, 流过发电机的短路电流最大瞬时值可达额定电流的 10~15 倍。大容量电力系统中, 短路电流可达数万安。这会对电力系统的正常运行造成严重影响。



根据国际相关的调查和研究, 短路故障占到电力系统故障的近 70%, 同时造成设备和系统的巨大损失。所以如何采取有效的短路电流限制手段, 将短路电流限制到开关的额定值之内, 由开关设备可靠遮断短路故障就变得尤为关键。

### 短路的原因

产生短路的主要原因是电气设备载流部分的相间绝缘或相对地绝缘被破坏。

正常运行时电力系统各部分绝缘是足以承受所带电压的, 且具有一定的裕度。但架空输电线路的绝缘子可能由于受到过电压(例如由雷击引起)而发生闪络或者由于空气的污染使绝缘子表面在正常工作电压下放电; 其它电气设备如发电机、变压器、电缆等载流部分的绝缘材料在运输、安装及运行中削弱或损坏, 造成带电部分的相与相或相与地形成通路; 运行人员在设备(线路)检修后未拆除地线就加电压或者带负荷拉刀闸等误操作也会引起短路故障; 此外, 鸟兽跨接在裸露的载流部分以及大风或导线覆冰引起架空线路杆塔倒塌所造成的短路也屡见不鲜。

## 短路故障的后果

根据故障的类型和持续时间，设备中发生故障的地点以及短路电源的不同，后果是不同的。后果包括：

- 在故障位置，短路时强烈的电弧，将导致
  - 设备或材料的绝缘损坏
  - 设备或材料的导体融化
  - 迅速扩大的火灾甚至造成人员生命危险
- 在故障回路中
  - 强大的电动力，将导致
    - 设备、母线变形、甚至损坏
    - 电缆中断
  - 强大的焦耳热的释放导致设备材料温度过度升高，并有损坏绝缘的风险
- 在网络或附近网络的其它电路中，短路电流将（或）导致
  - 开关设备在遮断短路故障所需的时间内的电压骤降，范围从几毫秒到几百毫秒
  - 网络崩溃，该部分的范围取决于网络的设计以及保护设备提供的区分级别
  - 系统动态不稳定和/或机器设备失步
  - 不对称短路引起的不平衡交变磁场可能干扰附近的通信线路以及控制/监控系统
- 等等

## 短路故障的主要类型和特征

电气设备中可能发生各种类型的短路。

主要特征是：

- 按照持续时间（自熄，瞬态和稳态）
- 按照故障原因
  - 机械的（导体破裂，两个导体之间通过异物（例如工具或动物）意外电接触）
  - 内部或大气过电压
  - 由于高温、潮湿或腐蚀性环境导致绝缘击穿
  - 位置（机电设备或配电盘的内部或外部）

短路故障有以下类型：

- 相对地（故障的 80%）
- 相间（故障的 15%）。这种类型的故障通常会退化为三相故障
- 三相（仅占初始故障的 5%）

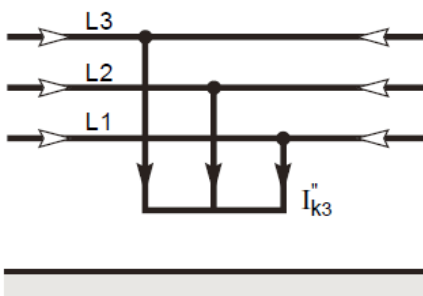
这些不同的短路电流如图 1 所示。

尽管三相不接地短路相对来说很少发生，但它是最严重的故障，因此决定了线路保护断路器的额定值。

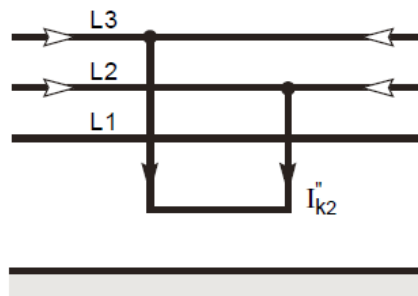
- 电流幅值大；
- 瞬态恢复电压具有一定的幅值；
- 电流刚刚开始后瞬态恢复电压的上升率高。

IEC 和 IEEE，以及中国 GB 标准规定了适当的形式试验，采用多种试验方法来验证被试验断路器的短路性能。

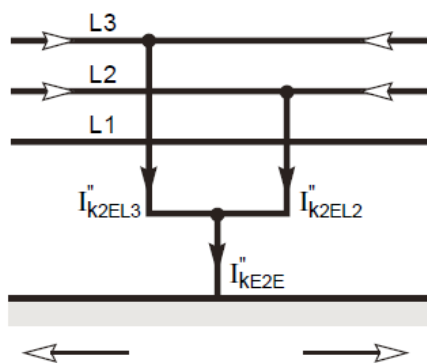
a) Three-phase short-circuit



b) Phase-to-phase short-circuit clear of earth



c) Phase-to-phase-to-earth short-circuit



d) Phase-to-earth short-circuit

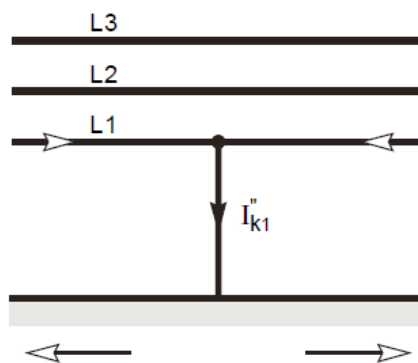


Fig. 1 : Different types of short-circuits and their currents. The direction of current is chosen arbitrarily (See IEC 60909).

## 另外一种分类方法

根据 IEC 60909.0 短路电流计算标准，按照在系统发生的位置以及严重程度，将短路电流分为：

- 远端短路
- 近端短路